HELMUT BRUCKNER

ELASTISCHE PLATTEN

LINIENLASTEN
EINZELLASTEN
TEILFLÄCHENLASTEN
BLOCKLASTEN

Korrektur-Beilage

» vieweg

Helmut Bruckner · Elastische Platten

Seite	Korrektur
XVIII	$M_{F1,2}$ = Feldmoment der ein- oder beidseitig eingespannten Platte
XVIII	$M_{OF1,2}$ = Feldmoment der frei aufliegenden Platte
XXV	$\bar{M}_1$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 1
15	statt A 2.1.1 = A 2.1.3
16	statt A 2.1.1 = A 2.1.3
19	statt A 2.1.3 = A 2.1.1.
20	statt A 2.1.3 = A 2.1.1
122	richtiger Tabellenkopf = 0,05–0,90
163	richtige Spalte für 0,25 <div style="text-align: center;"> $\begin{aligned} & ,0007- \\ & ,0012- \\ & ,0016- \\ & ,0018- \\ & ,0018- \\ & ,0016- \\ & ,0013- \\ & ,0009- \\ & ,0005- \\ & ,0000 \\ & ,0003 \\ & ,0007 \\ & ,0011 \\ & ,0014 \\ & ,0016 \\ & ,0015 \\ & ,0013 \\ & ,0010 \\ & ,0005 \\ & ,0003- \end{aligned}$ </div>
240	Die Lastlänge (senkrecht) muß heißen: $x:lx$
365	Die Tabelle wurde aus Pucher „Einflußfelder elastischer Platten“ Tafel Nr. 37 ausgewertet.
374	statt F 2.2,2.3.2 = F 2.1,2.3.2
420	richtige Reihenfolge der Spalten: 0,05 = 0,95 (die Tabelle ist symmetrisch, 0,10 = 0,90 siehe beiliegende Montage) 0,15 = 0,85 0,20 = 0,80 0,25 = 0,75 0,30 = 0,70 0,35 = 0,65 0,40 = 0,60 0,45 = 0,55 0,50

HELMUT BRUCKNER

ELASTISCHE PLATTEN

LINIENLASTEN
EINZELLASTEN
TEILFLÄCHENLASTEN
BLOCKLASTEN

» vieweg

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Bruckner, Helmut

Elastische Platten: Linienlasten, Einzellasten,
Teilflächenlasten, Blocklasten. – 1. Aufl. –

Braunschweig: Vieweg, 1977.

ISBN-13:978-3-528-08656-5

e-ISBN-13:978-3-322-83567-3

DOI: 10.1007/978-3-322-83567-3

© 1977 Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1977

Satz: Vieweg, Wiesbaden

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN-13:978-3-528-08656-5

Inhalt

Vorwort	IX
Einführung	XI
1. Allgemeines	XI
2. Bereich der Singularität	XVI
3. Durchlaufende Systeme	XVII
4. Verminderung oder Vergrößerung der Stützmomente	XIX
5. Befahrbare Platten	XIX
6. Querdehnungszahl	XX
7. Drillmomente	XX
8. Bezeichnungen	XX
9. Belastungen	XXI
Literaturverzeichnis	XXXI

Tabellen*

Abschnitt A – Plattenhalbstreifen	1–38
Abschnitt B – Plattenvollstreifen	39–123
Abschnitt C – Auskragende Plattenvollstreifen	125–152
Abschnitt D – Zweiseitig gelagerte Rechteckplatten	153–254
Abschnitt E – Dreiseitig gelagerte Rechteckplatten	255–313
Abschnitt F – Vierseitig gelagerte Rechteckplatten	315–511
Abschnitt G – Flachdecken	513–544
Abschnitt H – Halbkreisplatten	545–552

* Wie in der Einführung (S. XII) ausgeführt, lassen sich die Schnittkräfte aus breiteren Linienlasten, beliebig angeordneten Blocklasten oder Teilflächenlasten ohne Schwierigkeiten aus den Tabellen für die Schnittkräfte aus Linienlasten ermitteln. Gesonderte Tabellen zu Block- und Teilflächenlasten enthält das vorliegende Werk aus diesem Grunde nicht.

Vorwort

Bei ständig komplizierter werdenden Berechnungsverfahren und Berechnungsvorschriften benötigt der praktisch tätige Ingenieur und Statiker einfache Verfahren, die zu sicheren und wirtschaftlichen Ergebnissen führen. Diese Berechnungsverfahren sollen dem tatsächlichen Tragverhalten möglichst nahe kommen und keine oder nur geringe Abweichungen von den theoretischen Grundlagen aufweisen, wie es z.B. DIN 1045, Abschnitt 20.1.5 vorschreibt.

Inzwischen gibt es für Platten mit Flächenbelastung einige einfache, aber ausreichend genaue Berechnungsverfahren. Für Platten mit Linienlasten, Einzellasten, Blocklasten oder Teilflächenlasten sind nur für wenige Sonderfälle Angaben über die Schnittkräfte vorhanden (4, 6, 7).^{*} Im allgemeinen müssen entweder Einflußfelder ausgewertet werden (was sehr zeitraubend ist), oder es werden Näherungsverfahren, z.B. nach DIN 1045, für die Verteilungsbreiten angewandt. Das Näherungsverfahren nach DIN 1045 ist recht umständlich anzuwenden. Die Ergebnisse sind nicht in allen Fällen zutreffend, wie Schmaus (11) dargelegt hat. So ist bei der Untersuchung von Plattenvollstreifen die Ermittlung der Quermomente bzw. der Querbewehrung nur in sehr grober Näherung möglich. Auch die Stützmomente und Querkräfte aus Lasten, die in der Nähe der Auflager stehen, werden zu klein ermittelt.

Bei mehreren nebeneinanderstehenden Lasten mit kleinen Lastabständen ist es mit dem Näherungsverfahren nicht möglich, zutreffende Schnittkräfte zu ermitteln. Selbstverständlich ist es heute möglich, mit Hilfe von finiten Elementen Plattenschnittkräfte aus Sonderlasten exakt zu ermitteln; jedoch ist der finanzielle Aufwand zu hoch.

Mit vorliegendem Werk soll den in der Praxis tätigen Ingenieuren die Möglichkeit gegeben werden, mit geringem Arbeitsaufwand theoretisch zutreffende Schnittkräfte mit ausreichender Genauigkeit zu erhalten.

Geretsried, im August 1976

Helmut Bruckner

^{*} Die in Klammern gesetzten Ziffern verweisen auf die Positionen des Literaturverzeichnisses am Schluß der Einführung.

Einführung

1. Allgemeines

Zur Auswertung der in der Literatur vorhandenen Einflußfelder wurde so vorgegangen, daß bei jedem Einflußfeld eine bestimmte Anzahl – meist 20 – von Vertikalschnitten, gleichmäßig aufgeteilt, in x- und y-Richtung geführt wurde:

Diese Schnitte sind an der Unterkante durch eine Waagerechte, an der Oberkante durch eine Kurve begrenzt. Die Kurve ist durch Stützstellen definiert. Bei den in Form von Höhenschichtlinien gezeichneten Einflußfeldern ergeben sich unregelmäßige waagerechte Abstände der Stützstellen, bei den in Tabellenform vorliegenden Einflußfeldern sind die waagerechten Abstände der Stützstellen regelmäßig.

Abb. 1 und 2

Mit Hilfe eines Programmes wurden Ersatzpolynome entsprechender Ordnung bzw. Parabeln durch die Stützstellen gelegt, die gesamte waagerechte Länge in gleiche Teile geteilt, die Flächenteile mit der SIMPSON'schen Regel berechnet und anschließend aufaddiert.

Im Vergleich mit den wenigen bekannten Angaben über Schnittkräfte aus Linienlasten (6) ergeben sich identische Schnittkräfte bzw. nur geringe Abweichungen.

Der Vorteil der hier gezeigten Tabellen liegt darin, daß auch die Schnittkräfte aus Linienlasten in Teilbereichen ermittelt werden können, wobei die Anordnung in beiden Richtungen beliebig sein kann. Das Programm gibt auch die y' -Ordinaten an den gleichmäßig aufgeteilten Stützstellen an. Diese stellen die Einflußfaktoren für Einzel-lasten dar, die in eigenen Tabellen enthalten sind.

Einige Beispiele für mögliche Lastkombinationen sind in nachstehenden Lastskizzen dargestellt.

Abb. 3

Aus den Tabellen können also zunächst die Schnittkräfte aus Linienlasten mit der Breite 0 und die Schnittkräfte aus Einzellasten mit punktförmiger Auflagerung entnommen werden.

Aus den Tabellen für die Schnittkräfte aus Linienlasten lassen sich aber auch ohne Schwierigkeiten die Schnittkräfte aus breiteren Linienlasten, beliebig angeordneten Blocklasten oder Teilflächenlasten ermitteln.

Hierbei wird so verfahren, daß die Block- oder Teilflächenlast zunächst unter 45° bis zur Plattenmittelebene verteilt und dann dem vorliegenden Schnittraster (meist $1/20$ der Stützweite) angepaßt wird.

Dies geschieht durch Aufsuchen des nächstkleineren Rasters in der Tabelle.

Dabei ergeben sich etwas ungünstigere Schnittkräfte, die auf der sicheren Seite liegen.

Abb. 4

Die Auswertung erfolgt tabellarisch, wobei das Volumen ebenfalls nach der SIMPSON'schen Formel ermittelt wird. Die Last wird in eine gerade Anzahl von Teilen zerlegt. Die Anzahl der Schnitte muß dann ungerade sein.

Beispiel 1

$$\frac{l_y}{l_x} = 1,25$$

M_x = Auswertung nach Pucher Tafel 26 Tabelle F1.1,25.1.1

M_y = Auswertung nach Pucher Tafel 27 Tabelle F1.1,25.2.1

Der Faktor n nach Simpson ist beim

1. und letzten Schnitt = 1 2., 4., 6. usw. Schnitt = 4 3., 5., 7. usw. Schnitt = 2

Der Abstand der Schnitte, bezogen auf l_x ist dann (dimensionslos)

$$e = \frac{1}{20} \cdot \frac{l_y}{l_x} = 0,05 \cdot 1,25 = 0,0625$$

Auf l_y bezogen ist der Abstand

$$e = \frac{1}{20} \cdot \frac{l_x}{l_y} = 0,040$$

$$M_x = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,0625 \cdot 0,6031 \cdot 1,00 \cdot 4,80^2 = 0,5789 \text{ Mpm/m}$$

bzw.

$$M_x = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,040 \cdot 0,6031 \cdot 1,00 \cdot 6,00^2 = 0,5789 \text{ Mpm/m}$$

Nach Bittner (4) ist für ein Seitenverhältnis von $\frac{l_y}{l_x} = 1,2$ Tafel E 1,2/31, $\frac{2c}{a} = 0,4$,

$$\frac{2d}{a} = 0,5, P = 1,92 \cdot 2,40 \cdot 1,0 = 4,608 \text{ Mp}$$

$$M_x = 0,1213 \cdot 4,608 = 0,5589 \text{ Mpm/m}$$

$$M_y = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,0625 \cdot 0,4178 \cdot 1,00 \cdot 4,80^2 = 0,401 \text{ Mpm/m}$$

bzw.

$$M_y = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,04 \cdot 0,4178 \cdot 1,00 \cdot 6,00^2 = 0,401 \text{ Mpm/m}$$

Nach Bittner (4) Tafel E 1,2/32 ist $M_y = 0,0889 \cdot 4,608 = 0,4096 \text{ Mpm/m}$
 Die geringen Differenzen erklären sich aus dem Unterschied der Seitenverhältnisse.

Tabellarische Auswertung für Beispiel 1

Auswertung für	aus Tabelle Nr.	Schnitt-Nr.	Schnitt-richtung	Schnitt x : lx	Schnitt y : ly	x1 = m	x1 lx =	Faktor Fx↑	x2 = m	x2 lx =	Faktor Fx2	Faktor Fx1 - Fx2 = ΔF	n =	n ΔF = V
Mxm	F 1.1 25.1.1	1	x	—	0,30	3,36	0,70	0,0491	1,44	0,30	0,0090	0,0401	1	0,0401
"	F 1.1 25.1.1	2	x	—	0,35	3,36	0,70	0,0546	1,44	0,30	0,0089	0,0457	4	0,1828
"	F 1.1 25.1.1	3	x	—	0,40	3,36	0,70	0,0607	1,44	0,30	0,0087	0,0520	2	0,1040
"	F 1.1 25.1.1	4	x	—	0,45	3,36	0,70	0,0623	1,44	0,30	0,0079	0,0544	4	0,2176
"	F 1.1 25.1.1	5	x	—	0,50	3,36	0,70	0,0661	1,44	0,30	0,0075	0,0586	1	0,0586

$$\Sigma v_x = 0,6031$$

Mym	F 1.1 25.2.1	1	x	—	0,30	3,36	0,70	0,0176	1,44	0,30	0,0063	0,0113	1	0,0113
"	F 1.1 25.2.1	2	x	—	0,35	3,36	0,70	0,0271	1,44	0,30	0,0087	0,0184	4	0,0736
"	F 1.1 25.2.1	3	x	—	0,40	3,36	0,70	0,0430	1,44	0,30	0,0113	0,0317	2	0,0634
"	F 1.1 25.2.1	4	x	—	0,45	3,36	0,70	0,0627	1,44	0,30	0,0143	0,0484	4	0,1936
"	F 1.1 25.2.1	5	x	—	0,50	3,36	0,70	0,0910	1,44	0,30	0,0151	0,0759	1	0,0759

$$\Sigma v_y = 0,4178$$

Beispiel 2

Abb. 6

$\frac{l_y}{l_x} = 1,00$ $M_x =$ Auswertung aus Pucher Tafel 28 Tabelle F 1.1,0.1.1
 $M_y =$ Auswertung aus Pucher Tafel 28 Tabelle F 1.1,0.1.1
 Da $\frac{l_y}{l_x} = 1,00$ ist, ergibt sich der Abstand der Schnitte (dimensionslos) zu $\frac{1}{20} = 0,05$

$$M_x = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,05 \cdot 0,6888 \cdot 1,00 \cdot 10,00^2 = 2,2960 \text{ Mpm/m}$$

$$M_y = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,05 \cdot 0,5928 \cdot 1,00 \cdot 10,00^2 = 1,976 \text{ Mpm/m}$$

Nach Bittner (4) Tafel E 1.0/31 ist für $\frac{l_y}{l_x} = 1,00$, $\frac{2c}{a} = \frac{4,00}{10,00} = 0,40$

$$\frac{2d}{a} = \frac{6,00}{10,00} = 0,60, P = 6,00 \cdot 4,00 \cdot 1,00 = 24,00 \text{ Mp}$$

$$M_x = 24,00 \cdot 0,0962 = 2,3088 \text{ Mpm/m, Abweichung 0,55 \%}$$

Nach Bittner (4) Tafel E 1,0/31 ist für

$$\frac{2c}{a} = \frac{6,00}{10,00} = 0,60 \text{ und } \frac{2d}{a} = \frac{4,00}{10,00} = 0,40$$

$$M_y = 24,00 \cdot 0,0843 = 2,0232 \text{ Mpm/m, Abweichung 2,33 \%}$$

Damit ist die gute Übereinstimmung der hier gezeigten Methode mit theoretisch exakten Ergebnissen bewiesen.

Tabellarische Auswertung für Beispiel 2

Auswertung für	aus Tabelle Nr.	Schnitt-Nr.	Schnitt-richtung	Schnitt x : l _x	Schnitt y : l _y	x1 = m	$\frac{x1}{l_x}$	Faktor F _{x1}	x ₂ = m	$\frac{x_2}{l_x}$	Faktor F _{x2}	Faktor F _{x1} - F _{x2} = ΔF	n	n · ΔF = V
M _x	F1.1.0.1.1	1	x	—	0,20	7,00	0,70	0,0276	3,00	0,30	0,0049	0,0227	1	0,0227
"	F1.1.0.1.1	2	x	—	0,25	7,00	0,70	0,0350	3,00	0,30	0,0056	0,0294	4	0,1176
"	F1.1.0.1.1	3	x	—	0,30	7,00	0,70	0,0405	3,00	0,30	0,0059	0,0346	2	0,0692
"	F1.1.0.1.1	4	x	—	0,35	7,00	0,70	0,0455	3,00	0,30	0,0058	0,0397	4	0,1588
"	F1.1.0.1.1	5	x	—	0,40	7,00	0,70	0,0493	3,00	0,30	0,0058	0,0435	2	0,0870
"	F1.1.0.1.1	6	x	—	0,45	7,00	0,70	0,0521	3,00	0,30	0,0056	0,0465	4	0,1860
"	F1.1.0.1.1	7	x	—	0,50	7,00	0,70	0,0529	3,00	0,30	0,0054	0,0475	1	0,0475

$$\Sigma V_x = 0,6888$$

M _y	F1.1.0.1.1	1	x	—	0,20	7,00	0,70	0,0181	3,00	0,30	0,0049	0,0132	1	0,0132
"	F1.1.0.1.1	2	x	—	0,25	7,00	0,70	0,0196	3,00	0,30	0,0063	0,0133	4	0,0532
"	F1.1.0.1.1	3	x	—	0,30	7,00	0,70	0,0312	3,00	0,30	0,0089	0,0223	2	0,0446
"	F1.1.0.1.1	4	x	—	0,35	7,00	0,70	0,0380	3,00	0,30	0,0108	0,0272	4	0,1088
"	F1.1.0.1.1	5	x	—	0,40	7,00	0,70	0,0511	3,00	0,30	0,0132	0,0379	2	0,0758
"	F1.1.0.1.1	6	x	—	0,45	7,00	0,70	0,0704	3,00	0,30	0,0155	0,0549	4	0,2196
"	F1.1.0.1.1	7	x	—	0,50	7,00	0,70	0,0934	3,00	0,30	0,0158	0,0776	1	0,0776

$$\Sigma V_y = 0,5928$$

Mit Hilfe der Tabellen lassen sich nach dem gleichen Verfahren die Schnittkräfte aus im Grundriß beliebig angeordneten Blocklasten oder Teilflächenlasten ermitteln. Dabei ist zu beachten, daß jeweils die Schnitte eines Lastrechteckes zusammenzufassen sind.

Beispiele für Lastanordnungen:

Abb. 7

Abb. 8

Abb. 9

In den Skizzen wurden die einzelnen zu untersuchenden Lastrechtecke mit $a - e$ angegeben. Auch bei komplizierten Lastanordnungen ist die Berechnungsmethode sehr einfach. Bei den Tabellen wurden die Schnitte größtenteils in einem Raster von $\frac{1}{20} \cdot l$ angeordnet, was eng genug erscheint.

Beispielsweise beträgt bei einer 10 m weit gespannten Stahlbetonplatte der Abstand der Schnitte 50 cm.

Nach DIN 1045 § 17.7.2 darf l_i/h nicht größer als 35 sein.

$$h_{\text{erf}} = \frac{10}{35} \cdot 100 = 28,57 \text{ cm}, d = 31 \text{ cm}$$

Alle Lasten dürfen unter 45° bis zur Plattenmittelebene verteilt werden.

Wandbreite = $50 - 31 = 19 \text{ cm}$, d.h. bei einer 10 m weit gespannten Platte verteilt sich bereits eine 19 cm breite Linienlast auf den Rasterabstand, bei einer 5 m weit gespannten Platte ist es bereits eine 9 cm breite Linienlast.

In den Tabellen sind die Momentenfaktoren für Linienlasten mit der Breite 0 und für punktförmige Einzellasten angegeben. Da in der Praxis alle Linien- und Einzellasten eine endliche Breite bzw. Ausdehnung haben und sich alle Lasten unter 45° bis zur Plattenmittelebene verteilen können, liegen die damit ermittelten Schnittkräfte auf der sicheren Seite.

2. Bereich der Singularität

Wenn der Aufpunkt nicht auf einem unterstützten Rand, sondern im Feld liegt, ist die Ordinate des Einflußfeldes im Aufpunkt theoretisch unendlich groß. Praktisch kann aber diese Ordinate niemals unendlich groß werden, da alle Lasten eine endliche Ausdehnung haben und sich außerdem bis zur Plattenmittelebene verteilen können.

Nach DIN 1045 § 17.7.2 darf die Biegeschlankheit l_i/h nicht größer als 35 sein.

Bei Stahlbetonplatten ist für die am häufigsten vorkommenden Plattendicken von 10 – 35 cm $h/d = 0,80 - 0,94$.

Unter einer punktförmigen Einzellast ist bei Verteilung bis zur Plattenmittelebene für eine frei aufliegende Platte die Aufstandsbreite

$$b' = \frac{1}{35} \cdot \frac{1}{0,94} = 0,0304 \cdot l,$$

eine einseitig eingespannte Platte die Aufstandsbreite

$$b' = \frac{1 \times 0,8}{35} \cdot \frac{1}{0,94} = 0,0243 \cdot l,$$

eine beidseitig eingespannte Platte die Aufstandsbreite

$$b' = \frac{1 \times 0,6}{35} \cdot \frac{1}{0,94} = 0,0182 \cdot l$$

Ein Vergleich mit den Einflußfeldern (1, 2) zeigt, daß die hier für eine punktförmige Einzellast ermittelten Verteilungsbreiten in den meisten Fällen breiter sind als die letzte bzw. kleinste dargestellte Schichtlinie.

Es ist also ausreichend genau, die Schnittkräfte für eine Einzellast im Aufpunkt mit der Ordinate der letzten dargestellten Schichtlinie zu ermitteln.

In dem hier benutzten Programm wird die Begrenzung der Kurve zwischen den Ordinaten der letzten (kleinsten) dargestellten Schichtlinie parabelförmig ausgerundet. Die sich dabei ergebende y' -Ordinate über dem Aufpunkt liegt aus den hier dargelegten Gründen auf der sicheren Seite.

In den Tabellen für Einzellasten wurde jeweils angegeben, daß die Ordinate y' im Aufpunkt theoretisch unendlich groß ist. Pucher (1,12) hat nachgewiesen, daß der Inhalt des Einflußfeldes über der letzten (kleinsten) dargestellten Schichtlinie so klein ist, daß er vernachlässigt werden kann.

Abb. 10

3. Durchlaufende Systeme

Die im Hochbau auftretenden Linien-, Block- und Einzellasten ergeben fast immer nur Zusatzmomente. Deshalb sollte im Hochbau keine größere Genauigkeit verlangt werden als im Brückenbau. Geordnet nach dem Arbeitsaufwand sind folgende Methoden möglich:

- Die Feldmomente werden für freie Auflagerung untersucht, bei den Stützmomenten wird mit dem Mittelwert der Volleinspannmomente gerechnet. Wenn nur ein Feld belastet ist, können die Stützmomente in Anlehnung an Pieper und Martens (27) mit 75 % des Volleinspannmomentes angesetzt werden.
Bei nicht sehr großen Lasten ist dieses Verfahren noch wirtschaftlich. In einzelnen Fällen sind die Feldmomente eines eingespannten Feldes größer als die eines frei aufgelagerten Feldes, was zu beachten ist.
- Bei gleichen Stützweiten oder auch bei ungleichen Stützweiten, deren kleinste noch mindestens 0,8 der größten ist, werden Feld- und Stützmomente bei Annahme voller Einspannung mit den Beiwerten der DIN 1075 Tabelle 3 multipliziert.

- c) Bei gleichen Stützweiten oder auch bei ungleichen Stützweiten, deren kleinste noch mindestens 0,8 der größten ist, werden Feld- und Stützmomente bei Annahme voller Einspannung mit den verbesserten Beiwerten von Kupfer und Maier (21) multipliziert.
- d) Bei ungleichen Stützweiten werden die Einspanngrade der Felder abgeschätzt. Für gleichmäßig verteilte Belastung können die Einspanngrade nach Schriever (25) ermittelt werden. Als Hilfsmittel für die näherungsweise Abschätzung des Einspanngrades aus Linienlasten, Block- und Einzellasten können die anschließend aufgeführten Kurventafeln dienen. Hierbei wurde auf einem über zwei Felder durchlaufenden Plattenvollstreifen mit verschiedenen Stützweiten und End einspannungen eine Linienlast angesetzt und aus dem ausgeglichenen Stützmoment der Einspanngrad

$$\eta = \frac{\text{ausgeglichenes Stützmoment}}{\text{Volleinspannmoment}}$$

ermittelt, wobei die Platte als Zweifeldträger mit gleichen Trägheitsmomenten untersucht wurde.

Es wurde angenommen, daß die Auflager nicht abheben können.

Die Bezeichnungen sind dann:

- $\bar{M}_1$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 1
 $\bar{M}_2$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 2
 $\bar{M}_{F1,2}$ = Feldmoment der frei aufliegenden Platte
 $M_{OF1,2}$ = Feldmoment der ein- oder beidseitig eingespannten Platte
 M_F = endgültiges Feldmoment
 η Feld 1 = mittlerer Einspanngrad für Feldmoment in Feld 1
 η Feld 2 = mittlerer Einspanngrad für Feldmoment in Feld 2
 η B Feld 1 } = Einspanngrad für Stützmoment MB bei
 η B Feld 2 } Belastung von Feld 1 bzw. 2

Es ist dann

$$M_{F1} = (\eta_1 \cdot \bar{M}_{F1} \pm (1 - \eta_1) \cdot M_{OF1})$$

$$M_B = \eta_{B1} \cdot \bar{M}_1$$

$$\text{bzw. } \eta_{B2} \cdot \bar{M}_2$$

$$M_{F2} = [\eta_2 \cdot \bar{M}_{F2} \pm (1 - \eta_2) \cdot M_{OF2}]$$

Mit wachsender Last steigt die Ungenauigkeit, so daß Zuschläge für Feld- und Stütz-momente empfohlen werden.

Da es sich im allgemeinen nur um Zusatzmomente handelt, ist es in den meisten Fällen zu vertreten, auf eine genaue Berechnung als Durchlaufträger bzw. als in zwei Richtungen durchlaufendes System zu verzichten.

Auf eventuell in unbelasteten oder kurzen Feldern auftretende negative Feldmomente ist zu achten.

- e) Eine genauere Abschätzung des Einspanngrades ist der nachstehenden Auswertung aus Stiglat-Wippel (6) Platte Nr. P 4 zu entnehmen, allerdings nur für ein mit einer Einzel-last belastetes Feld einer Zweifeldplatte.

- f) Bei beliebig angeordneten Deckensystemen können die Steifigkeiten der einzelnen Felder nach Bittner (4), Niewerth (10) oder Hahn (8) bestimmt werden. Dann werden die Volleinspannmomente ermittelt und die einzelnen Stützmomente ausgeglichen, wobei auf die Anwendung der Übertragungsfaktoren nach Brunner (18) zur Vereinfachung verzichtet werden kann. Anschließend werden die einzelnen Einspanngrade ermittelt und die Feldmomente nach dem Einspanngradverfahren bestimmt. Eine weitere Variante dieses Verfahrens kann wie folgt angewendet werden:
Bei symmetrischer Belastung in den Innenfeldern und beliebiger Belastung in den Endfeldern kann aus den ermittelten Volleinspannmomenten eine Ersatzgleichlast, aus den ermittelten Steifigkeiten eine Ersatzträgheitsmoment bestimmt werden. Dann kann das System als Durchlaufträger mit Gleichlast mit einem Kleincomputer oder dgl. untersucht werden, wobei sich die gleichen Stützmomente wie beim Momentenausgleich ergeben.
- g) Untersuchung nach Brunner (18).
- h) Untersuchung nach Bittner (4).

4. Verminderung oder Vergrößerung der Stützmomente

Nach DIN 1045 Abschnitt 15.1.2 dürfen die unter Beachtung von Abschnitt 15.4.1.2 ermittelten Stützmomente um bis zu 15 % ihrer Maximalwerte vermindert oder vergrößert werden. Bei Anwendung des Einspanngradverfahrens kann dies sehr einfach berücksichtigt werden:

- a) Bei Verminderung der Stützmomente vermindert sich der Einspanngrad der Felder um den gleichen Prozentsatz.
- b) Bei Vergrößerung der Stützmomente vergrößert sich der Einspanngrad der Felder um den gleichen Prozentsatz.

5. Befahrbare Platten

Nach DIN 1055 Blatt 3 Abs. 6.3.1. sind Hofkellerdecken und andere von Kraftfahrzeugen befahrene Decken (ausgenommen sind Decken nach Abschnitt 6.1 Tabelle 1) mindestens nach DIN 1072, Ausgabe November 1967, Tabelle 2, Brückenklasse 6 zu berechnen. Abweichend von DIN 1072 ist jedoch die Fläche außerhalb der Hauptspur mit den gleichmäßig verteilten Flächenlasten p_1 der Hauptspur zu belasten.

Muß mit schweren Kraftfahrzeugen, z.B. mit Feuerwehrfahrzeugen, gerechnet werden, so gelten die Lastannahmen nach DIN 1072, Ausgabe November 1967, Tabelle 2, der Brückenklassen 12 oder 30.

Die Belastung ist als nicht vorwiegend ruhend unter Berücksichtigung von Schwingbeiwerten nach Abschnitt 8 anzusetzen.

So dürfen befahrbare Platten mit Ausnahme von Brücken, mit Gabelstaplern befahrenen Decken und Hubschrauberlandeplätzen mit Ersatzflächenlasten als Verkehrslast untersucht werden.

Verkehrs- Regellasten (Ersatzflächenlasten)

Brückenklasse	Ersatzflächenlast M_p/m^2	Schwingbeiwert φ	Gesamte Ersatzflächenlast M_p/m^2
6	0,40	1,4	0,56
9	0,50	1,4	0,70
16	0,89	1,4	1,246
24	1,33	1,4	1,862
30	1,67	1,4	2,338

Bei überschütteten Bauwerken kann φ nach DIN 1055 Abschnitt 8 abgemindert werden. Die mit Ersatzflächenlasten ermittelten Schnittkräfte liegen auf der sicheren Seite. Wenn eine größere Genauigkeit bzw. größere Wirtschaftlichkeit verlangt wird, können die Schnittkräfte nach Rüsch (31) ermittelt werden. Einige Plattentypen sind in diesem Werk nicht erhalten. Die Schnittkräfte können, wie in Abschnitt 1 beschrieben, untersucht werden.

6. Querdehnungszahl

Bei den Tabellen wurde jeweils die Querdehnungszahl angegeben.

Bei den meisten Tabellen ist $\mu = 0$.

Bei Berechnungen mit anderen Querdehnungszahlen können die Momente auf einfache Weise mit dem Faktor $(1 + \mu)$ umgerechnet werden, vergleiche auch Pucher (1) § 5.

Ein weiteres Näherungsverfahren zur Umrechnung der Momente bei Berechnungen mit anderen Querdehnungszahlen wurde in (30) Abschnitt 2.3.2 angegeben.

7. Drillmomente

In den Tabellen für vierseitig gelagerte Rechteckplatten wurden für ein Seitenverhältnis $\frac{l_y}{l_x} = 1,00$ Momentenfaktoren für das Drillmoment im Eckpunkt und in der Nähe der Ecke angegeben.

Bei Bretthauer/Nötzold (13, Bild 8) ist eine Kurve dargestellt, die den Verlauf der größten Ordinaten M_{xy} in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis $\frac{l_y}{l_x}$ zeigt. Damit ist ein Anhaltspunkt für die Größe der Drillmomente bei anderen Seitenverhältnissen gegeben.

8. Bezeichnungen

Für die Systemskizzen im vorliegenden Tabellenwerk gilt

- ===== = unverdrehbar eingespannter, unverschieblicher Rand
- = frei verdrehbarer, unverschieblicher Rand
- = frei verdrehbarer und frei verschieblicher Rand (ungestützter Rand)

y – Richtung entspricht l_y -Richtung
x – Richtung entspricht l_x -Richtung

M_y dreht um die y-Achse und erzeugt Spannungen in x-Richtung
 M_x dreht um die x-Achse und erzeugt Spannungen in y-Richtung

X X

M_{ex} = Volleinspannmoment, dreht um die y -Achse und erzeugt Spannungen in x -Richtung

M_{ey} = Volleinspannmoment, dreht um die x -Achse und erzeugt Spannungen in y -Richtung

Die Lage der Schnittkräfte geht aus den Systemskizzen hervor.

9. Belastungen

Die Belastungen wurden wie folgt angenommen:

q = Linienlast mit der Breite 0, angegeben in Lasteinheit pro Längeneinheit

P = punktförmige Einzellast

Die Tabellenwerte gelten für alle Lasteinheiten und Längeneinheiten.

Bei den Tabellen für Linienlasten geben die vertikalen Spalten die Lastlänge, die nebeneinanderliegenden Spalten den Lastabstand an, jeweils durch Pfeil bezeichnet.

Hinweis:

Die Berechnung der Einflußflächen für die dreiseitig frei aufliegenden Rechteckplatten erfolgte elektronisch nach der Methode der Finiten Elemente und wurde mit dem Programm FEAPS 2 am Fides-Rechenzentrum München durchgeführt.

Ermittlung von Einspanngraden für Stütz- und Feldmomente aus einer Einzellast.

Abb. 11

Auswertung aus Stiglat-Wippel „Platten“, Platte P4; Voll-einspannmomente nach Bittner.

Plattenvollstreifen, über 2 Felder durchlaufend, belastet mit einer Einzellast in Feld 1, gleiche Plattendicken in beiden Feldern.

Einspanngrad je nach Laststellung

$$\eta = \frac{\text{ausgeglichenes Stützmoment}}{\text{Voll-einspannmoment}}$$

$\bar{M}_F$ = Feldmoment des einseitig voll eingespannten Plattenvollstreifens

$\bar{M}_{OF}$ Feldmoment des frei aufliegenden Plattenvollstreifens

Endgültiges Feldmoment $M_F = (\eta \cdot \bar{M}_F \pm (1 - \eta) \cdot \bar{M}_{OF})$,
gültig für die Momente in x- und y-Richtung

Tabelle 1 für $0,5 \leq L1 / L2 \leq 1,5$

Laststellung x / L1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Mex nach Stiglat- Wippel	0	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	0,15	0,16
Voll-einspann- moment nach Bittner	0	0,0460	0,0914	0,1361	0,1765	0,2145	0,2482	0,2768	0,2988	0,3131	0,3183
Einspann- grad	0	0,65	0,55	0,51	0,51	0,51	0,48	0,50	0,50	0,48	0,50

Tabelle 2 für $1,5 \leq L1 / L2 \leq 2,0$

Laststellung x / L1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Mex nach Stiglat- Wippel	0	0,03	0,06	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,17	0,16
Voll-einspann- moment nach Bittner	0	0,0460	0,0914	0,1361	0,1765	0,2145	0,2482	0,2768	0,2988	0,3131	0,3183
Einspann- grad	0	0,65	0,66	0,66	0,62	0,61	0,60	0,58	0,57	0,54	0,50

Plattenstreifen, über zwei Felder durchlaufend, beide Endauflager ohne Einspannung, belastet mit einer in Feld 1 durchgehenden Linienlast, Plattendicken in beiden Feldern gleich.

Bezeichnungen:

$\bar{M}_1$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 1

$\bar{M}_{F1}$ = Feldmoment der einseitig eingespannten Platte

M_{OF1} = Feldmoment der frei aufliegenden Platte

$M_B = Mex = \eta_B \cdot \bar{M}_1$

Endgültiges Feldmoment Feld 1

$M_F = [\eta \cdot \bar{M}_{F1} \pm (1 - \eta) \cdot M_{OF1}]$

Kurventafel zur näherungsweisen Abschätzung des Einspanngrades

Plattenvollstreifen, über zwei Felder durchlaufend, beide Endauflager ohne Einspannung, belastet mit einer in beiden Feldern gleich großen durchgehenden Linienlast, Plattendicken in beiden Feldern gleich.

Bezeichnungen:

$\bar{M}_1$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 1

$\bar{M}_2$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 2

$\bar{M}_F$ = Feldmoment der einseitig eingespannten Platte

M_{OF} = Feldmoment der frei aufliegenden Platte

$M_B = M_{ex} = \eta_{B \text{ Feld 1}} \cdot \bar{M}_1 \text{ oder } \eta_{B \text{ Feld 2}} \cdot \bar{M}_2$

Endgültiges Feldmoment

$M_F = [\eta \cdot \bar{M}_F \pm (1 - \eta) \cdot M_{OF}]$

Kurventafel zur näherungsweisen Abschätzung des Einspanngrades

Plattenvollstreifen, über zwei Felder durchlaufend, linkes Endauflager gelenkig gelagert, rechtes Endauflager mit Einspanngrad 0,5 eingespannt, belastet mit Linienlast in Feld 1, Plattendicke in beiden Feldern gleich.

Bezeichnungen:

$\bar{M}_1$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 2

$\bar{M}_{F1}$ = Feldmoment der einseitig eingespannten Platte

M_{OF1} = Feldmoment der frei aufliegenden Platte

$M_B = M_{ex} = \eta_B \cdot \bar{M}_1$

Endgültiges Feldmoment:

$$M_F = [\eta_{Feld} \cdot \bar{M}_{F1} \pm (1 - \eta) \cdot M_{OF1}]$$

Kurventafel zur näherungsweisen Abschätzung des Einspanngrades

Plattenvollstreifen, über zwei Felder durchlaufend, linkes Endauflager gelenkig gelagert, rechtes Endauflager mit Einspanngrad 0,5 eingespannt, belastet mit einer Linienlast in Feld 2, Plattendicke in beiden Feldern gleich.

Bezeichnungen:

$\bar{M}_2$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 2

$\bar{M}_{F2}$ = Feldmoment der einseitig eingespannten Platte

M_{OF2} = Feldmoment der frei aufliegenden Platte

$M_B = M_{ex} = \eta_{BFeld\ 2} \cdot \bar{M}_2$

Endgültiges Feldmoment:

$M_{F2} = [\eta_{Feld\ 2} \cdot \bar{M}_{F2} \pm (1 - \eta_{Feld\ 2}) \cdot M_{OF2}]$

Einspanngrad 0.5

Kurventafel zur näherungsweisen Abschätzung des Einspanngrades

Plattenvollstreifen, über zwei Felder durchlaufend, linkes Endauflager gelenkig gelagert, rechtes Endauflager mit Einspanngrad 0,5 eingespannt, belastet mit einer in beiden Feldern gleich großen durchlaufenden Linienlast, Plattendicke in beiden Feldern gleich.

Bezeichnungen:

$\bar{M}_1$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 1

$\bar{M}_2$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 2

$\bar{M}_F$ = Feldmoment der ein- bzw. beidseitig eingespannten Platte

M_{OF} = Feldmoment der frei aufliegenden Platte

$M_B = M_{ex} = \eta_{B \text{ Feld } 1} \cdot \bar{M}_1 \text{ oder } \eta_{B \text{ Feld } 2} \cdot \bar{M}_2$

Endgültiges Feldmoment:

$$M_F = [\eta_{Feld} \cdot \bar{M}_F \pm (1 - \eta_{Feld}) \cdot M_{OF}]$$

Kurventafel zur näherungsweisen Abschätzung des Einspanngrades

Plattenvollstreifen über zwei Felder durchlaufend, beide Endauflager mit halber Einspannung, Belastung mit Linienlast in Feld 1, Plattendicke in beiden Feldern gleich.

Bezeichnungen:

$\bar{M}_1$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 1

$\bar{M}_{F1}$ = Feldmoment der beidseitig eingespannten Platte

M_{OF1} = Feldmoment der frei aufliegenden Platte

$M_B = \eta_{B \text{ Feld } 1} \cdot \bar{M}_1$

Endgültiges Feldmoment

$$M_{F1} = [\eta_{\text{Feld } 1} \cdot \bar{M}_{F1} \pm (1 - \eta_{\text{Feld } 1}) \cdot M_{OF1}]$$

Kurventafel zur näherungsweisen Abschätzung des Einspanngrades

Plattenvollstreifen über zwei Felder durchlaufend, beide Endauflager mit halber Einspannung, belastet mit einer in beiden Feldern gleichgroßen durchgehenden Linienlast, Plattendicken in beiden Feldern gleich.

Kurventafel zur näherungsweisen Abschätzung des Einspanngrades

Bezeichnungen:

$\bar{M}_1$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 1

$\bar{M}_2$ = Volleinspannmoment aus Belastung in Feld 2

$\bar{M}_F$ = Feldmoment der beidseitig eingespannten Platte

M_{OF} = Feldmoment der frei aufliegenden Platte

$$M_B = M_{ex} = \eta_{B \text{ Feld } 1} \cdot \bar{M}_1 \text{ oder } \eta_{B \text{ Feld } 2} \cdot \bar{M}_2$$

Endgültiges Feldmoment:

$$M_F = [\eta \cdot \bar{M}_F \pm (1 - \eta) \cdot M_{OF}]$$

Literaturverzeichnis

1. Bücher

- [1] Pucher, A.: Einflußfelder elastischer Platten, Springer-Verlag, Wien — New York 1964.
- [2] Hoeland, G.: Stützmomenten-Einflußfelder durchlaufender Platten, Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1957.
- [3] Olsen, H.; Reinitzhuber, Fr.: Die zweiseitig gelagerte Platte, 1. u. 2. Band, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1962.
- [4] Bittner, E.: Platten und Behälter, Springer-Verlag, Wien — New York 1965.
- [5] Krebs, A.; Baader, W.: Ein Beitrag zur Untersuchung des freien punktgestützten Randes von Flachdecken unter besonderer Berücksichtigung einer Deckenauskragung, Mitteilungen aus dem Institut für Massivbau an der TH Darmstadt, Heft 13, 1966.
- [6] Stiglat, K.; Wippel, H.: Platten, 2. Auflage, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1973.
- [7] Bares, R.: Berechnungstabellen für Platten und Wandscheiben, 2. Auflage, Bauverlag, Berlin und Wiesbaden 1971.
- [8] Hahn, J.: Durchlaufträger, Rahmen, Platten und Balken auf elastischer Bettung, 10. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf 1970.
- [9] Opladen, K.: Vereinfachte Berechnung für unbehinderte verschiebbliche Rahmen, Band 1.: Theorie erster Ordnung, Werner-Verlag, Düsseldorf 1963.
- [10] Niewerth, J.: Vierseitig gestützte Rechteckplatten, Werner-Verlag, Düsseldorf, 1969.

2. Fachzeitschriften-Aufsätze

- [11] Pucher, A.: Zur Auswertung der Querkraft-Einflußfelder elastischer Platten, in: Bauingenieur 40 (1965), Heft 7, S. 268
- [12] Pucher, A.: Über die Singularitätenmethode an elastischen Platten, in: Ing. Arch. XII (1941), S. 76.
- [13] Bretthauer, G.; Nötzold, F.: Einflußflächen von vierseitig gelagerten Rechteckplatten, in: Beton- und Stahlbetonbau 60 (1965) Heft 8, S. 194.

- [14] Woodring, R. E.; Asce, M.; Siess, Ch. P.; Asce, F.: Influence surfaces for continuous plates, in: Journal of the Structural Division Proceedings of the American Society of Civil Engineers, January 1968, S. 211.
- [15] Vik, B.: Zur Berechnung der Querkräfte in Fahrbahnplatten, in: Bauingenieur 39 (1964) Nr. 12, S. 485.
- [16] Schmaus, W.: Zur mittragenden Plattenbreite bei Linien- und Einzellasten, in: Bautechnik 50 (1973) Heft 5, S. 145.
- [17] Niewerth, H.: Tabelle zur Berechnung der Lastverteilungsbreite nach Tabelle 28 der DIN 1045, in: Bautechnik 50 (1973) Heft 10, S. 340.
- [18] Brunner, W.: Drehwinkel-Ausgleichsverfahren zur Berechnung beliebig belasteter durchlaufender Platten, in: Beton- u. Stahlbetonbau 56 (1961) Heft 6, S. 140.
- [19] Opladen, K.: Hilfsmittel zur numerischen Interpolation, Integration und Differenziation, in: Der Deutsche Baumeister (BDB) Heft 5, 1964, Seite 461.
- [20] Opladen, K.: Gedanken zur Anwendung von Computern in der Baustatik, in: Der Deutsche Baumeister (BDB) Heft 5, 1971, Seite 420.
- [21] Kupfer, H.; Maier, A.: Beiwerte zur Berechnung der Momentengrenzwerte aus Verkehrslast für durchlaufende rechtwinklige Fahrbahnplatten von Straßenbrücken, in: Beton- und Stahlbetonbau 64 (1969) Heft 10, S. 233.
- [22] Mok-Kong Shen: Über die Simpson'sche Formel, in: Der Bauingenieur 37 (1962) Heft 3, S. 97.
- [23] Ille, V.; Mühsam, H.; Pop, V.; Magyarosy, I.: Theoretische und experimentelle Bestimmung der Schnittkräfte und Einflußflächen einer allseitig frei drehbar gelagerten Trapezplatte, in: Straße Brücke Tunnel Heft 6, 1972, S. 150.
- [24] Maas, O.: Einflußflächen für die am geraden Rand freie Halbkreisplatte, in: Beton- und Stahlbetonbau 57 (1962) Heft 1, S. 19.

3. Weitere Literatur

- [25] Schriever, H.: Berechnung von Platten nach dem Einspanngradverfahren, Werner-Verlag, Düsseldorf 1970.
- [26] Eichstaedt, H. J.: Einspanngrad-Verfahren zur Berechnung der Feldmomente durchlaufender kreuzweise bewehrter Platten im Hochbau, in: Beton- und Stahlbetonbau 58 (1963) Heft 1, S. 19.
- [27] Pieper, K.; Martens, P.: Durchlaufende vierseitig gestützte Platten im Hochbau, Vorschlag zur vereinfachten Berechnung, in: Beton- und Stahlbetonbau 61 (1966) Heft 6, S. 158 und 62 (1967) Heft 6, S. 151.
- [28] Utescher, G.: Zuschrift zu (27), in: Beton- und Stahlbetonbau 62 (1967) Heft 6, S. 150.
- [29] Brunner, W.: Momentenausgleichsverfahren zur Berechnung durchlaufender Platten für gleichmäßig verteilte Belastungen, in: Schweizerische Bauzeitung, 73 (1955) Heft 50, S. 771
- [30] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Heft 240: Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045, Berlin 1976.
- [31] Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Heft 106, Rüschi, H.: Berechnungstafeln für rechtwinkelige Fahrbahntafeln von Straßenbrücken, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin-München, 1965.