

Punktgestützte Rechteckplatten

Autor(en): **Stiglat, Klaus / Wippel, Herbert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 29

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-66192>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Punktgestützte Rechteckplatten

DK 624.073.13

Von Dipl.-Ing. Klaus Stiglat und Dipl.-Ing. Herbert Wippel, Lehrstuhl für Baustatik, Technische Hochschule Karlsruhe

1. Einleitung

Auf einzelnen Unterstützungen aufliegende Rechteckplatten hat u. W. erstmalig Marcus [1] in Form einer quadratischen, in ihren Eckpunkten gestützten Platte mit Hilfe der Differenzenrechnung untersucht. Auf die Schwierigkeiten bei der rechnerischen Untersuchung von Platten mit freien Rändern weist von Gunten [2] ausführlich in seiner Dissertation hin. Die von ihm angegebenen Berechnungsverfahren sind zumindest in ihrer exakten Anwendung mit einem sehr grossen Arbeitsaufwand verbunden.

In den nachstehenden Abschnitten werden die mit Hilfe der Differenzenrechnung ermittelten Momente für die vierpunktgestützte Platte (Bild 1a) unter «Gleichlast» bzw. «Einzellast in Plattenmitte» für verschiedene Seitenverhältnisse und die Querdehnungszahl $\mu = 0$ mitgeteilt. Die Ueberlagerung der beiden Lastfälle führt zu der in ihrem Mittelpunkt unterstützten Platte unter «Gleichlast» (Bild 1b).

2. Seitenverhältnisse der untersuchten Platten

Die Beiwerte zur Bestimmung der Momente in den ausgezeichneten Punkten (Bild 2) werden für die Seitenverhältnisse 1:1 bis 2:1 angegeben. Berechnet wurden die Platten:

- $L/B = 1 : 1$ (Maschenweite $\lambda = \lambda_x = \lambda_y = L/6$)
- $L/B = 1,5 : 1$ (Maschenweite $\lambda = \lambda_x = \lambda_y = L/6 = B/4$)
- $L/B = 2 : 1$ (Maschenweite $\lambda = \lambda_x = \lambda_y = L/8 = B/4$)

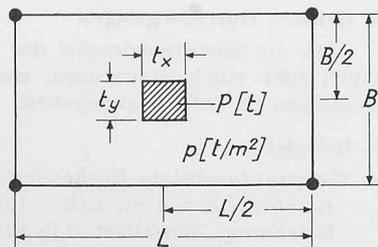


Bild 1a. Die vierpunktgestützte Platte unter Gleichlast bzw. Einzellast

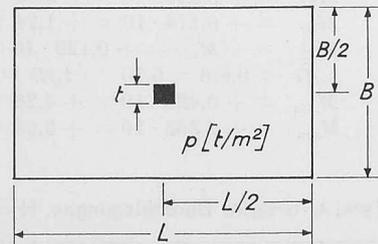


Bild 1b. Die mittelpunktunterstützte Platte unter Gleichlast

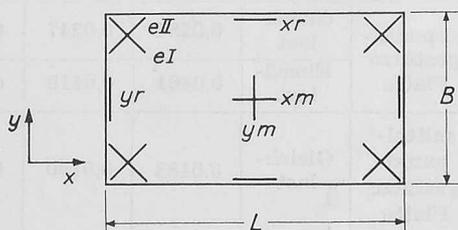


Bild 2. Wirkungsstelle und Bezeichnung der Momente

Die Momentenbeiwerte für dazwischenliegende Verhältnisse wurden durch graphische Interpolation gewonnen.

3. Lastfälle

Für den Lastfall «Gleichlast» erfolgt die Auflösung der Gleichungssysteme mit den hierfür massgebenden Lastgliedern $p \cdot \lambda^2/N$. Die Momentenbeiwerte sind in Tafel 1 angegeben.

Die Einwirkung einer Einzellast P wird durch das Lastglied $P \cdot \lambda^2/N$ erfasst. Hierbei ist vorausgesetzt, dass die Gleichlast $p' = P/\lambda^2$ ein Raster-«Element» $\lambda \cdot \lambda$ bedeckt. Die auf diese Art gefundenen Momente entsprechen für die der Berechnung zugrundegelegte Maschenweite annähernd einer Aufstandsfläche $t \approx 0,6 \cdot \lambda$.

Die tatsächliche Lastaufstandsfläche $t_x \cdot t_y$ ist für das Grössstmoment im unmittelbaren Lastbereich von Bedeutung. Für eine vorgegebene Lastfläche lassen sich die aus der Differenzenrechnung ermittelten Momentenwerte für die tatsächlichen t/L -Werte korrigieren [3].

In Tafel 2 sind für mittige Einzellast mit den Aufstandsflächen $t/L = 0,05; 0,10$ und $0,20$ die Momentenbeiwerte zusammengestellt. Für die mittelpunktunterstützte Rechteckplatte werden in Tafel 3 die Momentenbeiwerte mitgeteilt.

4. Kontrollen

a) In jedem durch eine Rasterlinie gekennzeichneten Schnitt wurden die errechneten Momentenflächen integriert und dieser Wert mit dem am Balken aus den Gleichgewichtsbedingungen sich ergebenden Gesamtmoment verglichen. In den randnahen Schnitten waren die Abweichungen für Gleichlast $< -2,5 \%$, für Einzellast $< -3 \%$. In den Mittelschnitten verringerten sich diese Abweichungen in beiden Fällen 0 bis $< -2 \%$.

b) Für die quadratische, in ihrem Mittelpunkt unterstützte Platte wird in [2] für die Momente über der Stütze eine Näherungsformel angegeben. Hieraus ergibt sich für die verschiedenen Aufstandsflächen

$$\begin{aligned} t/L = 0,05 & \quad M = -0,263 \cdot p l^2 \quad (0,268 \cdot p l^2) \\ t/L = 0,10 & \quad M = -0,207 \cdot p l^2 \quad (0,212 \cdot p l^2) \\ t/L = 0,15 & \quad M = -0,150 \cdot p l^2 \quad (0,157 \cdot p l^2) \end{aligned}$$

Die Werte in Klammern geben die Ergebnisse der Differenzenrechnung und ihre Korrektur nach [3] wieder.

Tafel 1. Momentenbeiwerte k der vierpunktgestützten Platte unter Gleichlast: $M = k \cdot q \cdot B \cdot L$

L/B	k_{xr}	k_{yr}	k_{xm}	k_{ym}	$k_{eI}; -k_{eII}$
1,0	0,158	0,158	0,105	0,105	0,125
1,1	0,167	0,150	0,120	0,091	0,125
1,2	0,176	0,144	0,134	0,080	0,125
1,3	0,186	0,139	0,148	0,071	0,125
1,4	0,196	0,136	0,162	0,063	0,125
1,5	0,206	0,133	0,176	0,056	0,125
1,6	0,216	0,131	0,190	0,050	0,125
1,7	0,227	0,130	0,203	0,045	0,125
1,8	0,238	0,129	0,217	0,040	0,125
1,9	0,249	0,128	0,231	0,036	0,125
2,0	0,260	0,127	0,244	0,032	0,125

Tafel 2. Momentenbeiwerte k der vierpunktgestützten Platte unter mittiger Einzellast: $M = k \cdot P$

L/B	k_{xr}	k_{yr}	k_{xm}			k_{ym}			k_{eI} $-k_{eII}$
			$t_x = 0,05 L$	$t_x = 0,10 L$	$t_x = 0,20 L$	$t_y = 0,05 B$	$t_y = 0,10 B$	$t_y = 0,20 B$	
1,0	0,234	0,234	0,373	0,317	0,262	0,373	0,317	0,262	0,125
1,1	0,257	0,218	0,395	0,340	0,284	0,351	0,296	0,241	0,125
1,2	0,280	0,204	0,417	0,362	0,306	0,334	0,281	0,223	0,125
1,3	0,303	0,192	0,438	0,384	0,328	0,322	0,267	0,210	0,125
1,4	0,326	0,182	0,460	0,405	0,350	0,312	0,257	0,200	0,125
1,5	0,349	0,174	0,482	0,426	0,371	0,303	0,248	0,192	0,125
1,6	0,372	0,167	0,503	0,447	0,392	0,296	0,241	0,184	0,125
1,7	0,395	0,161	0,523	0,467	0,413	0,289	0,234	0,178	0,125
1,8	0,418	0,156	0,544	0,488	0,433	0,283	0,228	0,172	0,125
1,9	0,441	0,151	0,564	0,509	0,454	0,278	0,223	0,167	0,125
2,0	0,464	0,148	0,584	0,529	0,474	0,273	0,218	0,162	0,125

Tafel 3. Momentenbeiwerte k der mittelpunktgestützten Platte unter Gleichlast: $M = -k \cdot q \cdot B \cdot L$

L/B	k_{xr}	k_{yr}	k_{xm}			k_{ym}		
			$t_x = 0,05 L$	$t_x = 0,10 L$	$t_x = 0,20 L$	$t_y = 0,05 B$	$t_y = 0,10 B$	$t_y = 0,20 B$
1,0	0,076	0,076	0,268	0,212	0,157	0,268	0,212	0,157
1,1	0,090	0,068	0,275	0,220	0,164	0,260	0,205	0,150
1,2	0,104	0,060	0,283	0,228	0,172	0,254	0,201	0,143
1,3	0,117	0,053	0,290	0,236	0,180	0,251	0,196	0,139
1,4	0,130	0,046	0,298	0,243	0,188	0,249	0,194	0,137
1,5	0,143	0,041	0,306	0,250	0,195	0,247	0,192	0,136
1,6	0,156	0,036	0,313	0,257	0,202	0,246	0,191	0,134
1,7	0,168	0,031	0,320	0,264	0,209	0,244	0,189	0,133
1,8	0,180	0,027	0,327	0,271	0,216	0,243	0,188	0,132
1,9	0,192	0,023	0,333	0,278	0,223	0,242	0,187	0,131
2,0	0,204	0,021	0,340	0,285	0,230	0,241	0,186	0,130

5. Momentenverlauf im Bereich der punktgestützten Ecken für Gleichlast

Die Momente M_x und M_y sind in den Eckpunkten der Platte gleich Null. Das Drillmoment M_{xy} an gleicher Stelle entspricht dem halben Stützdruck. Auf die Gesamtlast bezogen folgt

$$M_{xy} = M_{eI} = -M_{eII} = 0,125 \cdot p \cdot L \cdot B$$

Die Hauptmomente M_{eI} erzeugen an der Plattenunterseite in Richtung der Winkelhalbierenden Zugspannungen, während die negativen Hauptmomente M_{eII} an der Oberseite der Platte senkrecht dazu Zugspannungen hervorrufen.

Die für alle Plattenpunkte ermittelten Hauptmomente führen zu der Zugspannungsnulllinie an der Plattenoberseite (Bild 3). Dieser Bereich entspricht annähernd der von der eingeschriebenen Ellipse bzw. bei der Quadratplatte vom eingeschriebenen Kreis abgetrennten Randzone. Innerhalb der Ellipse treten an der Plattenoberseite ausschliesslich Druckspannungen auf. Als Richtwert für die Tiefe r , bis zu der an der Oberseite Bewehrung senkrecht zur Diagonalen einzulegen ist, kann $r \approx 0,18 \cdot L$ angenommen werden.

An der Plattenunterseite ist die Bewehrung in den Ecken zweckmässig parallel zur Diagonalen zu verlegen. Im übrigen Plattenbereich genügt ein zu den Rändern gleichlaufendes,

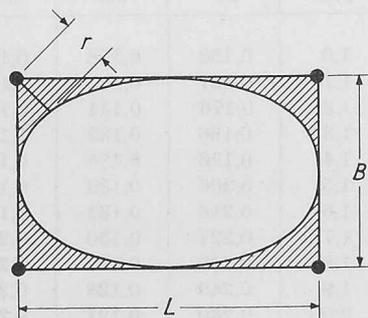


Bild 3. Zugspannungsnulllinie an der Plattenoberseite

rechtwinkliges Bewehrungsnetz den statischen Anforderungen. Entlang den freien Rändern sind Bügel anzuordnen, die gleichzeitig im oberen Plattenbereich die auftretenden Zugspannungen in Randnähe abdecken.

6. Grösste Durchbiegungen

Da die Durchbiegungen der hier behandelten Plattentypen sehr stark anwachsen, werden die grössten Durchbiegungen in Tafel 4 angegeben.

7. Beispiel

a. Vierpunktgestützte Rechteckplatte

$$L = 6 \text{ m}; B = 4 \text{ m}; L/B = 1,5$$

Belastung: Einzellast P in Plattenmitte $P = 10,0 \text{ t}$;

$$\text{Aufstandsfläche } t_x = 60 \text{ cm}; t_y = 20 \text{ cm}$$

Momente nach Tafel 2 (Bild 2):

$$M_{xr} = + 0,349 \cdot 10 = + 3,49 \text{ tm/m}$$

$$M_{yr} = + 0,174 \cdot 10 = + 1,74 \text{ tm/m}$$

$$M_{eI} = -M_{eII} = + 0,125 \cdot 10 = + 1,25 \text{ tm/m}$$

$$t_x/L = 0,6/6 = 0,10 \quad t_y/B = 0,2/4 = 0,05$$

$$M_{xm} = + 0,426 \cdot 10 = + 4,26 \text{ tm/m}$$

$$M_{ym} = + 0,303 \cdot 10 = + 3,03 \text{ tm/m}$$

Tafel 4: Grösste Durchbiegungen. $N = d^3E/12$; d = Plattendicke

Plattentyp	Belastung	L/B			Faktor
		1,0	1,5	2,0	
vierpunktgestützte Platte	Gleichlast	0,0284	0,0247	0,0288	$qLB \quad L^2/N$
	Einzellast	0,0464	0,0415	0,0471	$P \quad L^2/N$
mittelpunktgestützte Platte	Gleichlast	0,0183	0,0180	0,0168	$qLB \quad L^2/N$

b. Mittelpunkunterstützte Rechteckplatte

$$L = 6 \text{ m}; B = 4 \text{ m}; L/B = 1,5$$

$$\text{Stütze: } t_x = 30 \text{ cm}; t_y = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Belastung: } p = 0,5 \text{ t/m}^2$$

Momente nach Tafel 3:

$$M_{x_r} = -0,143 \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 4 = -1,72 \text{ tm/m}$$

$$M_{y_r} = -0,041 \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 4 = -0,50 \text{ tm/m}$$

$$M_{eI} = M_{eII} = 0$$

$$t_x/L = 0,3/6 = 0,05 \quad t_y/B = 0,2/4 = 0,05$$

$$M_{x_m} = -0,306 \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 4 = -3,68 \text{ tm/m}$$

$$M_{y_m} = -0,247 \cdot 0,5 \cdot 6 \cdot 4 = -2,97 \text{ tm/m}$$

8. Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden für in den Ecken unterstützte Rechteckplatten unter Gleichlast und mittiger Einzellast sowie für mittelpunktunterstützte Rechteckplatten unter Gleichlast die Momente in ausgezeichneten Plattenpunkten angegeben.

Schrifttum

- [1] *Marcus, H.*: Die Theorie elastischer Gewebe und ihre Anwendung auf die Berechnung biegsamer Platten. Berlin, Springer, 1924, S. 173.
- [2] *von Gunten, H.*: Platten mit freien Rändern. Mitteilungen aus dem Institut für Baustatik an der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich, Leemann, 1960, S. 69.
- [3] *Stiglat, K.*: Beitrag zur numerischen Berechnung der Schnittkräfte von rechteckigen und schiefen Platten mit Randbalken. Berlin, Wilh. Ernst & Sohn, erscheint demnächst.

Vereinigung

Schweiz. Strassenfachmänner (VSS)

DK 061.2:625.7

Am 25./26. Mai 1962 hielt die VSS ihre Jahrestagung in Lugano ab. Ueber 500 Mitglieder folgten dem abwechslungsreichen Programm, das am Freitag mit einer Sternfahrt dreier Gruppen in PTT-Cars über Simplon, Gotthard und San Bernardino seinen Anfang nahm. Die Schneeräumung auf den Alpenpässen vermittelte wertvolle Eindrücke von diesem schweren Dienst. Am gleichen Abend fand noch die Hauptversammlung im Kursaal Lugano statt, an der Baudirektor Dr. F. Zorzi die Grüsse der Tessiner Regierung überbrachte und über deren Strassenbauprogramm referierte. Es werden grosse Anstrengungen unternommen, sowohl den Autobahnbau von Chiasso Richtung Gotthard wie den Ausbau der Querverbindungen und Anschlussstrassen voranzutreiben. Die Baustellen der Nationalstrasse bei Chiasso und bei Melide sind in vollem Betrieb, und die Arbeiten für die neue zweite Verbindung von Motto Bartola zum Gotthardhospiz unter Vermeidung der Tremolaschlucht werden noch dieses Jahr begonnen. Im Bau sind auch die Unterführungen zur Aufhebung der letzten schienengleichen Kreuzungen zwischen SBB und Gotthardstrasse in der Leventina. Mit dem Postulat einer ganzjährig befahrbaren Strassenverbindung durch das Gotthardmassiv schloss der sympathische junge Regierungsmann seine Begrüssung, um sich unmittelbar darauf als Sänger in den Kreis der Canterini del Ceresio zu stellen.

Nach Erledigung der statutarischen Geschäfte, die der Präsident, Kantonsingenieur J. Bernath, Schaffhausen, in vorbildlicher Klarheit und Frische leitete, wies er auf die folgenden brennenden Probleme und Sorgen der schweizerischen Strassenbauer hin:

Nachdem uns in den letzten Jahren hauptsächlich Planungs- und Finanzierungsfragen beschäftigt haben, treten nun Probleme der Bauausführung und der Zusammenarbeit zwischen Praxis und Wissenschaft, zwischen Bauherrn, projektierendem Ingenieur und Unternehmer in den Vordergrund. Die Forschungsarbeit, die in den letzten Jahren einige erfreuliche, auch in der Praxis sichtbare Ergebnisse zeitigt hat, muss mit grösserem Einsatz fortgesetzt wer-

den. Auf dem Gebiete der Verkehrstechnik müssen wir uns nach und nach von den amerikanischen Vorbildern, die auf einen sehr homogenen Strassenverkehr abgestimmt sind, lösen und eigene, in Europa gültige Regeln entwickeln. Der Aufbau des Strassenkörpers birgt noch viele ungelöste Probleme. Die VSS ist sich ihrer Aufgabe bewusst, die Ergebnisse der Forschung möglichst rasch und verständlich der Praxis zur Verfügung zu stellen.

Eine andere drängende Sorge stellt der *Mangel an tüchtigem Fachpersonal* aller Stufen dar. Wir können dieses empfindliche Manko einigermaßen lindern, wenn alle Beteiligten, Unternehmer, Ingenieur, Verwaltungsmann und Fachverband, der Weiterbildung ihres Personals und ihrer Mitglieder dauernd Aufmerksamkeit schenken und beim jungen Menschen wieder mehr Verständnis für eine gute Ausbildung wecken. Ferner ergeht der Appell an alle im Strassenbau Tätigen, die menschliche Arbeitskraft möglichst rationell einzusetzen. Eine vernünftige Zusammenarbeit, eine gute Planung der Bauarbeit, der Verzicht auf Sonderwünsche und Spezialausführungen helfen mit, Zeit, Geld und namentlich Arbeitskraft zu sparen. Als üble Sumpflüthe der Hochkonjunktur geisselte der Sprecher das Abwertebertum durch übertriebene Lohnangebote, das auf lange Sicht gesehen niemandem nützt, aber der Sache schadet. Für unsere Grossbaustellen müssen Gentleman-Agreements zur Ordnung des Arbeitsmarktes abgeschlossen werden.

Die weitgehende *Mechanisierung der Baustellen* erfordert überdies wohlüberlegte Dispositionen der Bauherrschaft. Ein gleichmässiger Arbeitsfluss über das ganze Jahr ermöglicht erst den wirtschaftlichen Einsatz moderner Geräte, die Durchführung kapitalintensiver Herstellungsverfahren und eine sorgfältige, frühzeitige Bauvorbereitung. Die Wünsche der verschiedenen benachbarten Verwaltungen und der Unternehmerschaft sind miteinander in Einklang zu bringen. Abschliessend erinnerte der Vorsitzende der Vereinigung daran, dass auch in der Technik menschliche Unvollkommenheiten viel dazu beitragen, dass man heute oft von den Gefahren des technischen Zeitalters spricht. Auch unsere Aufgabe verlangt hohe sittliche Werte und ein starkes Verantwortungsgefühl. «Die Freiheit des Menschen liegt nur in der Verantwortung der Wahl, dem echten oder einem falschen Herrn zu dienen.»

Sechs verschiedene Fachvorträge eröffneten den Samstagvormittag; nämlich: Dr. W. Rodel, EMPA, Zürich: «Feldlaboratorien für den Deckenbau», M. C. Rotach, Kant.-Ing., Frauenfeld: «Verkehrs-Renaissance in Pittsburg USA», Prof. P. Peitrequin, EPUL, Lausanne: «Murs de soutènement dans la construction routière», J. Richter, Sektionschef ASF, Bern: «Einige Probleme beim Betrieb städtischer Expressstrassentunnels», R. Conzett, dipl. Verm. Ing. ETH, Zürich: «Normen über elektronische Berechnungen für die Strassenprojektierung» und J.-E. Bonjour, ing., Lausanne: «Tendances dans la construction routière aux USA». Jeder Redner wurde durch ein Vorstandsmitglied der VSS in ansprechender Weise eingeführt. Wie üblich kann man damit rechnen, dass diese interessanten, gut vorbereiteten Vorträge in «Strasse und Verkehr» veröffentlicht werden.

Nun kam der Aufbruch zu fünf Exkursionen. Der Berichterstatter folgte jener nach Melide, wo die Bauten für die Nationalstrasse von ihrer Ausmündung aus dem Salvatore-Tunnel bis ans Ostende der Landzunge von Melide in vollem Gange sind und wegen des Baugrundes sowie der Rücksichtnahme auf die SBB und die lokalen Strassenanschlüsse äusserst vielfältige Probleme stellen. Wir wurden durch Tessiner Kollegen geführt, die in fließendem Deutsch vor tadellos aufgehängten Plänen erklärten. Die Unternehmung (H. Hatt-Haller, Zürich, Bontadelli & Pervangher, Airolo, und Cogesa, Taverne) spendete eine willkommene Erfrischung, bevor man sich zur Rückfahrt einschiffte. Diese führte auf dem Umweg über Ponte Tresa und Gandria zurück nach Lugano, wo die wohlgelungene Tagung ihr Ende fand. Die besichtigten Bauwerke und viele andere Tessinische Strassenprobleme sind dargestellt im Sonderheft Nr. 5, 1962, von «Strasse und Verkehr».