

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 94 (1976)  
**Heft:** 37

**Artikel:** Momenteneinflussflächen für Flächentragwerke: modellstatische Ermittlung  
**Autor:** Wälli, Ernst  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73162>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

verbesserung durch horizontale Drains gelten. Bei sehr wenig durchlässigen Böden, wie Tone, ist ebenfalls eine Beeinflussung des Grundwassers möglich; doch ist die Durchlässigkeit der Tone so gering, dass die Veränderung des Potentials zu neuen Belastungen führt, die im tonigen Boden nur Porenwasser- spannungen hervorrufen. Mit anderen Worten: der Weg zur natürlichen Verbesserung des Tones führt immer über die Konsolidation. Sie allein kann die Scherfestigkeit erhöhen. Die Zeit, die hierfür notwendig ist, kann an Hand der Konsolidationstheorie abgeschätzt werden. Auch für diesen Fall ist die Kenntnis des  $k$ -Wertes notwendig. Die Bestimmung des  $k$ -Wertes für wenig durchlässige bis undurchlässige Böden kann mit dem eingebauten Piezometer vorgenommen werden. Die Geometrie des Filterbettes muss bekannt sein.

### Kontrollen

Zu den eingangs erwähnten Grundsätzen der Prospektion sind zwei weitere hinzuzufügen, die jeder Ingenieur beherzigen sollte. Schon bei der Festlegung des Untersuchungsprogrammes muss sich der Ingenieur die Frage stellen: «wie sollen die Beobachtungen und Messungen während der Bauarbeit und später vorgenommen werden, damit die getroffene Prognose über den Baugrund überprüft werden kann, um nötigenfalls sofort eingreifen zu können?»

Zu solchen Beobachtungsinstrumenten gehören auch die Piezometer und Versuchsbrunnen. Darum sind sie so anzuordnen, dass sie während des Bauzustandes funktionieren. Mancher Ingenieur vergisst, dass die Untersuchung nur ein Modell des Baugrundes ergibt. Terzaghi schrieb: «Unglücklicherweise ist der Boden durch die Natur und nicht durch den Menschen gemacht und das Produkt der Natur ist immer komplex».

Wenn die Komplexität des Bodens erkannt ist, müssen für die Berechnungen Vereinfachungen getroffen werden. Ob dieses vereinfachte Bild der Natur bzw. das Baugrundmodell,

das den Berechnungen zu Grunde lag, mit den Gegebenheiten übereinstimmt, ist durch Beobachtungen und Messungen zu überprüfen. Damit die Abweichungen und ihre Größen kontrolliert werden können, muss das Baugrundmodell übersichtlich dargestellt werden.

Die Natur ist komplex und auch die beste Prospektion ergibt nur ein Modell. Daraus ziehen wir die Lehre für den nächsten Grundsatz:

Aus der gegebenen geotechnischen Lage und infolge des Bauvorhabens können unvorhergesehene Auswirkungen auf das eigene Bauwerk sowie auf Nachbarbauwerke auftreten. Die möglichen Auswirkungen sind abzuschätzen und die Wahrscheinlichkeit deren Eintretens anzugeben.

### Literaturverzeichnis

L. Bjerrum, A. W. Bishop: 1960, Publikation 43, Norwegisches Geotechnisches Institut, Blindern, Oslo.

R. E. Gibson: 1963, An Analysis of System Flexibility and its Effect on Time-log in Pore-water pressure Measurements. «Géotechnique», vol. XIII, 1963.

M. J. Hvorslev: 1948, Subsurface Exploration on Sampling of Soils for Civil Engineering Purpose. W. E. S. Wicksbury, Miss.

H. J. Lang: 1973, Aufschlüsse zur Feststellung der Art und der Eigenschaften des Baugrundes. «Schweiz. Bauzeitung» 91 (1973), H. 35, S. 823-827. 1968: Hydraulique des Sols. «Bulletin des Laboratoires routiers» (1968).

K. Terzaghi, R. B. Peck: 1967, Soil Mechanics in Engineering Practice, Second Edition, John Wiley & Sons INC, New York.

Ch. V. Theis: 1935, The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. U.S. Geological Survey.

Schweizerische Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundamenttechnik, Publikation Nr. 67. Richtlinien: Bodensondierungen und Feldversuche.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. J. Huder, IGB, ETH Zürich, Gloriastrasse 37-39, 8006 Zürich.

## Momenteneinflussflächen für Flächentragwerke

### Modellstatische Ermittlung

Von E. Wälli, Arbon

DK 624.074.5

#### Einflusslinien für Stabwerke

Nach dem Satz von Maxwell können Einflusslinien für Biegemomente in Durchlauf- oder Bogenträgern mit Hilfe von Gelenkbiegelineien sehr einfach bestimmt werden. Die Einflusslinie für ein Moment ergibt sich als Biegelinie, wenn an der gewünschten Stelle ein Gelenk angebracht und die Schnittstellen gegeneinander um das Bogenmass  $\alpha = 1$  verdreht werden (Bild 1).

Die gewünschte Verdrehung kann auch durch Verwenden eines Verformers, ohne ein Gelenk einzubauen, erzeugt werden (Bild 2). Die Grösse des Verformungswinkels  $\alpha^*$  ist so

zu wählen, dass das elastische Verhalten des Modells erhalten bleibt.

#### Einflussflächen für Flächentragwerke

Die Verformermethode ist auch auf Platten und Schalen anwendbar, um an Stelle von Einflusslinien Einflussflächen zu erhalten, dies analog zu den Einflusslinien für Stabwerke.

Praktisch wird am besten so vorgegangen, dass an der Stelle, an der die Einflussfläche gesucht wird, ein kleines Loch gebohrt und der Verformer dort angebracht wird. Durch diesen

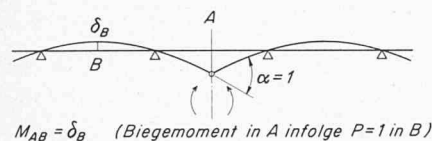


Bild 1 Gelenkbiegelineie

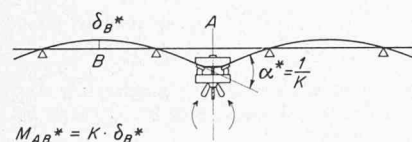
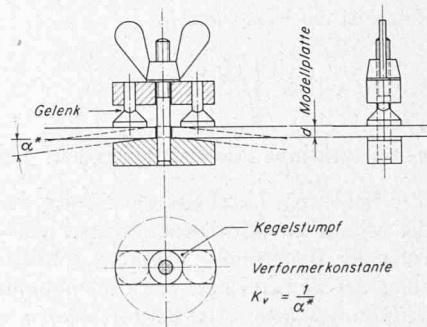
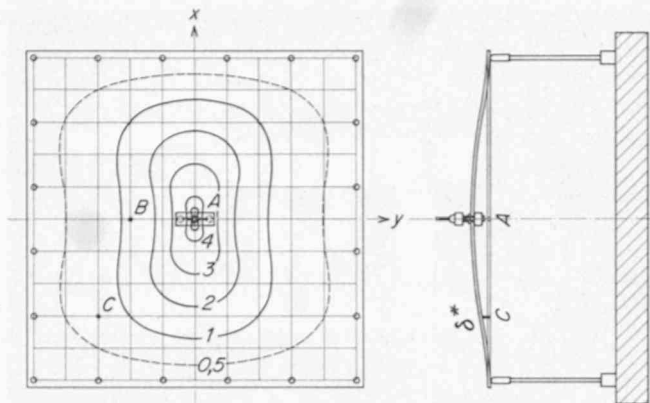


Bild 2. Verformerbiegelineie

Bild 3 (rechts). Momentenverformer für Flächentragwerke





$M = K \cdot \delta^*$   
 $M_{ABy} = K \cdot \delta_B^*$  [Biegemoment in A in Richtung y infolge  $P = 1$  in B (resp. C)]  
 $M_{ACy} = K \cdot \delta_C^*$

Bild 4. Modellversuch zur Bestimmung der  $M_y$ -Einflussfläche für die Feldmitte A einer quadratischen Platte mit vier freiaufliegenden Rändern (Verformer in Richtung y)

wird das Modell derart verformt, als wäre an der betreffenden Stelle ein Gelenk mit einer Winkelverdrehung  $\alpha^x$  angebracht worden (Bild 3). Wird ein Anpressbügel verwendet (Bild 13), so kann das Bohren eines Loches vermieden werden. Am besten wird ein fester Wert des Verformungswinkels angenommen, z. B.  $\alpha^x = 1/K$ .

Die Biegemomente ergeben sich dann als die  $k$ -fachen Ordinaten der Modellverformung

$$M = K \cdot \delta^x$$

Bild 5. Auswertung von Einflussflächen, Modellausschnitt mit Verformer in A und Messuhr in B

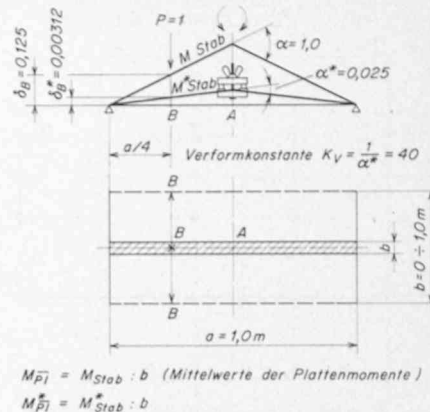
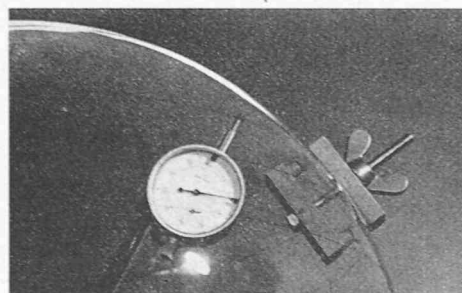
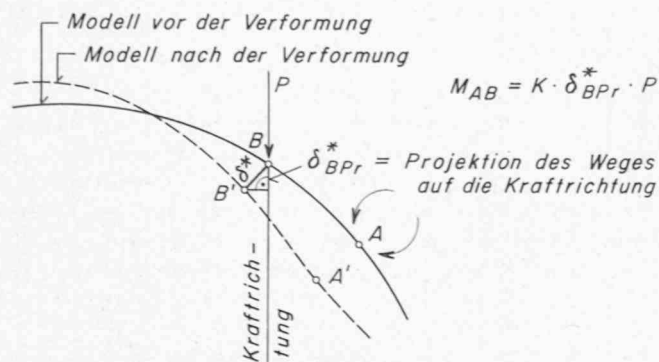


Bild 6. Übergang eines zweiseitig gelagerten Stabes in eine zweiseitig gelagerte Platte

Durch Anpressen des Verformungswinkels  $\alpha^x$  in der gewünschten Richtung können Einflussflächen auf einfache Art und hinreichend genau bestimmt werden. Indem der Verformer gedreht wird, können Biegemomente für jede beliebige Richtung und damit auch Haupt- und Torsionsmomente ermittelt werden.

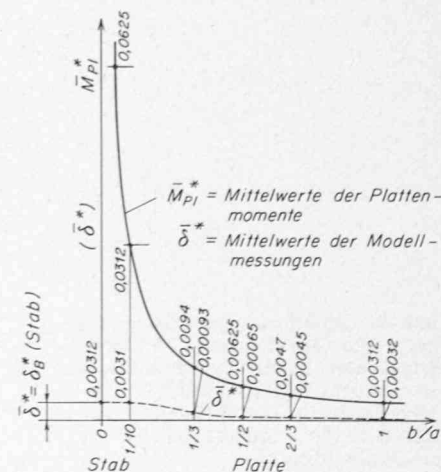
Als wesentlicher Vorteil der Methode ist der Umstand zu werten, dass keine Belastungen aufzubringen sind. Die einzelnen, mit einer gewöhnlichen Messuhr durchgeführten Messungen können daher unmittelbar nacheinander erfolgen. Die Methode und der Versuchsaufbau sind aus Bild 4 resichtlich.

#### Auswertung der Einflussflächen

Die Verformungsmessungen  $\delta^x$  werden am besten senkrecht zur Fläche aufgetragen, z. B. für ein Zylinderrohr radial. Das Einflussfeld gilt dann für Kräfte, die in Richtung der Verformungsmessung wirken.

In der Praxis interessieren vielfach auf das ganze Tragwerk parallel wirkende Kräfte. In diesem Fall wäre auch das ganze Modell entsprechend in der gleichen, feststehenden Richtung auszumessen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die virtuelle Arbeit einer Kraft, deren Angriffspunkt seine Lage ändert, gleich dem Produkt aus Kraft und Projektion des Weges auf die Krafrichtung ist (Bild 5).

Bild 7. Zusammenhang zwischen Modellmessungen und Plattenmomenten



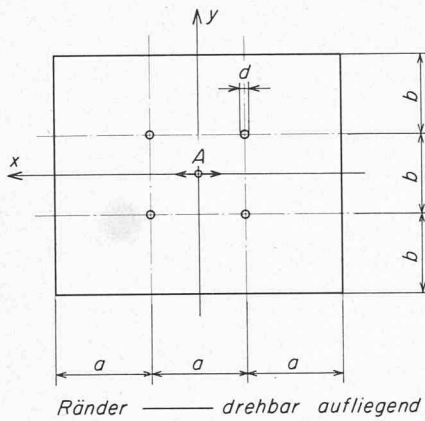
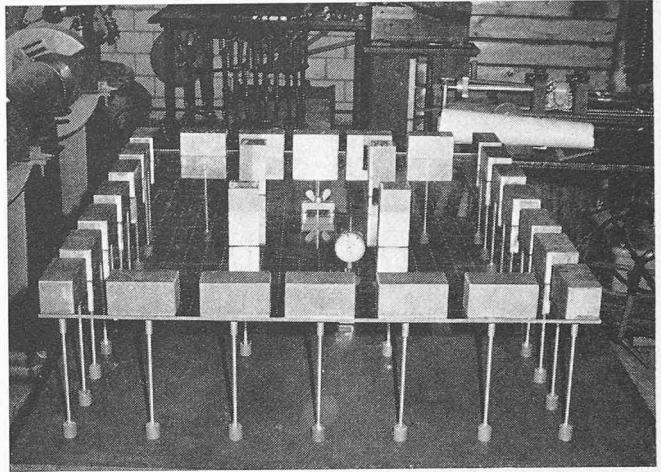


Bild 8. Pilzdecke mit vier Innenstützen

Bild 9 (rechts). Pilzdecke, Modellversuch mit Plexiglasplatte



**Massstab-Betrachtungen**

Gegeben sei ein Stab mit der Länge  $a = 1$  m und der Breite  $b = 0$ . Wächst nun die Breite  $b$  z.B. von 0 bis 1 m, so geht der Stab in eine zweiseitig gelagerte Platte über (Bild 6). Der Mittelwert des Plattenmoments  $\bar{M}_{Pl}$  wird erhalten, indem das Stabmoment  $M_{St}$  durch die Plattenbreite  $b$  dividiert wird.

Um den Zusammenhang zwischen den Modellmessungen  $\delta^x$  und den Mittelwerten der Plattenmomente  $\bar{M}_{Pl^x}$  zu ermitteln, sind durch Modellversuche mit verschiedenen, zweiseitig gelagerten Platten ( $b/a = 1/10, 1/3, 1/2, 2/3$  und 1), im Schnitt B-B die Werte  $\delta^x$  gemessen und die dazugehörigen Mittelwerte  $\bar{\delta}^x$  bestimmt worden. Die Ergebnisse sind tabellarisch (Tabelle 1) und graphisch (Bild 7) zusammengestellt.

Es ergibt sich folgende Beziehung:

$$\bar{M}_{Pl^x} = 10 \cdot \bar{\delta}^x$$

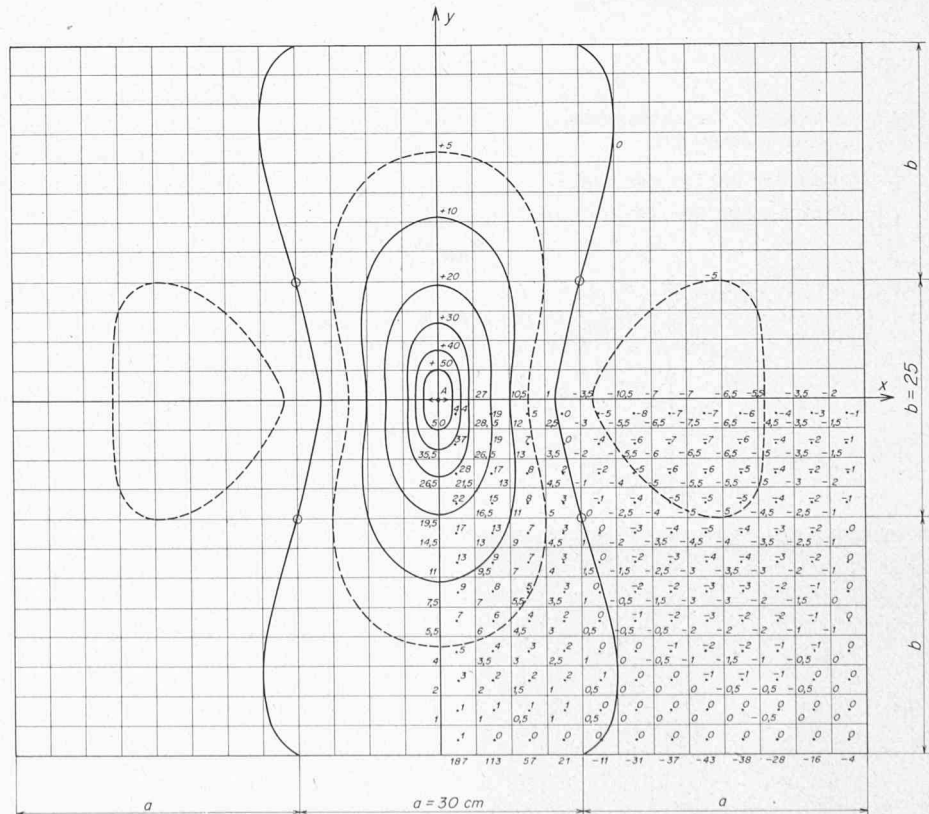
d. h. das mittlere Plattenmoment entspricht dem 10fachen Wert der mittleren Modellverformung.

Tabelle 1. Zusammenhang zwischen Modellmessungen  $\bar{\delta}^x$  und Plattenmomenten  $\bar{M}_{Pl^x}$

$b/a$	$\bar{M}_{Pl}$ ( $M_{St} : b$ )	$\bar{M}_{Pl^x}$ ( $M_{St^x} : b$ )	$\bar{\delta}^x$ (Mittl. Verformung im Schnitt B-B gemessen)	Verhältnis $\bar{M}_{Pl^x} : \bar{\delta}^x$
1,0	0,125	0,00312	0,00032	10
0,667	0,187	0,0047	0,00045	10
0,50	0,250	0,00625	0,00065	10
0,333	0,375	0,0094	0,00093	10
0,10	1,25	0,0312	0,00310	10
0,00	$\infty$	$\infty$	0,00312	8

Stab Platte  
 $\bar{M}_{Pl^x} = 10 \cdot \bar{\delta}^x$

Bild 10. Modellmessungen.  $M_x$ -Einflussfläche für den Punkt A ( $\delta^x$ -Werte in 1/1000 mm). Ränder drehbar aufliegend.  $\alpha^x = 0,025$  (Anpresswinkel); Modellplatte  $d = 5$  mm Plexiglas;  $\Sigma \delta^x = 4 \cdot 170 = 680/100$  mm = 6,8 m = 0,0068 m





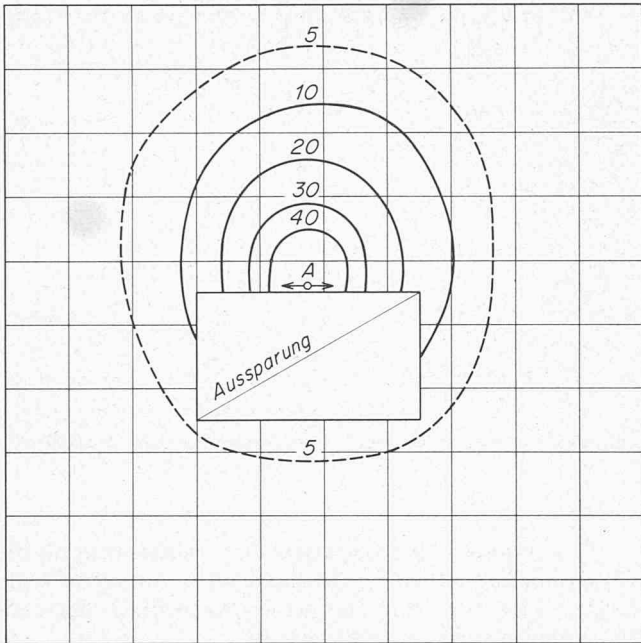


Bild 11. Quadratische Platte mit Aussparung

Die Formel für die Biegemomente

$$M = K \cdot \delta^x \text{ geht somit in}$$

$$M = K_v \cdot 10 \cdot \delta^x \text{ über.}$$

$$\text{Verformer-Konstante } (K_v = 1/\alpha^x)$$

Allgemein gelten folgende Beziehungen:

a) Für Einzellasten  $P$ :

$$|M_{Pl} = K_v \cdot 10 \cdot \delta^x \cdot P = K \cdot \delta^x \cdot P|$$

b) Für Flächenbelastung  $p$ :

$$|M_{Pl} = K_v \cdot 10 \cdot \Sigma \delta^x \cdot \Delta F \cdot p = K \cdot V \cdot p|$$

(Vergleiche Pucher-Tabellen § 4, Auswertung der Einflussfelder).

Bild 13. Eingespannte Kreiszyklinderschale. Modellversuch. Der Verformer wurde hier mit einem Bügel angepresst

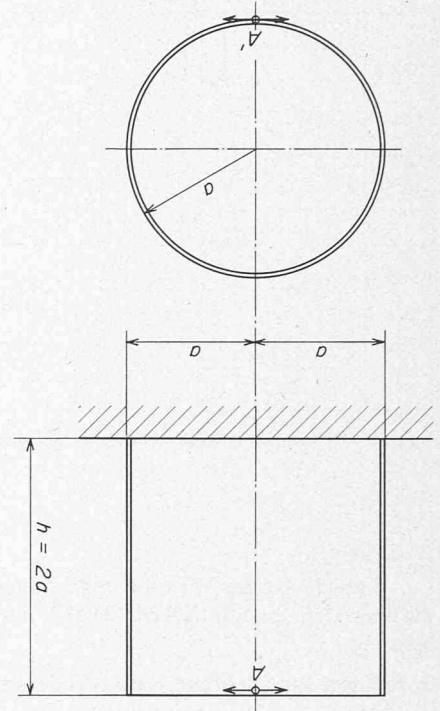
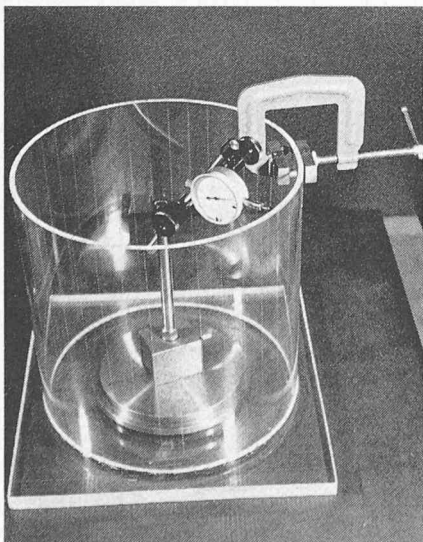


Bild 12. Eingespannte Kreiszyklinderschale

### Anwendungsbeispiele

#### 1. Beispiel

Gesucht ist die  $M_x$ -Einflussfläche für die Feldmitte im Punkt A der in den Bildern 8, 9 und 10 dargestellten Pilzdecke: Festwerte der Pilzdecke:  $a/b = 1,20$   $U/a = 0,12$

$$U = 0,866 \cdot d \text{ (Kreisstütze)}$$

**Auswertung der Ergebnisse und Vergleich mit den Tabellenwerten für unterzugslose Decken nach Prof. Dr. B. Thürlimann und dipl. Ing. D. Pfaffinger**

*Belastung:*

$g = 1 \text{ t/m}^2$  gleichförmig verteilt über die ganze Decke.

*Modellmessung:*

$a = 30 \text{ cm}$ ,  $b = 25 \text{ cm}$  Verformer-Konstante  $K_v = 40$

$$\frac{b}{a} = 0,833, \quad b = 0,833 \cdot a$$

$$\Delta F = \frac{a}{8} \times \frac{0,833 \times a}{8} = 0,0130 a^2$$

$$\Sigma \delta^x = \frac{680 \text{ mm}}{100} = 0,0068 \text{ m}$$

$$M_{Ax} = K_v \cdot 10 \cdot \Sigma \delta^x \cdot \Delta F \cdot g$$

$$M_{Ax} = 40 \cdot 10 \cdot 0,0068 \cdot 0,013 \cdot a^2 \cdot 1,0 = 0,0354 a^2$$

*Nach Tabelle von Prof. Thürlimann:*

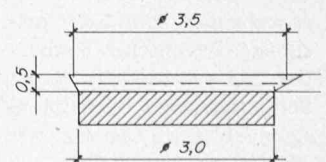
(Ausgabe 1967, Seite 96)

$$(30) \frac{b}{a} = 1,25 \quad \frac{c}{b} = 1,00 \quad \frac{c}{a} = 1,25 \quad \frac{U}{a} = 0,12$$

$$(25) \frac{U}{a} = 0,12$$

Kreisstützen:  $U = 0,886 \cdot \varnothing = 3,1$

$$\frac{U}{a} = \frac{3,1}{25} = 0,12$$



$$M_{Ax} = 0,0496 \cdot 25^2 = 0,0344 \cdot a^2$$

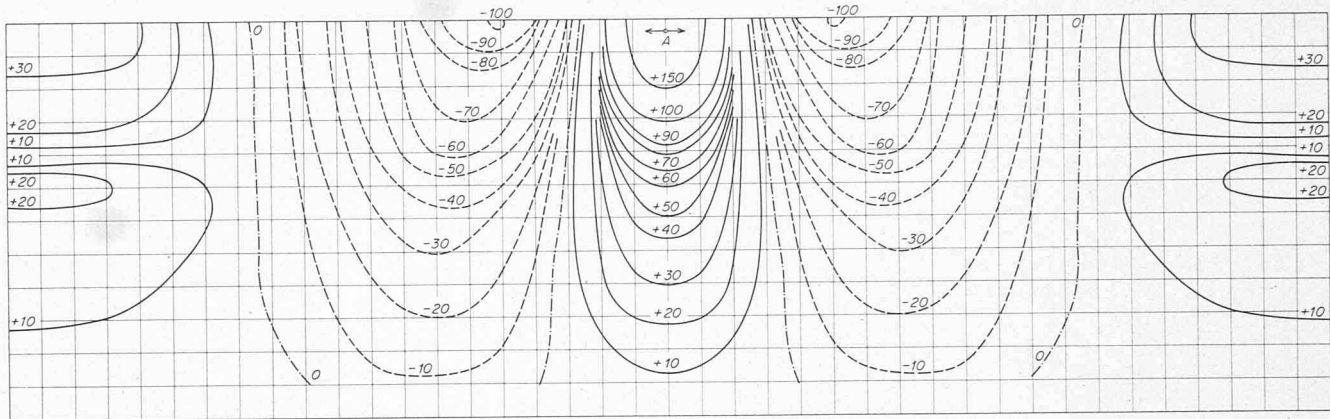


Bild 14. Modellmessungen an einer eingespannten Kreiszyinderschale. Momenteneinflussfläche im Punkt A am oberen Rand ( $\delta^*$  in 1/100 mm)

## 2. Beispiel:

Gesucht ist die  $M_x$ -Einflussfläche im Punkt A einer frei-aufliegenden quadratischen Platte mit rechteckiger Aussparung.

## 3. Beispiel: Eingespannte Kreiszyinderschale.

Gesucht ist die Momenten-Einflussfläche im Punkt A am oberen Rand für radiale Kräfte.

## Zusammenfassung

Die modellstatische Ermittlung von Einflussflächen für Biegemomente in Platten und Schalen können mit Hilfe eines besonderen Verformers durch Aufpressen des Verformungswinkels  $\alpha^*$  in der gewünschten Richtung auf einfache Art verhältnismässig rasch und hinreichend genau bestimmt werden.

Die Verformer-Methode eignet sich insbesondere für die Auswertung komplizierter Flächentragwerke, für welche keine Tabellen vorhanden sind und der Aufwand durch Benützen des Computers nicht gerechtfertigt ist.

Die Genauigkeit der Ergebnisse wird wesentlich erhöht, wenn in zwei Lagen (innen und aussen) gemessen wird. Ein grosser Vorteil der Methode ist, dass keine Belastungen aufzubringen sind. Die Messungen können mit einer gewöhnlichen Messuhr unmittelbar nacheinander durchgeführt werden.

Adresse des Verfassers: Ernst Wälli, dipl. Ing. ETH, Alpenstrasse 3, 9320 Arbon.

# Das Bauplatzpraktikum des Hochbauzeichnerlehrlings

## Das «Schaffhauser-Modell»

DK 374.5:69

### Gesetzliche Grundlagen und deren Interpretation

Im «Reglement über die Ausbildung und die Lehrabschlussprüfung für den Beruf des Hochbauzeichners», vom 13. Januar 1969, wird unter Art. 1<sup>2</sup> und 4<sup>4</sup> ein Bauplatzpraktikum von ungefähr 6 Monaten vorgeschrieben. Dem Wortlaut von Art. 4<sup>4</sup> entsprechend soll das Praktikum in der «Beihilfe bei der örtlichen Bauführung» bestehen. Detaillierte Weisungen über die Durchführung sind in diesem Reglement nicht enthalten.

Gestützt auf diese Grundlage, hat die Arbeitsgruppe A2 der SIA-Fachgruppe für Architektur (FGA) zusammen mit dem Bund Schweizer Architekten (BSA), dem Verband freierwerbender Schweizer Architekten (FSAI), dem Schweizerischen Technischen Verband (STV) sowie unter Mitwirkung des Schweizerischen Baumeisterverbands (SBV) und der Schweizerischen Vereinigung der Baufachlehrer (SVB), die «Empfehlung für die Durchführung des Bauplatzpraktikums der Hochbauzeichnerlehrlinge» (SIA Nr. 1071\*) aufgestellt, die am 1. Juli 1975 in Kraft gesetzt wurde.

Die Empfehlung 1071\* geht bewusst über die vom Gesetzgeber geforderte «Beihilfe bei der örtlichen Bauführung» hinaus und setzt sich zusätzlich für Einführungskurse zum Bauplatzpraktikum sowie für praktische Tätigkeit auf Baustellen oder in Werkstätten, Praktikumsurse oder systematische Besichtigungen ein. – Diese letztgenannte Formulierung, die einen weiten Spielraum bei der Gestaltung des Praktikums offen lässt, ist ein Kompromiss auf die Kernfrage: Soll der Zeichnerlehrling auf der Baustelle lediglich zusehen oder zeitweilig auch selbst Hand anlegen nach dem Motto «hören – sehen – machen»? – Tatsächlich stellt sich ein Teil der Lehrmeister den Bauplatzpraktikanten ausschliesslich als Gehilfen des örtlichen Bauführers und als «Zuschauer» vor, während ein anderer Teil einen zeitweisen manuellen Einsatz des Lehrlings befürwortet, damit dessen Verständnis für die Möglichkeiten der Bauausführung geweckt werde.

Erfahrungen seit Inkraftsetzung des Ausbildungsreglements haben bewiesen, dass beide Wege zum Erfolg führen können, wenn das Bauplatzpraktikum gezielt und konsequent