

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 82 (1964)  
**Heft:** 35

**Artikel:** Definition und Theorien der Steifeziffer: Vortrag  
**Autor:** Henke, Karl Friedrich  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-67565>

### **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>**

Von Dr.-Ing. Karl Friedrich Henke, Leiter der Abteilung für Erd- und Grundbau des Otto-Graf-Institutes der TH Stuttgart

Vortrag, gehalten an der Frühjahrstagung der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Foundationstechnik am 24. April 1964 in der Aula der Universität Freiburg i. Ü.

Einleitung

Die in der Foundationstechnik bestehende Aufgabe, die Verformungen eines Gründungskörpers zu berechnen, wird mit Hilfe der mathematischen Ansätze der Elastizitätstheorie gelöst. Es ist daher zweckmässig, sich mit den Voraussetzungen der Elastizitätstheorie im Hinblick auf den Boden auseinanderzusetzen.

1. Grundlagen

Die elastischen Grundgleichungen [1] werden aus der Betrachtung des Verformungszustandes eines Parallelepipedes gewonnen, das einem räumlichen Spannungszustand unterworfen ist. Es gelten die Beziehungen:

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{1 + \mu}{E} \sigma_x - \frac{\mu}{E} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \\ \epsilon_y &= \frac{1 + \mu}{E} \sigma_y - \frac{\mu}{E} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \\ \epsilon_z &= \frac{1 + \mu}{E} \sigma_z - \frac{\mu}{E} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \end{aligned} \tag{1}$$

Die Gleichungen (1) werden häufig auch als das erweiterte Hooke'sche Gesetz bezeichnet, das für den Fall der einaxialen Beanspruchung ( $\sigma_x = \sigma_y = 0$ )

$$\epsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} \tag{1a}$$

wird und also definitionsgemäss die Bestimmung der darin vorkommenden Konstante  $E$  zulässt, wenn  $\sigma_z$  und  $\epsilon_z$  als Messgrössen vorliegen. Mit  $\mu = 1/m$  wird die Querkontraktionszahl (Poissonsche Konstante) bezeichnet. Die Querkontraktionszahl  $\mu$  lässt sich aus einem einaxialen Kompressionsversuch, bei dem z.B. die axiale Belastung in der  $z$ -Richtung erfolgte, aus der zweiten der Gleichungen (1) bestimmen. Mit (1a) ergibt sich

$$\mu = - \frac{\epsilon_y}{\epsilon_z} \tag{1b}$$

Das negative Vorzeichen rührt von der Konvention her, die Kontraktion als positiv einzusetzen.

Die Dehnungen in den Koordinatenrichtungen  $x, y, z$  sind durch die Differentialquotienten

$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \tag{2}$$

charakterisiert. Diese Kennzeichnung ist also an die Bedingung geknüpft, dass die Verschiebungen  $\partial u, \partial v, \partial w$  klein sind gegenüber den Bezugslängen. Ist das nicht der Fall, dann können die Glieder höherer Ordnung, die beim zu behandelnden Problem auftreten, nicht mehr vernachlässigt werden. Ist jedoch die Belastung im Verhältnis zum  $E$ -Modul so, dass die Verformungen klein bleiben, dann lässt sich diese Theorie mit Erfolg anwenden.

Weiterhin treten unter der Einwirkung von Scherspannungen Gestaltänderungen

$$\begin{aligned} \gamma_{xy} &= \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\tau_{xy}}{G} \\ \gamma_{yz} &= \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} = \frac{\tau_{yz}}{G} \\ \gamma_{zx} &= \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\tau_{zx}}{G} \end{aligned} \tag{3}$$

ein, bei denen die Proportionalität zu den Schubspannungen  $\tau$  durch den Schubmodul  $G$  gegeben ist, der bekanntlich mit  $E$  und  $\mu$  in der Beziehung

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \tag{4}$$

steht. Die räumliche Dehnung  $e$ , die sich aus den drei Komponenten

$$e = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z \tag{5}$$

zusammensetzt, ergibt sich mit Gleichung (1) zu

$$e = \frac{1 - 2\mu}{E} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \tag{5a}$$

und tritt dann nicht auf, wenn  $\mu = 0,5$  und  $E > 0$  ist oder es sich um einen starren Körper ( $\mu = 0, E = \infty$ ) handelt. In diesem Falle hat man es also entweder mit volumenkonstanten, inkompressiblen Stoffen zu tun, die weich oder flüssig sein können, aber einen endlichen  $E$ -Modul besitzen, oder mit starren Medien. Der für diese Betrachtung triviale Fall der reinen Schubbeanspruchung, bei dem sich ebenfalls keine Dehnung ergibt, braucht nicht weiter behandelt zu werden.

Ein anderer Fall, der häufig auftritt, ist der einaxiale Formänderungszustand, bei dem z.B. eine Belastung  $\sigma_z$  vorhanden ist und in den Richtungen  $x$  und  $y$  keine Deformation  $\epsilon_x$  und  $\epsilon_y$  auftritt. Aus den Gleichungen (1) lässt sich wiederum direkt ableiten, dass

$$\epsilon_z = \frac{1 - \mu - 2\mu^2}{1 - \mu} \frac{\sigma_z}{E} \tag{6}$$

ist. Vergleicht man Gleichung (1a) mit (1b), so besteht der Unterschied in einem Proportionalitätsfaktor, und es könnte Gleichung (6) nach Einführung einer Grösse

$$E^* = \frac{1 - \mu}{1 - \mu - 2\mu^2} E \tag{7}$$

in der Form

$$\epsilon_z = \frac{\sigma_z}{E^*} \tag{6a}$$

geschrieben werden. Es ist daraus zu ersehen, dass bei einem Zusammendrückenversuch mit behinderter Seitendehnung die Querkontraktionszahl  $\mu$  überlagernd auftritt. Eine Bestimmungsmethode für die Querkontraktionszahl  $\mu$  wäre z.B. durch Messung der Dehnungen  $\epsilon_z$  in einem Versuch mit unbehinderter und einem mit behinderter Seitendehnung gegeben. Unter entsprechenden Laststufen wären dann  $E$  und  $E^*$  bekannt, und  $\mu$  liesse sich aus der quadratischen Gleichung (7) berechnen.  $E^*$  ist ein Kennwert für das Zusammendrückenverhalten unter behinderter Seitenausdehnung und soll im folgenden unter weiteren Festlegungen Steifeziffer genannt werden.

Unter Ausschluss von Zugspannungen, die ein Boden nicht übertragen kann, ist die Elastizitätstheorie unter gewissen Einschränkungen auf Böden anwendbar.

2. Die Verformungsberechnung im Halbraum

Die eigentliche Verformungsberechnung oder speziell die Berechnung der vertikalen Baugrundverformung, der Setzung  $s$ , geschieht nach dem allgemeinen Ansatz

$$s = \int_{z_0}^{z_1} \frac{\sigma_z}{E} dz \tag{8}$$

Die mit  $\sigma_z$  bezeichneten vertikalen Normalspannungen können mit Hilfe einer Spannungsverteilungsfunktion berechnet werden. Dem Verfasser sind für die Verteilung von Normalspannungen, die an der Halbraumoberfläche angreifen, folgende Ortsfunktionen bekannt:

$$\sigma_z = \frac{P}{2\pi} \frac{3}{z^2 \left[ 1 + \left( \frac{r}{z} \right)^2 \right]^{5/2}} \quad \text{Boussinesq [2]} \tag{9}$$

$$\sigma_z = \frac{\nu P}{2\pi} \frac{1}{z^2 \left[ 1 + \left( \frac{r}{z} \right)^2 \right]^{(2+\nu)/2}} \quad \text{Fröhlich [3]} \tag{10}$$

$$\sigma_z = \frac{P}{2\pi} \frac{2}{z^2 \left[ 1 + 2 \left( \frac{r}{z} \right)^2 \right]^{3/2}} \quad \text{Westergaard [4]} \tag{11}$$

Ohde [5] hat eine Erweiterung bzw. Spezifizierung der Fröhlich'schen Ortsfunktion angegeben, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll. Die in diesen Ortsfunktionen  $F(z, r)$  (jeweils in Zylinderkoordinaten  $z, r$  mit  $r^2 = y^2 + x^2$ ) in Verbindung mit Gleichung (8) vorkommende Konstante ist jeweils identisch mit dem  $E$ -Modul.

Nach dem Superpositionsprinzip kann jede Flächenlast in kleine Elementarbelastungen aufgelöst werden, die innerhalb des Lastbereichs  $B$  integrierbar sind.

$$\sigma_z = \int_B \int_B p(\xi, \eta) \cdot F(z, r) \cdot d\xi d\eta \tag{12}$$

Dieser Integralausdruck liegt allen Spannungsverteilungsgesetzen zugrunde. Für die Boussinesqsche Ortsfunktion sind z.B. Kreisflächenbelastungen, Rechteck, Streifen und andere Lastflächen untersucht worden. Aber unabhängig von der Art der Verteilung kommt für die Setzungsermittlung immer wieder der  $E$ -Modul in die Berechnung hinein. Die Ergebnisse sind auch grösstenteils tabuliert oder in Form von dimensionslosen Einflusswerten aufgetragen.

Die Vertikalverformung  $w$  im Halbraum unter der Wirkung einer Einzellast hat Boussinesq mit ( $R^2 = r^2 + z^2$ ) zu

$$(13) \quad w = \frac{P(1 + \mu)}{2\pi E} \left[ \frac{2(1 - \mu)}{R} + \frac{z^2}{R^3} \right]$$

angegeben. Die Einsenkung  $s$  der Oberfläche unter einer kreisförmigen, biegesteifen Last vom Radius  $r$  hat *Schleicher* [6] mit

$$(14) \quad s = \frac{1 - \mu^2}{E} \frac{\pi r \sigma}{2}$$

angegeben. Führt man eine weitere Grösse

$$(15) \quad E^{**} = \frac{E}{1 - \mu^2}$$

ein, so ergibt Gleichung (14)

$$(14a) \quad E^{**} = \frac{\pi r \sigma}{2 s}$$

Der Faktor  $1 - \mu^2$  tritt übrigens bei allen Verformungsberechnungen auf, die sich auf den Ansatz nach Gleichung (13) gründen. Demgegenüber ist natürlich der heute für Setzungsberechnungen übliche Ansatz nach Gleichung (8) eine Vereinfachung, die durch Vernachlässigen der Grösse  $\mu^2$  entsteht. Der mögliche Grössenbereich  $0 > \mu > 0,5$  lässt erkennen, dass  $E^{**}$  maximal das 1,33fache von  $E$  betragen kann, also die nach  $E^{**}$  berechneten Setzungen das 0,75fache der nach  $E$  berechneten ausmachen könnten.

### 3. Konsolidation und Zeitsetzungsverhalten

Nicht nur zur Lösung der Verformungsberechnung wird der  $E$ -Modul herangezogen, sondern auch in der Konsolidationstheorie. Die von *Terzaghi* aufgestellte Differentialgleichung der eindimensionalen Konsolidation [7] lautet

$$(16) \quad \frac{\partial p_u}{\partial t} = \frac{k}{\gamma_w m_{vc}} \frac{\partial^2 p_u}{\partial z^2}$$

Hierin bedeuten

- $t$  = Zeitveränderliche
- $z$  = Ortsveränderliche
- $p_u$  = Porenwasserüberdruck
- $k$  = spezifische Durchlässigkeit
- $\gamma_w$  = spezifisches Gewicht des Wassers
- $m_{vc}$  = Verdichtungsziffer

Der Reziprokwert der Verdichtungsziffer ist mit der Steifeiziffer  $E^*$  identisch, weswegen diese Gleichung auch in der Form

$$(16a) \quad \frac{\partial p_u}{\partial t} = \frac{E^* k}{\gamma_w} \frac{\partial^2 p_u}{\partial z^2}$$

geschrieben werden kann. Aus diesem Zusammenhang heraus ist vielleicht der Gebrauch der Bezeichnung «Steifeiziffer» eher verständlich. Nach den Voraussetzungen der Konsolidationstheorie müssen  $m_{vc}$  und mithin auch  $E^*$  im Konsolidationsbereich konstant sein, also

$$E^* = \frac{\Delta \sigma}{\Delta (\Delta h/h)}$$

gelten.

Von *Biot* [8] wurde an der Terzaghischen Theorie bemängelt, dass die darin eingeführte Steifeiziffer  $E^*$  lediglich in den Sonderfällen der tatsächlich eindimensionalen Konsolidation angewandt werden kann, während sie für alle Arten von endlichen Belastungen, also bei allen Grundbauwerken, streng genommen, nicht anwendbar ist. *Biot* führt in seiner «Generellen Theorie der dreidimensionalen Konsolidation» wieder den  $E$ -Modul ein, kommt aber zum Ergebnis, neben  $\mu$  und  $G$  vier weitere physikalische Konstanten einführen zu müssen. Er geht allerdings in seinen neueren Arbeiten gänzlich von der Einführung des  $E$ -Moduls ab, was aber über das hier zur Frage stehende Problem weit hinausgeht.

Generell gesehen setzt sich das Zeitsetzungsverhalten der Böden aus drei Phasen zusammen, die im Oedometerversuch zeitlich nacheinander ablaufen (siehe Bild 1). Wir unterscheiden

- a) Kurzzeitsetzung
- b) Konsolidationssetzung
- c) Langzeitsetzung

Die einzelnen Anteile sind in ihrem Einfluss auf den Gesamtbeitrag der Setzung bei den einzelnen Bodenarten verschieden gross. Zum Beispiel resultiert bei einem Kiessand die Setzung im wesentlichen aus dem Anteil a), während ein wassergesättigter, hochplastischer Ton fast ausschliesslich Konsolidationssetzung aufweist. Bei organischen Böden tritt im Versuch zeitlich nach der Konsolidation die Sekundärsetzung, die Langzeitsetzung, ein. Der zeitabhängige Modellfaktor für diesen Setzungsanteil ist nicht bekannt, so dass bezüglich des zeitlichen Ablaufs der Langzeitsetzungen aus dem Versuch keine Aussagen gemacht werden können. Diese drei Anteile treten bei jeder Laststufe mit unterschiedlicher Grösse auf und können im zeitunabhängigen Last-Setzungs-Diagramm (linke Bildhälfte von Bild 1) als «Zwischen- oder Endpunkt» der Setzung übernommen werden. Diese Punkte können dann zwischen den dort eingezeichneten Linienbereichen liegen. Die Anzahl der Geraden, die man in diesen Bereich hineinpassen könnte, ist ziemlich gross und, wie man am Neigungsmassstab erkennen kann,

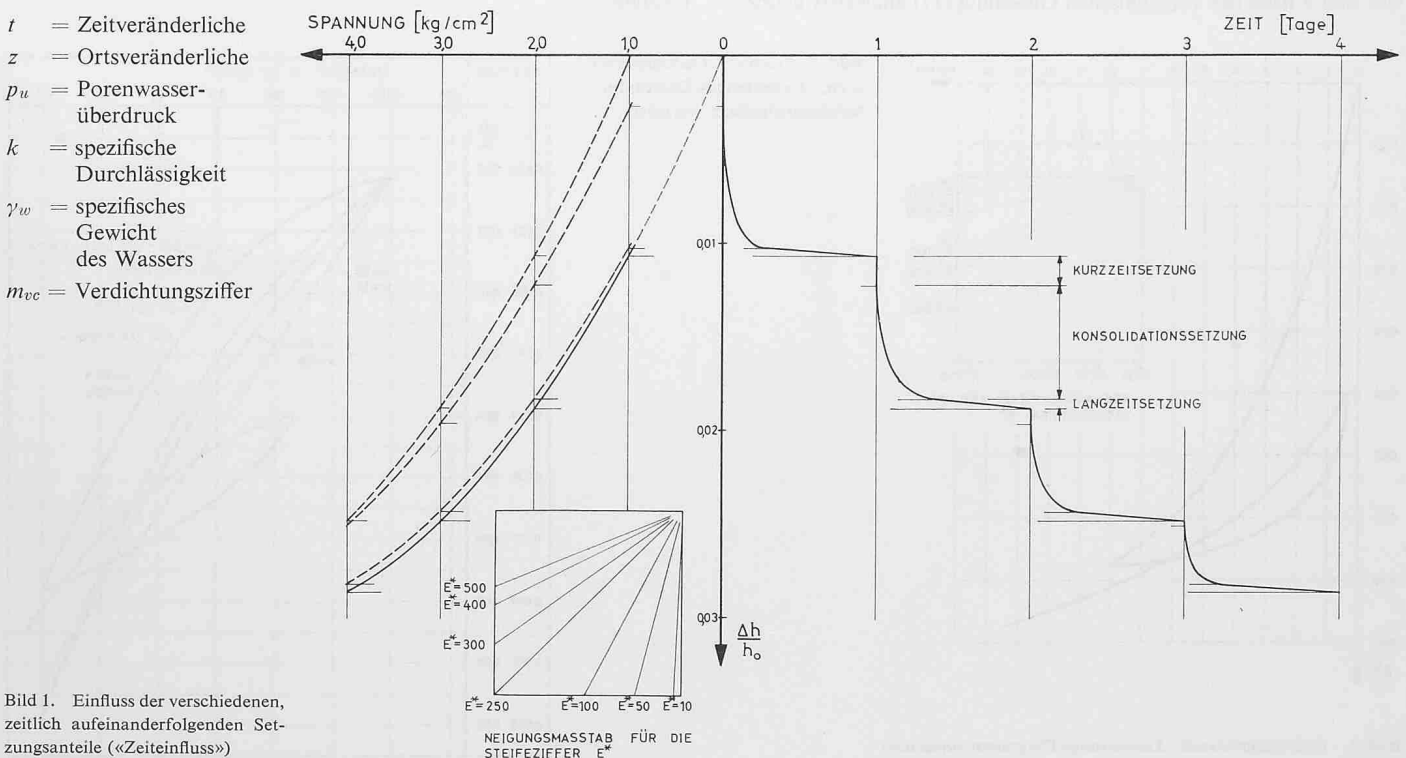


Bild 1. Einfluss der verschiedenen, zeitlich aufeinanderfolgenden Setzungsanteile («Zeiteinfluss»)

auch der entsprechende Schwankungsbereich. Die Ermittlung der Steifigkeit als Sehnenmodul einer dieser möglichen Kurven ist wahrscheinlich im Hinblick auf die Genauigkeit mit der Angabe der Gröszenordnung erschöpft.

Einigt man sich darauf, das Ende der Konsolidationssetzung als Kriterium für die Lastsetzungskurve zu übernehmen, so entsteht eine definiertere Kurve (Bild 2), deren Genauigkeit allerdings mit einer Konvention erkauft worden ist, die nicht für alle Fälle zutrifft. Will man andere Zwischenzustände erfassen, so müssen andere Lastsetzungskurven danach konstruiert werden. Der so beschriebene Einfluss sei «Zeiteinfluss» genannt.

#### 4. Das Lastsetzungsverhalten

In der Form des Druck-Porenzifferdiagramms

$$(17) \quad \varepsilon_p = \varepsilon_0 - \frac{1}{A} \ln(p + p_c)$$

hat zuerst Terzaghi [7] das Lastsetzungsverhalten der Böden charakterisiert. Darin bedeuten  $\varepsilon_p$  in Anlehnung an den internationalen Brauch die Porenziffer unter der Belastung  $p$ ,  $p_c$  den Vorbelastungspunkt,  $\varepsilon_0$  die Ausgangsporenziffer und  $A$  eine Konstante. Für die praktische Setzungsberechnung muss das Druck-Porenzifferdiagramm in ein Druck-Setzungsdiagramm umgerechnet werden, was z. B. durch Änderung der Ordinateneinteilung geschehen kann, die dann jedoch nicht mehr äquidistant ist. In der halblogarithmischen Auftragung hat das Lastsetzungsverhalten die Form von Bild 3.

Ohde [5] hat auf Grund seiner Untersuchungen für das Zusammendrückenverhalten der Böden zwei Gesetze aufgestellt.

$$(18a) \quad V = v p^w$$

$$(18b) \quad \frac{1}{V} = \frac{1}{v_1 p} + \frac{1}{v_2 \sqrt{p}}$$

Er bezeichnet das Gesetz (18b) als das genauere, zieht aber wegen der mathematischen Einfachheit bei ausreichender Genauigkeit das Gesetz (18a) vor. Mit den hier verwendeten Bezeichnungen wird Gleichung (18a)

$$(18aa) \quad E^* = v \sigma^w$$

In diesem Gesetz sind  $v$  und  $w$  experimentell zu bestimmende Parameter. In Bild 3 besitzt z. B. die ausgezogene Lastsetzungskurve die Parameterwerte  $v = 64$  und  $w = 0,66$ . Nach Ohde kann  $w$  noch mit guter Näherung für die meisten Böden als 1 gesetzt werden. Eine Variation des Kurvenverlaufs für die Parameterwerte  $v = 50$  und  $w = 0,6$ ;  $0,8$ ;  $1,0$  ist gestrichelt eingetragen. Konvexe Formen von Kurven mit  $w > 1$  kommen praktisch nicht vor. Zum Vergleich ist auch die Kurve von Bild 3 nach der Terzaghischen Gleichung (17) analysiert worden.

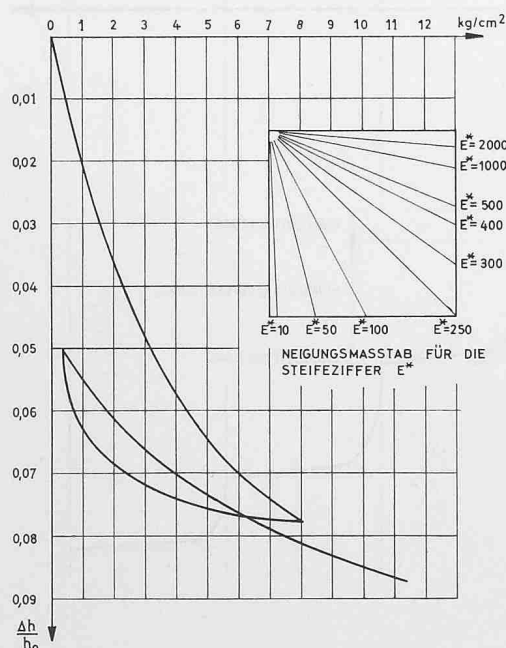


Bild 2. Oedometerversuch; Lastsetzungs-Diagramm unverzerrt

Die Parameter lauten

$$\varepsilon_0 = 0,822$$

$$A = 19,5$$

$$p_c = 0,875 \text{ kg/cm}^2$$

Jelinek [9] hat die Frage des Unterschieds beider Ansätze eingehend untersucht und kommt zum Ergebnis, dass die Ohdeschen Gleichungen (18a) und (18b) dasselbe beinhalten wie die von Terzaghi aufgestellte Gleichung (17).

Etwa ein Jahr vor der Ohdeschen Veröffentlichung wurde die von Haefeli entwickelte graphische Setzungsanalyse mitgeteilt [10]. Als Grundlage für die sehr praktische, graphische Methode dient der  $M_E$ -Wert, der Verdichtungs- oder Zusammendrückungsmodul genannt wird. Er ist definiert als

$$(19) \quad M_E = \frac{\sigma_i}{\Delta_e}$$

Mit  $\Delta_e$  wird die auf die Höhe bei Belastung mit  $1 \text{ kg/cm}^2$  bezogene Setzungsdifferenz zwischen  $1 \text{ kg/cm}^2$  und  $2,71828 \text{ kg/cm}^2$  bezeichnet. Unter den selben Versuchsbedingungen im Oedometerversuch und im Lastbereich zwischen  $\sigma_1 = 1 \text{ kg/cm}^2$  und  $\sigma_e = 2,71828 \text{ kg/cm}^2$  müssten  $1/\Delta_e$  und  $v$  einander gleich sein, mithin sich die Grössen  $M_E$  und  $E^*$  entsprechen.

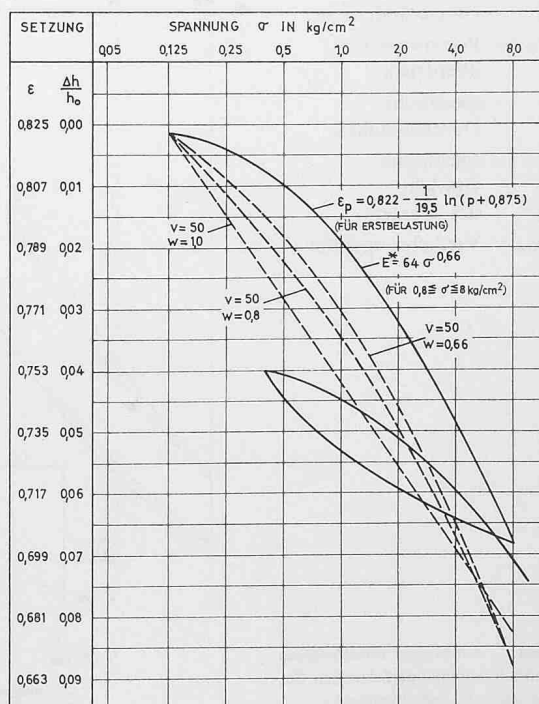
Das Lastsetzungsverhalten stellt sich also als nichtlinear heraus. Die Progression der Steifigkeit mit der Spannung kann auf diese Art verfeinerter analysiert werden als es mit der Annahme der konstanten Steifigkeit möglich ist.

Streng genommen müsste jede im Oedometerversuch ermittelte Steifigkeit  $E^*$  gemäss Gleichung (7) reduziert werden, um damit eine Setzungsberechnung ausführen zu können. Die Reduktion ist jedoch nicht ohne Kenntnis der Querdehnungszahl  $\mu$  möglich, die zu bestimmen auch nicht einfach ist. In Anbetracht der statistischen, objektiven und subjektiven Fehler bei der Bestimmung der Steifigkeit kann auch auf diese Reduktion mit Recht verzichtet werden.

Wird der  $E$ -Modul in situ bestimmt, so geschieht dies durch Messung der vertikalen Verformungen unter einer aufgetragenen Spannung und Auswertung nach Gleichung (14a). Die aus der Messung hervorgehende Grösse ist  $E^{**}$ .

Ein besonderes Problem stellen darüber hinaus Messungen unter der Halbraumoberfläche dar, insbesondere solche, bei denen Lastplatten kleine Durchmesser haben. Es sei hierzu auf neuere Arbeiten von Haefeli [11] verwiesen. Auch bei dieser Messung ist ein «Zeiteinfluss» bei bindigen Böden und der Einfluss der Nichtlinearität zu berücksichtigen. Über den Einfluss der Querdehnung gilt das oben Gesagte.

Bild 3 (rechts). Oedometerversuch; Lastsetzungs-Diagramm halblogarithmisch verzerrt





## 5. Zusammenfassung

Aus der Elastizitätstheorie, auf der die Arbeiten von Boussinesq u. a. aufbauen und die heute noch die Grundlage für alle Setzungsberechnungen bildet, sind die Grössen  $E$  und  $\mu$  definiert. Aus der Verkoppelung von  $E$  und  $\mu$  lässt sich eine Grösse  $E^*$  ableiten, die aus einem Verformungsversuch mit behinderter Seitendehnung ohne Kenntnis von  $\mu$  berechnet werden kann. Ebenfalls ohne Kenntnis von  $\mu$  kann durch Messung der Setzung einer Lastplatte an der Halbraumoberfläche eine Grösse  $E^{**}$  eingeführt werden. Nach der Boussinesqschen Theorie wäre diese Grösse den Setzungsberechnungen zugrunde zu legen. Die mit  $E^{**}$  berechneten Setzungen können auf das 0,75fache der mit  $E$  berechneten absinken. Wegen der vielen Fehlerquellen und Ungenauigkeiten ist es sicherlich nicht zweckmässig, die Korrektur mit  $\mu$  auszuführen. Die im Oedometerversuch bestimmbare Grösse  $E^*$  wird vielfach Steifefiziffer genannt. Sie spielt bei Setzungsberechnungen und Konsolidationsvorgängen eine grosse Rolle und ist als Sehnenmodul definiert. Alle den Spannungseinfluss (Progression) darstellenden Steifefizifferansätze lassen sich auf das von Terzaghi aufgestellte Gesetz zurückführen.

### Schlussbemerkung

Dieser Beitrag stellt die umgearbeitete Wiedergabe des vor der Schweizerischen Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundamentechnik in Fribourg am 24. April 1964 gehaltenen Vortrags dar. Dem Präsidenten der Gesellschaft, Dipl.-Ing. Ch. Schaefer, sei an dieser Stelle für die Vortragseinladung und die Zustimmung gedankt, den Vortrag in etwas erweiterter Form darlegen zu dürfen. Professor Dr. Haefeli und Professor Dr. Jelinek ist der Verfasser für die konstruktiven Diskussionsbeiträge dankbar.

## Der Verkehrsplaner und sein Haus

### Ein (leider) nicht ganz wahres Märchen

Es war einmal ein Planer städtischer Verkehrsanlagen. Der hatte eine Frau, die hatte er sehr lieb, und zwei Kinder. Aber er zählte noch nicht viele Jahre und dachte an die Zukunft und ans Alter und dass man vorsorgen müsse. So wollte er sich ein Haus bauen, und zwar eines, das auch in späteren Jahren ihm und seinen Lieben noch recht sein würde. Darum ging er zu einem Architekten, und zu diesem sagte er:

«Lieber Freund, du sollst mir ein Haus bauen! Aber schau, ich komme nicht unvorbereitet zu dir. Ich will dir zeigen, was ich brauche.» Und der Verkehrsplaner nahm etliche Tabellen und graphische Aufzeichnungen hervor. «Betrachte zuerst diese Zeichnung! Hier habe ich auf der einen Seite dieser ersten Koordinate Jahreszahlen fortlaufend aufgetragen, beginnend mit dem Jahr meiner Heirat; die andere Koordinate gibt die Zahl der Kinder, die ich habe, an – heute, nach sechs glücklichen Jahren, sind es zwei. Wenn ich nunmehr die Linie vom Nullpunkt meiner Koordinaten durch den Punkt 1964/2 Kinder gleichmässig verlängere, so siehst du, dass ich im Jahr 1980 7 Kinder haben werde. Dann aber wird auch meine liebe Mutter alt geworden sein, und wir werden sie zu uns nehmen. Auch sind wir gastliche Leute und freuen uns gerne der Freunde – zwei bis drei haben wir immer um uns! Zähl' jetzt zusammen und denk dir noch einen oder zwei Bediente dazu: so kommst du auf 15 Menschen, die in meinem Hause wohnen werden, 20 Räume wird es darum wohl haben müssen.

«Aber ich habe auch noch ans Übrige gedacht», setzte der Verkehrsplaner seinen Vortrag fort und breitete neue Zusammenstellungen vor dem staunenden Architekten aus. «Hier habe ich errechnet, wieviel an Bädern, Duschen, Aborten für meine zahlreichen Lieben nötig sein wird. Ich habe Zählapparate an den Türen meiner jetzigen Wohnung angebracht und nach fünf Wochen herausgefunden, dass die Spitzenzeiten der Benützung dieser Örtlichkeiten jeden Morgen zwischen 7.30 h und 7.45 h und an Samstagen zwischen 18 h und 19 h liegen. Extrapoliere ich die Benützungsdichte, welche zu diesen Stunden sich ergeben hat, auf das Jahr 1980, so komme ich auf den folgenden Bedarf: 5 Toiletten, 3 Bäder und 2½ Duschen, allenfalls, wenn ich alle Zu- und Weggänge kreuzungsfrei anordne, je eine halbe Einheit weniger. Übrigens: Organisatorisch kann ich mir das Haus nicht gut anders als auf vier Ebenen vorstellen. Hier auch dazu ein kleines Schema. «Und ebenso, das siehst du jetzt auf dieser Darstellung, habe ich die Küche nach den Stosszeiten berechnet: 7 Kochplatten und ein Kühlschrank von 378 Litern.»

«Ich hoffe, ich ermüde dich nicht zu sehr, lieber Freund Architekt, aber jetzt kommt noch das wichtige Problem der Garagierung!

## Literatur

- [1] Föppl, A. und L.: Drang und Zwang – Eine höhere Festigkeitslehre für Ingenieure. Band 1–3. Auflage 1941, München, Oldenbourg-Verlag
- [2] Boussinesq: Application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques. 1885 Paris, Gauthier-Villard
- [3] Fröhlich: Die Druckverteilung im Baugrunde. 1934 Wien, Springer-Verlag
- [4] Westergaard: A problem of elasticity suggested by a problem in soil mechanics: Soft material reinforced by numerous strong horizontal sheets. Festschrift zu Timoshenkos 60. Geburtstag. New York. 1938
- [5] Ohde: Zur Theorie der Druckverteilung im Baugrund. «Der Bauingenieur» 20 (1939) H. 33/34, S. 451
- [6] Schleicher: Zur Theorie des Baugrundes. «Der Bauingenieur» 7 (1926) H. 48, S. 931
- [7] Terzaghi-Jelinek: Theoretische Bodenmechanik. 1954 Berlin, Springer-Verlag
- [8] Biot: General theory of three-dimensional consolidation. «Journ. Appl. Phys.» 12 (1941) S. 155
- [9] Jelinek: Die Zusammendrückbarkeit des Baugrundes. «Strassen- und Tiefbau» 3 (1949) H. 4, S. 103
- [10] Meyer-Peter: Berechnung der Setzung von Bauwerken. Erdbaukurs der ETH Zürich 1938. SBZ Band 112 (1938) No. 6
- [11] Haefeli: Neuere Untersuchungen und Erkenntnisse über das Verhalten von Pfählen und deren Anwendung in der Praxis der Pfählfundationen. SBZ 79 (1961) H. 25 und H. 26  
Haefeli und Bucher: New methods of determining bearing capacity and settlements of piles. Proc. 5. Intern. Conf. Soil Mech. Found. Engg. 1961. Paris, Dunod. Band 2, S. 65

DK 656.007

Der Kopffzahl meiner Familie entsprechen nach den heute als zuverlässig geltenden Prognosen im Stichjahr 1980 5½ Wagen, welche Zahl wohl zweckmässig – um auch noch ein bisschen Reserve zu haben – auf 6 aufgerundet wird. Also: 6 Garagen und ein Parkplatz mit 6 Abstellplätzen, getrennte Zu- und Wegfahrt mit Einbahnverkehr je auf 5 m dimensioniert, plus Abstellstreifen, plus Trottoir – das versteht sich ja von selbst.»

«Nun, du siehst», schloss der Verkehrsplaner seine kleine Ansprache, «ich habe mir Mühe gegeben, gründliche Vorarbeit zu leisten. Ich lasse dir jetzt diese Prognosen und Pläne da und hoffe, dass du mir bald ein Projekt machen wirst.»

«Du wunderst mich!», sagte jetzt der Architekt, und er machte grosse Augen – vielleicht sah er in seinem Innern einen Palast mit vielen Zinnen, Türmen und Erkern prächtig schimmern –, «und es freut mich natürlich, dass du zu mir gekommen bist! Aber du musst mir noch ein paar einfachere Sachen sagen: Ich möchte noch dein Grundstück sehen – ich meine deinen Park, deine Wiesen, dein Tal. Und vielleicht wäre es doch auch gut, wenn du mir angeben würdest, was im Ganzen etwa du dein Haus dir kosten lassen willst.»

«Ach, ja! Bald hätt' ich das vergessen!» versetzte der Planer und griff noch einmal in die Mappe: «Auf diesem Plänchen ist mein Grundstück eingetragen. Es liegt hübsch am Fusse eines Kirchhügels,

