

# Die Wechselwirkung Boden-Bauwerk aus der Sicht des Konstrukteurs

Autor(en): **Soretz, Michael / Soretz, Stefan**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **9 (1972)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-9573>

## **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.

**Die Wechselwirkung Boden—Bauwerk aus der Sicht des Konstrukteurs**

Interaction between Soil and Structure from the Point of View of the Designer

L'interaction sol—structure du point de vue du constructeur

**MICHAEL SORETZ**

Dipl.-Ing.  
Hannover, BRD

**STEFAN SORETZ**

Baurat h.c., Dr. techn.  
Wien, Oesterreich

**1. Einleitung**

Die Lasten des Bauwerkes werden über die Gründung in den Boden geleitet. Im Boden werden dadurch Setzungen verursacht. Die absoluten und relativen Setzungen des Bodens müssen mit dem möglichen Verformungsverhalten der Gründung und des Bauwerkes verträglich sein. Zur Behandlung der Probleme ist zu unterscheiden zwischen der Wechselwirkung Boden - Bauwerk und der sekundären Wechselwirkung Boden - Gründung.

**2. Wechselwirkung Boden - Bauwerk**

Sind die Setzungen unter jedem Fundament gleich gross, oder ist das Bauwerk statisch bestimmt gelagert, dann entsteht aus den Setzungen keine Beanspruchung des Bauwerkes. Sind die Setzungen jedoch verschieden gross und das Bauwerk eine vielfach statisch unbestimmt gelagerte Konstruktion, wie es dem Regelfall entspricht, dann wird das Bauwerk durch die ungleiche Absenkung der Stützen und Wände beansprucht. Diesen unterschiedlichen Setzungen passt sich das schlaffe Bauwerk mit seiner Verformung an. Das starre Bauwerk widersetzt sich der Verformung, und durch Kräfteumlagerung wird die Setzungsmulde zu einer ebenen Fläche. Der Regelfall liegt irgendwo in der Mitte zwischen den beiden Extremfällen. Die Setzungen des Bodens haben also sowohl eine Deformation des Bauwerkes als auch eine Kräfteumlagerung durch die Biegesteifigkeit des Bauwerkes zur Folge.

Zur Beurteilung der möglichen Beanspruchung oder Deformation des Bauwerkes ist die Beurteilung der Steifigkeit der Konstruktion wesentlich. Dabei ist nicht die Konstruktion für sich allein zu betrachten, sondern in bezug auf die Grösse der Setzungen des Bodens. Es ist zwischen der Bauwerks-, der Boden- und der Systemsteifigkeit zu unterscheiden. Schultze

hat 1964 (1) die von verschiedenen Autoren gewählten Ansätze für die Systemsteifigkeit zusammengestellt. Die Ansätze gelten nur unter bestimmten Voraussetzungen, die jeweils zu prüfen sind. Für hochgradig statisch unbestimmte, räumliche Konstruktionssysteme sind die Ansätze nichtanwendbar. Es bleibt damit dem Konstrukteur überlassen, durch Näherungsrechnungen in jedem einzelnen Fall zu prüfen, welche Deformation das Bauwerk mitmacht und welche Kräfteumlagerungen infolge seiner Steifigkeit entstehen.

Häufig wird bei intuitiver Beurteilung die Steifigkeit der Bauwerke stark über- oder unterschätzt. Die Erfahrung aus Setzungsmessungen zeigt einerseits, dass mehrgeschossige Mauerwerksbauten mit geschlossenem Grundriss erstaunlich steif sind. Andererseits wird die Steifigkeit von Skelettkonstruktionen in aller Regel überschätzt. Nach der Erfahrung treten in solchen Konstruktionen bei Stützensenkungen, die rechnerisch zum Bruch führen, kaum die ersten Risse auf. Diese Tatsache erklärt sich einerseits daraus, dass der Werkstoff Stahlbeton, besonders im jungen Zustand, unter der Beanspruchung durch Zwangskräfte kriecht, andererseits daraus, dass sich die Systemsteifigkeit durch die Stützensenkung verändert (2). Weitgehend bekannt und unserer Erfahrung nach sehr praxisnahe sind die von Skempton (3) angegebenen Grenzwerte für die Verdrehung  $\Delta s/l$  in üblichen Skelettbauten. Danach sind bei  $\Delta s/l = 1/300$  die ersten "Architekturrisse" (Risse in Ausfachungsmauerwerk o. ä.) und bei  $\Delta s/l = 1/150$  die ersten "Konstruktionsrisse" zu erwarten.

Wird nach Näherungsrechnung festgestellt, dass eine Konstruktion die Setzungen des Bodens nicht schadenfrei mitmachen kann, muss das Moment aus der erforderlichen Kräfteumlagerung ermittelt werden. Wenn dieses Moment vom Bauwerk nicht aufgenommen werden kann, dann muss entweder das Bauwerk zusätzlich ausgesteift werden, oder aber - konstruktiv richtiger und in der Regel billiger - es sind die Bauwerksabschnitte kleiner zu machen, und es ist durch die Steuerung des Bauablaufes die zeitliche Abfolge der Bauarbeiten so zu wählen, dass die Setzungsunterschiede geringer werden. Die Gründungskonstruktion ist in der Regel zu weich, um einen nennenswerten Einfluss zu haben. Bei den Betrachtungen ist zu berücksichtigen, dass das Bauwerk nicht im fertigen Zustand mit einem Kran in die Baugrube gehoben wird, sondern dass das Bauwerk Etage um Etage wächst und sich mit seiner Höhe auch seine Steifigkeit verändert. Es können also zum Teil unterschiedliche Setzungen von frischem oder jungem Beton des noch wenig steifen Bauwerkes ohne wesentliche Beanspruchung übernommen werden. Bei Bauwerken in tiefen Baugruben ist zusätzlich der Einfluss der Vorlast zu berücksichtigen. Es muss erst eine bestimmte Anzahl von Geschossen gebaut werden, ehe die Bauwerkslast die Vorlast übertrifft und damit setzungswirksam wird.

### 3. Wechselwirkung Boden - Gründung

Für einfache Gründungskonstruktionen, wie Streifen- und Einzelfundamente mit gedrungener Querschnittsform, hat sich der Ansatz gleichmäßig verteilten Bodendrucks bewährt. Nach der Theorie ist in Abhängigkeit von vielen Parametern sowohl eine Konzentration von Bodendruck an den Rändern des Fundamentes als auch unter der Mitte desselben möglich. Nachdem sich mit der Annäherung der Last an die Bruchlast der Bodendruck zunehmend

unter der Fundamentmitte konzentriert, ist mit der gleichmässigen Bodendruckverteilung eine ausreichend sichere und trotzdem nicht unwirtschaftliche Bemessungsmethode gegeben.

Für biegeweiche Gründungskonstruktionen, wie Gründungsbalken und -platten konnte bisher noch kein allgemeingültiges und wirtschaftliches Bemessungsverfahren entwickelt werden. Wenn von der sicher unrichtigen und unwirtschaftlichen Annahme gleichmässig verteilten Bodendruckes unter einer biegeweichen Gründungskonstruktion abgesehen wird, sind das Bettungszahlverfahren und das Steifezahlverfahren als Bemessungsverfahren für biege- weiche Gründungskonstruktionen bekannt.

Die Anfänge des Bettungszahlverfahrens reichen in das 19. Jahrhundert. Das Verfahren setzt voraus, dass unter einer Last eine Setzung auftritt, die zu dieser Last proportional ist,  $s = c \cdot p$ . Neben der Last ist die Setzung definitionsgemäss  $s = c \cdot o = o$ . Der Proportionalitätsfaktor wird Bettungszahl genannt und bei diesem Verfahren als Bodenkonstante angesetzt. Nun ist einerseits bekannt, dass die Bettungszahl keine Bodenkonstante, sondern ausser vom Boden auch von der Grösse und Verteilung der Last abhängig ist. Andererseits ist bekannt, dass die Belastung eines Punktes der Bodenoberfläche auch eine Setzung benachbarter Punkte hervorruft. Damit ist also  $s \neq o$  für  $p = o$  und das Modell des Bettungszahlverfahrens  $s = c \cdot p$  unzutreffend. In den letzten Jahren wurden Bemessungsverfahren mit variablen Bettungszahlen aufgestellt, die eine quantitative Verbesserung bringen, jedoch nicht den grundsätzlichen Widerspruch beseitigen.

Dem Steifezahlverfahren liegt die Form der Setzungsmulde der Oberfläche des elastisch isotropen Halbraumes für die Einheitsbelastung zugrunde. Hier wird die Steifezahl als Bodenkonstante eingeführt. Dieses Modell weist nicht mehr die offensichtlichen Widersprüche des Bettungszahlverfahrens auf. Die Annahme, dass der Boden elastisch und isotrop ist und die Steifezahl eine Bodenkonstante, ist jedoch zu vereinfachend. Die Setzungen des Bodens sind nicht den Bodenpressungen proportional. Der Boden ist nicht isotrop, sondern im Regelfall irgendwie geschichtet und häufig zerklüftet. Die Kompressibilität des Bodens nimmt oft mit der Tiefe ab.

Die erwähnten Verfahren haben die Bemessung der Gründungskonstruktion zum Ziel. Bisher können jedoch damit nur einfache Konstruktionselemente bemessen werden. Wird die Genauigkeit der Ausgangswerte für die Bemessung berücksichtigt, dann erscheint auch jeder grosse Rechenaufwand, wie er sich etwa bei vielfach statisch unbestimmten Systemen ergeben würde, nicht gerechtfertigt.

Das Problem liegt in der Verträglichkeit der Deformation des Bodens mit der Deformation der Gründung. Die Verteilung des von der Gründungskonstruktion aufzunehmenden Bodendruckes ist abhängig vom Verformungsverhalten des Bodens und der Gründung. Die Beanspruchung der Gründungskonstruktion wird also durch ihre Deformation gesteuert. Die Gründungskonstruktion kann daher auch nicht mit der tatsächlichen Bodendruckverteilung im üblichen Sinn bemessen werden. Wenn eine direkte Bemessung so schwierig bzw. unmöglich ist, sollte der auch sonst übliche Weg des Iterationsverfahrens gegangen werden. Im ersten Schritt wird die Gründung

mit einer ersten Annahme über die Bodendruckverteilung (z. B. linear, unstetig) entworfen. Mit diesen Annahmen sind die Setzungen und Durchbiegungen für kennzeichnende Punkte (z. B. Plattenmitte und Stützen) zu berechnen. Weichen diese Setzungen von den Durchbiegungen beträchtlich ab, sind die Annahmen in einem 2. Schritt entsprechend zu verbessern. In einem weiteren Arbeitsgang könnte für mehrere Punkte der Platte Übereinstimmung von Setzung und Durchbiegung und dadurch Annäherung an die tatsächliche Bodendruckverteilung erreicht werden. Bei der möglichen Genauigkeit der Randbedingungen ist dieser Aufwand jedoch nicht mehr sinnvoll. Häufig genügt es bereits, einfache Grenzfälle zu betrachten, und durch Vergleich der möglichen Deformationen der Gründungskonstruktion mit den Setzungen des Bodens eine Aussage über deren Verträglichkeit zu erhalten.

Bei den Betrachtungen ergibt sich, dass viele Kombinationen von Platten- oder Balkenabmessungen und Bodendruckverteilungen verträglich sind. Dies ist auf die hochgradige statische Unbestimmtheit der Wechselwirkung Boden - Gründung zurückzuführen. Daraus folgt auch, dass eine direkte analytische Bemessung nicht möglich ist.

#### Literaturverzeichnis:

- (1) Schultze, E.: Zur Definition der Steifigkeit des Bauwerkes und des Baugrundes sowie der Systemsteifigkeit bei der Berechnung von Gründungsbalken und -platten. Mitt. Institut f. Verk. wasserbau, Grundbau und Bodenmechanik d. TH Aachen, Heft 32, 1964
- (2) Rüsç, H.: Die wirklichkeitsnahe Bemessung für lastunabhängige Spannungen. Vortrag, gehalten auf dem deutschen Betontag 1965 in Berlin
- (3) Skempton, A.W.: The Allowable Settlements of Buildings. J. Inst. Civ. Engrs. 5, London, 1956, Sept.

#### 4. Zusammenfassung

Es wird ein allgemeiner Überblick über die anstehenden Probleme und ihre Lösung vom Standpunkt des Konstrukteurs gegeben. Die Betrachtungen beim Entwurf der Gründung von Bauwerken müssen in die Wechselwirkung Boden - Bauwerk und Boden - Gründung getrennt werden. Das Problem Wechselwirkung Boden - Bauwerk kann nach Ermitteln der Setzungen durch Abschätzen der Steifigkeit und der daraus folgenden Beanspruchung des Bauwerkes gelöst werden. Für das Problem Wechselwirkung Boden - Gründung erscheint zur Zeit eine direkte analytische Lösung nicht möglich. Bei der gegebenen Genauigkeit der Randbedingungen - Steifigkeit der Gründungskonstruktion und Bodenkennwerte - ist ein grosser Aufwand für hohe Genauigkeit der Berechnung nicht sinnvoll. Entscheidend ist die intuitive Erfassung der Wechselwirkung Boden - Gründung durch den entwerfenden Ingenieur, die durch Abschätzen der Verträglichkeit der Deformation des Baugrundes mit den Deformationen der Gründung überprüft werden kann.