Zusammenarbeit des Institutes mit dem Ingenieurbüro

Autor(en): **Heierli, Werner**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 19: **50 Jahre Institut für Grundbau und Bodenmechanik an der ETH Zürich**

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75771

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Toutefois, elle apporte dans certains problèmes une autre vision des choses. C'est une épée supplémentaire qui permet de faire reculer un peu plus le front du domaine de notre ignorance. Il vaut la peine de poursuivre les recherches dans cette direction.

Je n'ai décrit dans ce paragraphe que les deux thèmes de recherche fondamentale que nous considérons comme prioritaires à Lausanne. Il ne faut pas oublier la recherche appliquée où des efforts importants seront poursuivis: stabilité des pentes, comportement des fondations d'ouvrages, matériaux nouveaux en superstructures routières, fouilles et ancrages, par exemple.

Conclusions

L'exposé qui précède tente de mettre en lumière le rôle qu'ont joué et que joueront encore le Laboratoire de mécanique des sols et celui de mécanique des roches à Lausanne. Ce rôle peut être résumé de la manière suivante:

□ *Enseignement*: diffuser les connaissances dans le domaine de la géotechnique par les cours des EPF en 1er, 2e ou 3e cycle, par les cours de formation permanente, par les stages d'ingénieurs dans les Laboratoires, par les doctorats et même à l'occasion d'expertises où des méthodes nouvelles peuvent être utilisées et communiquées aux ingénieurs de la pratique.

□ *La recherche fondamentale ou appliquée* est une contribution, sur le plan national et international, au progrès des connaissances. Elles peuvent porter sur le sol ou la roche en tant que matériau, sur les appareils de mesure en laboratoire et in situ, sur les méthodes de calcul permettant l'évaluation du comportement des constructions.

□ *Par les expertises!* Les Laboratoires mettent à disposition de la communauté des ingénieurs leurs connaissances et leurs équipements.

Nous espérons que les Instituts des EPF ont bien joué ce rôle dans les cinquante années qui s'achèvent et souhaitons qu'ils continuent dans cette voie.

Institut des Sols, Roches et Fondations (ISRF) de l'EPFL comprend:

- *le Laboratoire de mécanique des sols - LMS*
- *le Laboratoire de mécanique des roches - LMR*
- *la Chaire des travaux de fondation - CTF*
- *le Laboratoire des voies de circulation - LAVOC*
- *le Laboratoire de géologie - GEOLEP*

La géotechnique n'englobe que les trois premiers.

Adresse de l'auteur: Prof. *E. Recordon*, ing. dipl. EPUL, professeur de mécanique des sols, ISRF, EPFL, 1024 Ecublens.

Zusammenarbeit des Institutes mit dem Ingenieurbüro

Von Werner Heierli, Zürich

Die Zusammenarbeit des Institutes für Grundbau und Bodenmechanik (IGB) mit den Ingenieurbüros erstreckt sich im Prinzip auf die Lehre, die Forschung und die Beratung. Junge Absolventen sollten die grundsätzlichen Begriffe und Methoden klar verstanden haben und ein Interesse, ja Begeisterung für den Grundbau mitbringen. Die Forschung soll sich nicht auf die eigentliche Erforschung von Teilproblemen beschränken, sondern insbesondere auch die Folgerungen aus der weltweiten Forschung für die Praxis untersuchen und praxisnah darstellen. Die Beratung des IGB dient sowohl dem Institut wie auch der Praxis; sie gibt dem Institut auch den unerlässlichen Einblick in die tatsächlich brennenden Fragestellungen des konkreten Bauens.

Als einstigen Mitarbeiter des Institutes für Grundbau und Bodenmechanik freut es den Verfasser besonders, an dieser Tagung zum Thema der Zusammenarbeit des IGB mit dem Ingenieurbüro zu sprechen und gleichzeitig dem IGB zu seinem Jubiläum herzlich zu gratulieren. Die Einladung von seiten des IGB, die Frage seiner Zusammenarbeit mit der Praxis durch Vertreter der Praxis hier zu behandeln, ist ein fruchtbarer Gedanke. Jede Organisation muss sich immer wieder Rechenschaft darüber ablegen, ob ihre Arbeit den an sie aus ihrem technisch-wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Umfeld gerichteten Erwartungen entspricht. Und um es vorwegzunehmen: Der Verfasser ist der Meinung, dass das IGB den Ansprüchen der Praxis - und letztlich arbeitet das Institut direkt und indirekt über Lehre, Forschung und Beratung *für die Praxis* - in hohem Mass gerecht wird. Es soll versucht werden, diese Feststellung zu belegen und zudem einige wenige Beispiele aus der grossen Zahl von Möglichkeiten zu nennen, welche Anstösse für die weitere Arbeit in Zukunft geben könnten.

Was erwartet das Ingenieurbüro allgemein vom Institut?

Um gleich konkret zu werden: Als erste Haupterwartung des Ingenieurbüros ist sicher die zu nennen, dass die Bauingenieur-Absolventen ein solides, fundiertes Grundwissen von Bodenmechanik und Grundbau mitbringen sollen, wenn möglich dazu aber noch Begeisterung für dieses tatsächlich immer wieder faszinierende Teilgebiet unseres Berufes. Für den Verfasser selbst ergab sich diese Faszination daraus, dass in den Grundbau- und Bodenmechanik-Vorlesungen zutage trat, wie das in der Mechanik und Physik Gelernte nun doch auf ein so komplexes System wie den Baugrund praktisch angewendet werden konnte. Zur damaligen Zeit - vor bald 30 Jahren - war die Bodenmechanik noch bedeutend weniger - um es klar zu sagen, noch recht wenig - in der Praxis verankert. Studierende der heutigen Zeit haben den Vorteil, dass die Materie der Bodenmechanik und ihre Anwendung ein enormes Stück weitergekommen sind als vor 30 Jahren, wodurch der Lehrstoff sehr stark geläutert und konkretisiert und noch interessanter wurde. Dem steht der Nachteil gegenüber, dass mehr Stoff zu bewältigen ist. Für die Praxis ist sicher am wichtigsten, dass der Absolvent die Grundbegriffe durch und durch verstanden hat und auch eine Ahnung der «Philosophie des Vorgehens» bei der Lösung konkreter Probleme gewonnen hat. Weniger bedeutsam scheint es dem Verfasser, dass der junge Ingenieur schon eine Fertigkeit in der Anwendung der Methoden hat. Übungen können sich daher darauf beschränken, die Methoden und besonders eben die Grundbegriffe und die Philosophie zu erläutern, d.h. sie an einer konkreten Aufgabe durchzudenken. Die Fertigkeit, Berechnungen nach verschiedenen Methoden durchzuführen, erhält der Ingenieur rasch bei der praktischen Anwendung. Wichtig ist aber, dass er weiss, mit welchen Unsicherheiten und Streuungen seine Berechnungen behaftet sind und wie er sie allenfalls abschätzen und eingrenzen kann. Von ganz grosser Wichtigkeit ist auch, dass der junge Ingenieur imstande ist, Spezialliteratur zu suchen, zu verstehen (übrigens auch

auf Englisch, eine Sprache, ohne die der Bauingenieur heute nicht auskommt) und anzuwenden. Bei jedem grösseren Bauvorhaben ist es unumgänglich, diesen Weg zu beschreiten, wenn es sich nicht um eine Routineaufgabe handelt.

Der Verfasser kann den heute gebotenen Lehrstoff in Bodenmechanik und Grundbau nicht aus direkter eigener Erfahrung, wohl aber aus dem Buch «Bodenmechanik und Grundbau» der Professoren Lang und Huder beurteilen [1]. Dieses Buch zeugt davon, in welch erstaunlichem Ausmass es gelungen ist, das Wesentliche der Grundbegriffe in übersichtlicher Form und doch mit in Grenzen gehaltenem Volumen darzustellen. Gleichzeitig bildet dieses Buch ein Standardwerk des Praktikers, welches in keinem Ingenieurbüro fehlen darf, das sich ernsthaft mit bodenmechanischen Problemen auseinandersetzt. Gemessen am Umfang, bietet es auch zahlreiche Detailinformationen, wie sie im konkreten Falle von Bedeutung sind. Damit sei gleich auf die zweite Haupterwartung des Ingenieurbüros an das IGB übergeleitet, nämlich von der Lehre zur Forschung. Zweifellos beanspruchen konkrete Einzelprobleme der Forschung einen unabdingbaren Platz in einem Hochschulinstitut. Wie sollte man Forschung beurteilen können, wie fruchtbaren Kontakt mit anderen Forschungsinstituten pflegen können, wenn man nicht durch eigene Arbeiten die Probleme und Schwierigkeiten des Forschens erkennt. Aber für das Ingenieurbüro und natürlich auch für die Verwaltung und die Industrie ist es noch entscheidender, dass das Institut ein waches Auge auf die Fortschritte der *Forschung in aller Welt* hat und in den wichtigen Teilgebieten der Bodenmechanik und des Grundbaues die entscheidenden Forschungsergebnisse zusammenfasst und der Praxis näherbringt. Terzaghi hat einmal mit Recht gesagt, die Erkenntnisse der Wissenschaft seien für die Praxis solange unnütz, als sie nicht mit geeigneten Hilfsmitteln - Formeln, Grafiken usw. - versehen seien, welche eine praktische Anwendung tatsächlich erlaubten. Im Zeitalter des Computers kann man die Formulierung wohl etwas weniger einschränkend machen, aber der Grundsatz bleibt, dass ein weiter Weg vom Forschungsergebnis bis zur praktischen Berechnung und Konstruktion im Ingenieurbüro bleibt. Es ist daher eine besonders vornehme und anspruchsvolle Aufgabe des Institutes, Forschungsergebnisse aus aller Welt kritisch zu sichten und die wichtigen und zutreffenden Aspekte davon der Praxis möglichst rasch und in praktischer Form zugänglich zu machen. Das bereits erwähnte Standardwerk von Lang und Huder erfüllt auch hier eine wichtige Aufgabe. Der Nutzen, der aus neuen Erkenntnissen für den Bauherrn entsteht, ist sehr gross. Es dürfte von Bedeutung sein, ihn einmal an einigen Beispielen konkret darzustellen, denn das Institut muss ja seinen volkswirtschaftlichen Nutzen auch irgendwie beziffern.

Eine direkte Zusammenarbeit mit dem Institut ergibt sich bei *Gutachten* aller Art. Sicher ist es nicht Aufgabe des Institutes, jede Art von Gutachten zu übernehmen, denn hierzu sind die privaten Ingenieur- und Geotechnikbüros in der Lage. Wichtig hingegen ist die Funktion des Institutes als Oberexperte, nicht unbedingt bei Streitfragen, sondern sehr wesentlich auch bei entscheidenden Fragen der Praxis, wo die Beurteilung einer Berechnungsmethode oder eines Bauvorgangs bei entsprechender Tragweite mit Vorteil dem Institut vorgelegt wird, das sich ex officio mit solchen Fragen laufend befasst. Diese Tätigkeit ist nicht nur für die Praxis, sondern auch für das Institut bedeutsam. Elfenbeintürme wachsen bekanntlich fast automatisch, und sie müssen laufend abgebaut werden. Das IGB war wohl wegen seines ständigen Kontaktes mit der Praxis immer besonders erfolgreich im ständigen Abbau dieser sonst schädlichen Elfenbeintürme.

Welche Anregungen können dem Institut aus der Praxis des Ingenieurbüros gegeben werden?

Bei der Fülle von Problemen, die sich der Bodenmechanik und dem Grundbau stellen, kann hier unmöglich ein Verzeichnis von Aufgaben dargelegt werden, die dem IGB als Zukunftsprogramm dienen könnten - ganz abgesehen davon, dass ein solches Programm vom Institut zweifellos laufend bearbeitet wird. Es seien nur ein allgemeiner und einige herausgegriffene konkrete Anstösse formuliert, die möglicherweise einen Beitrag zur laufenden kritischen Selbstbeurteilung liefern.

Allgemeine Gedanken

In der Praxis müssen, allen wissenschaftlichen Vorbehalten über die Zuverlässigkeit von Methoden zum Trotz, konkrete Entscheidungen gefällt werden. Ein Stützbauwerk muss schliesslich auf eine konkrete Kraft in kN/m, bei einer gegebenen Sicherheit, bemessen werden. Für die Beurteilung der möglichen Schäden an einem bestehenden Gebäude ist letztlich ein konkreter Bereich von Setzungswerten anzugeben. Und eine Schlitzwand hat schliesslich eine ganz bestimmte Dicke von x mm, nicht einen Bereich von Dicken.

Je besser die Aussage der Bodenmechanik begründet ist, um so eindeutiger kann sie in der Praxis berücksichtigt werden. Im konkreten Fall heisst dies, dass der Spielraum des Ermessens, der ja doch nur auf einer Ungewissheit beruht, durch Erkenntnisse der Wissenschaft und der Praxis so weit wie möglich eingeengt werden soll. Wir müssen in der Praxis immer mehr dazu kommen, wichtige Fragen des Grundbaues durch Methoden, die konkret auf die Ergebnisse von Grossversuchen und ausgeführten Bauwerken abgestützt sind, zu beantworten. Dies ist ein sehr beschwerlicher, aufwendiger Weg, aber er ist die einzige mögliche Richtung des Fortschrittes in Gebieten, in denen die grundlegenden Erkenntnisse schon vorhanden sind. Er ist auch die einzige Chance, um nicht nur in der Schweiz in Zukunft immer noch sicherer und wirtschaftlicher zu bauen, sondern auch um unsere schweizerischen Ingenieurbüros und Unternehmungen immer wieder in die Lage zu versetzen, auch im Export von Dienstleistungen tätig zu sein. Nur Spezialkenntnisse und ein überdurchschnittlicher Service werden in Zukunft diesen Export gestatten. Nur dadurch wird die Schweiz in der Lage sein, mit ihren hohen Löhnen gegenüber der Konkurrenz aus Industrie- und Schwellenländern zu bestehen.

Im folgenden seien einige wenige, beliebig herausgegriffene Beispiele genannt, welche vielleicht als Anregung für die angewandte Forschung bzw. die Lehre dienen könnten.

Rückwärtsrechnung

Bekanntlich besteht eine der Hauptschwierigkeiten der Stabilitätsberechnung *bestehender Böschungen* darin, dass das Modell solcher Böschungen fast immer recht ungenau definiert ist. Wohl lässt sich die Böschung durch Sondierungen abtasten, und es können durch Versuche im Labor und in situ Angaben über die Scherfestigkeit und auch den Wasserspiegel gewonnen werden, aber diese Angaben sind letztlich doch Stichproben, was bei natürlichen Böschungen mit ihren grossen Inhomogenitäten bedeutet, dass die Zuverlässigkeit der Angaben und damit auch der Berechnungen recht begrenzt ist.

Es gibt eine Methode, um dieser Unsicherheiten zum Teil Herr zu werden und die Zuverlässigkeit der bodenmechanischen Berechnung wesentlich zu verbessern. Diese Methode, die «Rückwärtsrechnung», wie sie etwa genannt wird, ist dann sinnvoll anwendbar, wenn bekannt ist, dass die Sicherheit der zu berechnenden (und durch technische Massnahmen zu stabilisierenden) Böschung nahe bei 1 liegt. Dies ist

bei der Mehrzahl der Hangsanierungsprobleme der Fall. Die Grundidee der «Rückwärtsrechnung» besteht nun darin, den vorliegenden (kritischen) Zustand der Böschung als Gross-Scherversuch zu betrachten. Sind die Gleitfläche und die Wasserspiegellage bekannt, so lässt sich aus der bestehenden Böschung «rückwärts» die mittlere Scherspannung bestimmen, welche vorhanden sein muss, damit die Böschung eine Sicherheit von 1 aufweist. Es ist notwendig, durch Sondierungen oder auf anderem Wege die Gleitfläche festzustellen. Bei den sehr häufigen Problemen von Hangstabilitäten im schweizerischen Mittelland und in den Voralpen, wo die Molasse von Gehängelehmen überlagert wird, gelingt dies meist durch Bohrungen und Rammsondierungen mit Feststellung der Felsoberfläche, der die Gleitfläche sehr oft und über weite Strecken folgt. Durch Rückwärtsrechnung mehrerer Gleitflächen lässt sich feststellen, welche der möglichen Gleitflächen die grösste vorhandene Scherspannung ergibt und damit kritisch, d.h. zutreffend ist. Durch den Einsatz von Präzisions-Verschiebungsmessungen im Bohrloch lässt sich oft die Tiefe der Gleitfläche genau angeben. Dies ist dort von grosser Bedeutung, wo aus den Bohrkernen nicht eindeutig feststellbar ist, ob der (Molasse) Fels kompakt (anstehend) oder verrutscht ist. Erfahrungsgemäss ergeben sich daraus grosse Unterschiede in der Beurteilung einer Böschung.

Die zurückgerechneten (mittleren) Scherspannungswerte sind bei Sicherheit = 1 gleich den (mittleren) Scherfestigkeiten. Damit lässt sich aber für die Sanierungsmassnahmen die grösste Unsicherheit, nämlich die Frage nach der (mittleren) Scherfestigkeit im natürlichen Material, beseitigen. Diese Scherfestigkeit wird nun in die (Vorwärts-) Berechnung der Böschung *mit* der Sanierungsmassnahme - sei es Fussschüttung, Entwässerung, Stützwand usw. - eingeführt.

Zu bemerken ist, dass diese Methode der Rückwärtsrechnung gestattet, auch den Einfluss weiterer Unsicherheiten abzuschwächen oder gar auszuschliessen. Dies erkennt man beispielsweise beim Einfluss der Wasserspiegellagen, die in Variantberechnungen bei den Rückwärts-Vorwärts-Berechnungen eingeführt werden können. Die Methode der Rückwärtsrechnung macht die Stabilitätsanalyse auch unempfindlicher auf Ungenauigkeiten des gesamten Modells. Sie liefert auch die Antwort in einer Form, die der Ingenieur und der Bauherr am besten beurteilen können: Sie zeigt nämlich den *Sicherheitsgewinn* verschiedener Massnahmen auf und gestattet deren Vergleich bezüglich Nutzen (und Kosten), also genau das, was zum Variantenentscheid notwendig ist. Wir haben die Methode der Rückwärtsrechnung bei Hangstabilitätsproblemen in den letzten 15 Jahren ununterbrochen angewendet, in Dutzenden von konkreten Bauaufgaben. Sie hat sich hervorragend bewährt. Es wäre sicher lohnend, die Methode und ihre Möglichkeiten näher zu untersuchen und noch genauere Kriterien über ihre praktische Anwendung und ihre Grenzen aufzustellen.

Bodendynamik

Diesem Teilgebiet der Bodenmechanik wird in den Lehrplänen und auch in der Standardliteratur normalerweise wenig Beachtung geschenkt. Natürlich handelt es sich hier um ein Spezialgebiet, dessen grosse Aufgaben dem Spezialisten und der einschlägigen Speziallitteratur vorbehalten bleiben werden. Aber jeder Bodenmechaniker und Grundbauer wird irgendeinmal mit Teilfragen aus der Bodendynamik konfrontiert werden, sei es bei Fragen der dynamischen Verdichtung bei Ramm- oder Vibrationspfählen, bei Verkehrserschütterungen und bei Spreng- und Waffenwirkungsproblemen aller Art. Es scheint dem Verfasser wichtig, dass der Studierende in einige wenige Grundbegriffe eingeführt wird, die er sich so gut einverleiben sollte wie die Überlegungen am Mohrschen Kreis, die ja jeder Bodenmechaniker auch auf der Baustelle ohne anderes Hilfsmittel als Papier und Bleistift durchzuführen in der Lage sein sollte.

Welches sind solche Grundbegriffe der Bodendynamik? Es sei versucht, dies an drei wichtigen Beispielen zu zeigen:

Wellenfortpflanzungsgeschwindigkeit

Auch im nichtelastischen Medium «Boden» pflanzen sich plötzliche Spannungsänderungen mit bestimmten Geschwindigkeiten fort. Bei geringen Spannungsänderungen erfolgt dies mit der seismischen Geschwindigkeit. Bei grösseren Spannungsänderungen aber sinkt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit meist, entsprechend dem gekrümmten Spannungs-Verformungsdiagramm der meisten Böden in Ödometerversuch. Für die Entlastungswelle gilt dann wieder eine grössere Wellenfortpflanzungsgeschwindigkeit. Die entlastende Welle eines Stosses im Boden holt die belastende Welle ein, und daraus ergibt sich die Abminderung (Energiedissipation) in inelastischem Boden [2].

Teilchengeschwindigkeit

Unabhängig davon, ob sich der Boden elastisch oder nichtelastisch verhält, gilt, dass einer Spannungserhöhung Δp eine Änderung der Teilchengeschwindigkeit Δv des Bodens entspricht, und zwar

$$(1)\quad \Delta v = \frac{\Delta p}{c \cdot \varrho}$$

c = Wellenfortpflanzungsgeschwindigkeit, welche der Spannungsänderung Δp entspricht

ϱ = Dichte des Bodens

Diese Beziehung gilt *allgemein* für eine ebene Welle und lässt sich aus dem Newtonschen Gesetz, der Kontinuitätsgleichung und dem Spannungs-Verformungsgesetz direkt herleiten. Sie gibt dem Praktiker sofort eine Grössenordnung des wichtigsten Erschütterungsparameters, eben der Teilchengeschwindigkeit, wenn er die einwirkende Spannungsänderung kennt.

Wellenlänge

Für sehr viele Probleme der Bodendynamik ist die Wellenlänge eines Stosses von Bedeutung. Es ist die effektive im Boden gemessene Länge, über die sich ein Stoss erstreckt. Stösse von grosser Wellenlänge, im Vergleich zu Bauwerken, beeinflussen diese als Ganzes und werden vom Bauwerk selbst wenig beeinflusst. Stösse kleiner Wellenlänge werden an Bauwerken reflektiert und gebeugt und verändern sich im Laufe ihres Fortschreitens rasch.

Folgerungen

Bodenmechanik und Grundbau haben in unserem Lande einen hohen Stand erreicht, und den Verantwortlichen der IGB der letzten 50 Jahre gebührt hohe Anerkennung für den bedeutenden Beitrag, den sie daran geleistet haben. Viele Aufgaben in diesem Gebiet sind zwar gelöst, aber die Praxis ruft nach einer noch tieferen, zuverlässigeren Bearbeitung, nach noch wirtschaftlicheren Methoden. Durch die praxisnahe Analyse der weltweiten Erkenntnisse, die in konkrete, wohlbegründete Methoden für die Praxis ausmündet, wird es dem IGB auch in Zukunft gelingen, seine grosse Aufgabe zu bewältigen. Ein weiterer Schulterschluss von der Praxis zum Institut, zur Wissenschaft, wird sicher für beide Teile Früchte tragen, wenn auch stets noch schwieriger zu erntende.

Literatur

[1] *Lang, H. / Huder, J.*: Bodenmechanik und Grundbau, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1982

[2] *Heierli, W.*: Die Dynamik eindimensionaler Bodenkörper im nichtlinearen, nichtelastischen Bereich. Dissertation ETH 1961

Adresse des Verfassers: Dr. *W. Heierli*, dipl. Bauing. ETH/SIA, Ingenieurbüro Heierli AG, Culmannstrasse 56, 8033 Zürich 6.