Ein Forschungsinstitut für Erdbebenbauwesen an der Stanford-Universität

Autor(en): **Gruner, Lukas H.E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95 (1977)**

Heft 3

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73323

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

4.4 die gleichen k-Werte und der gleiche Glasanteil (19 %) angenommen, dann müsste sich, nach den Daten von P. Haller, der Ölverbrauch für diese beiden Häuser gegenüber dem wirklichen Verbrauch um 2340 l bzw. 2280 l vermindern. Für das Haus 4.3 ergäbe das einen Ölverbrauch von 5,6 l/m³ heizbaren Luftvolumens und für das Haus 4.4 von 7,6 l/m³. Bei der «Einsparungs»-Berechnung nicht berücksichtigt sind, dass die Häuser 4.3 und 4.4 windexponierter stehen als das Haus 2.6, Luftbefeuchtungsanlagen besitzen und mit rund 2 °C höherer Raumtemperatur beheizt werden; das Haus 4.4 hat eine sehr grosse Umschliessungsfläche (0,94 m²/m³ gegenüber 0,62 m²/m³ beim Haus 2.6), was einen Mehrverbrauch von rund 2 l Öl/m³ erfordert. Die mittlere Jahrestemperatur 1973/74 ist rund 2 °C höher als das Mittel von 1931–60, was bei der Berechnung ebenfalls nicht berücksichtigt ist.

Jedenfalls sind die beiden Glashäuser nicht energiefressend, wie es Paul Haller darstellt, oder dann wären alle massiv gebauten Häuser der Gruppe 1 und 2 äusserst unwirtschaftlich und die der Gruppe 3 und 4 äusserst wirtschaftlich beheizt und belüftet. Was stimmt? Statt weiterhin Pro und Kontra zu schreiben, sollten die Häuser genauer untersucht und miteinander verglichen werden; sie stehen zur Verfügung!

Aber Paul Haller hat gegen den Vergleich von Bauten als Ganzes Bedenken, weil er mit Recht davon ausgeht, dass nie alle Einflussgrössen, mit Ausnahme der gerade untersuchten, gleich sind. Ohne solche Vergleiche ist es aber unmöglich, Einzelerkenntnisse naturwissenschaftlicher Forschung in Gesamtzusammenhängen der Wirklichkeit zu überprüfen. Das trifft das forschungsmethodische Anliegen unserer Veröffentlichung.

Nach den Regeln naturwissenschaftlicher Forschung wird die Natur auf die Kausalität physikalischer und chemischer Prozesse reduziert; bewiesen kann nur werden, was im Experiment systematisch und wiederholbar hervorgebracht wird. Manche Einwände von Paul Haller dürften auf diesen Regeln gründen. Ihnen wird zuwidergehandelt, wenn aus Einzelerkenntnissen Schlüsse auf Zusammenhänge übertragen werden, die im Experiment aus methodischen Gründen ausgeklammert werden müssen. Gerade das tut Paul Haller, wenn er Häuser mit einem grossen Glasanteil aus Energiegründen apodiktisch verurteilt.

Eine Einzelerkenntnis hat in einem Gesamtzusammenhang meist ein relatives und mehrdeutiges, selten ein absolutes und eindeutiges Gewicht. Ohne den Vergleich von bewohnten Häusern wird es nicht gelingen, genaueres über *die Bedeutung von Einzelerkenntnissen im Gesamtzusammenhang* bewohnter Häuser zu erfahren.

Traditionelle Methoden der bauphysikalischen Forschung reichen dazu nicht aus; andere müssen sie ergänzen, beispielsweise die *Forschungsstatistik,* die mit der Hilfe von Wahrscheinlichkeitsmodellen Schlussfolgerungen im Sinne der unvollständigen Induktion erlaubt.

Unsere Veröffentlichung erhebt nicht den Anspruch, Antworten auf viele offene Fragen zu geben. Vielmehr erwarten wir, dass sie zu Fragestellungen anregt, die der Einheit «Gebäude – technische Einrichtungen – Benützer» gerechter wird. Die Frage der optimal isolierten Häuser ist nicht nur eine bauphysikalische, sondern zumindest auch eine physiologische und psychologische. Weil sie nach unserer Auffassung auch von Gebäudekonzepten beeinflusst wird, müssten Architekten in der Lage sein, ebenfalls ihre Beiträge zu leisten.

Franz Füeg und *Fritz Haller*

Ein Forschungsinstitut für Erdbebenbauwesen an der Stanford-Universität

Von **Lukas H. E. Gruner,** Stanford

An der Abteilung für Bauingenieurwesen der Ingenieurschule der *Stanford-Universität* in *Kalifornien* ist am 17. September 1976 offiziell ein Forschungsinstitut für Erdbebenbauwesen eröffnet worden. Mit den damit verbundenen Feierlichkeiten verknüpft war ein Symposium, an dem namhafte Persönlichkeiten aus dem einschlägigen Fachgebiet teilnahmen.

Der Bau des Instituts kam im wesentlichen zustande dank einer grosszügigen Stiftung von *John A. Blume,* Präsident der URS, John A. Blume & Assoc., San Franzisko, einer bekannten Firma auf dem Gebiet der Ingenieurwissenschaften. Die Stiftung ist der Ausdruck einer engen und fruchtbaren Zusammenarbeit von John Blume mit der Stanford-Universität. Blume, seit seiner Jugend mit den oft tragischen Folgen von Erdbeben vertraut, will seine Erfahrungen zur Erforschung dieses herausfordernden Phänomens für alle nutzbar machen.

Seine einführenden Worte galten der Entwicklung des Erdbebenbauwesens, das nach dem Erdbeben von San Franzisko im Jahre 1906 begann. Er gab den Teilnehmern einige Eindrücke, wie die Forschung auf diesem Gebiet aussah zu einer Zeit, da es noch keine hochentwickelten Rechenanlagen gab und wo wirtschaftlich denkende Verwalter den Wert solcher Forschung unterschätzten, was er mit folgendem Zitat belegte: «Because after one earthquake has been recorded, why bother to record more!» In diesem Zusammenhang widmete er einige

Hauptbibliothek der Stanford Unversität nach dem Erdbeben von San Franzisko im Jahre 1906

Worte den Persönlichkeiten von Stanford, die Pionierarbeit für die heutige Seismologie und Erdbebendynamik leisteten. Im besonderen erwähnte er Prof. *Branner,* den Begründer der amerikanischen seismologischen Gesellschaft, ferner *L. Jacobsen,* der im Jahre 1927 in Stanford ein Labor für Schwingungsuntersuchungen aufbaute, und *S. Timoshenko,* der sich im Jahre 1936 dieser Forschungsgruppe anschloss. Seit diesen Tagen weilten verschiedene Personen in Stanford, die später führend auf diesem Gebiet wurden; unter anderen *James M. Gere* und *Haresh Shah,* die heutigen Vorsteher und Leiter des Erdbebeninstitutes. Alles in allem bestehen heute keine Zweifel an der Qualität der Professoren und ihrer Studenten und ebensowenig an der Qualität der zur Verfügung stehenden Mittel. Ausserdem ist das Institut Teil einer der führenden Universitäten der USA, die dazu beitragen dürfte, Wachstum und Blüte dieses noch jungen Forschungszentrums zu fördern.

Die Aufgabe des Institutes besteht in der Förderung der Lehre im Erdbebenbauwesen, mit Schwergewicht auf *seismischer Risikoanalyse* und der Verarbeitung der gewonnenen Erkenntnisse in den Baunormen.

Das Symposium, an dem nahezu 500 Wissenschaftler und Ingenieure teilnahmen, bot Gelegenheit, Vorträge von namhaften Persönlichkeiten auf diesem Gebiet zu hören. Unter ihnen befanden sich *George W. Housner,* California Institute of Technology, Pasadena, *Emilio Rosenblueth,* National University, Mexico City, *H. Bolton Seed,* University of California, Berkeley, *Henry J. Degenkolb,* beratender Ingenieur, San Franzisko, *John A. Blume,* beratender Ingenieur, San Franzisko, und *Nathan M. Newmark,* University of Illinois, Urbana-Champaign.

Der Vortrag von *Georg W. Housner* hatte Forschungsergebnisse zur Verminderung des Erdbebeneinflusses auf Städte zum Inhalt. Die Anhäufung von Menschen, Gebäuden und infrastrukturellen Anlagen in den Städten hat eher einen Zusammenbruch der sozialen und wirtschaftlichen Strukturen bei einem Erdbeben zur Folge als auf dem Lande. Verbesserungen in den Planungsmethoden und bei der Errichtung von Bauten lassen sich durch Technik *und* Grundlagenforschung hervorbringen. Housner zeigte dies anhand eines Vergleiches zweier ähnlicher Erdbeben, nämlich dem von *San Fernando,* Kalifornien (1971), und dem von *Managua,* Nicaragua (1972). Beide Beben verzeichneten eine Stärke von 6,5 auf der Richter-Skala und beeinträchtigten ein Siedlungsgebiet von nahezu 400000 Einwohnern. Die Toten in San Fernando betrugen 60, in Managua hingegen 6000. Anschliessend legte Housner den möglichen Ablauf eines starken Erdbebens in einer Stadt dar.

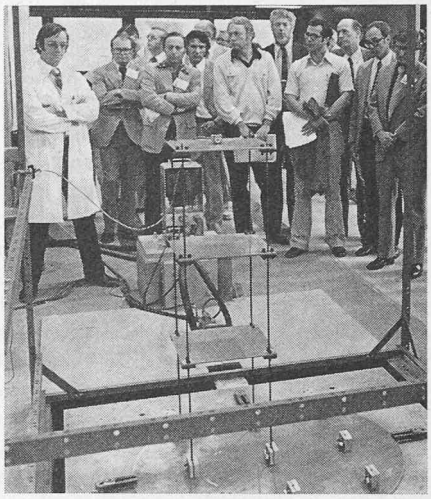
Wer aber trifft die Entscheidungen in bezug auf die einzugehenden Risiken? In diesem Sinne befürwortete er die Entwicklung und Förderung von Forschungsinstituten wie dem von Stanford.

Emilio Rosenblueth ist bekannt geworden durch seine Forschungen in bezug auf das wahrscheinliche Eintreten von seismischen Risiken. Sein Thema galt den Fragen der *bestmöglichen Bauberechnungen* bei *beruflicher Unsicherheit* und menschlichem Irrtum. Unter beruflicher Unsicherheit versteht er den verbleibenden Rest, nachdem weder Fehler bei der Berechnung noch bei der Konstruktion gemacht worden sind.

Um beide Gesichtspunkte bei der bestmöglichen Bauberechnung anzuwenden, formulierte Rosenblueth drei Annahmen:

1. Art, Belastung und kalkulierte Kosten des Bauwerkes;
2. Abhängigkeit der Belastung im Verlauf der Zeit;
3. Verminderung der Unsicherheit auf Grund zukünftiger Forschung.

Was die berufliche Unsicherheit betrifft, bestehen bestimmte Werte, die nicht mehr weiter ausgeschieden werden können und letzten Endes von drei Variablen abhängen, nämlich der *Störvariablen,* der *Strukturvariablen* und der *analytischen Variablen.*



Teilnehmer an der Eröffnungsfeier im Labor für dynamische Testversuche. Gezeigt wird das Modell eines dreistöckigen Gebäudes auf dem Schütteltisch

1. Die Störvariable besteht aus Verhältniszahlen der gegebenen Eigenschaften eines Gebäudes.
2. Die Strukturvariable berücksichtigt die Abweichung der Gebäudestruktur von ihrem idealen Modell.
3. Die analytische Variable umfasst die seismische Unsicherheit.

Seiner Meinung nach beinhaltet nur die letzte Variable eigentliche berufliche Unsicherheit. Selbst diese lässt sich weiter vermindern durch die Ergebnisse zukünftiger Forschung. *Menschliches Irren* hingegen kann der Störvariablen und der Strukturvariablen zugeteilt werden.

Seine Theorie, die auch die Kosten eines Bauwerkes berücksichtigt, beschreibt mathematisch eine Möglichkeit zur Berechnung der erforderlichen finanziellen Mittel für den Entwurf und die Überwachung der Konstruktion eines Bauwerkes.

Neuzeitige Entwicklungen in der Auswertung von *hydraulischem Grundbruch* und *Fundationsversagen* während eines Erdbebens war das Thema von *H. Bolton Seed.* In seinem Vortrag demonstrierte er dieses Phänomen anhand seiner Ermittlungen aus den *Erdbeben von Alaska* (1964) und *Niigita* (1964). Dabei untersuchte er die Bodenverhältnisse unter verschiedenen Kombinationen von Erdbebenlasten und Bodenstrukturen mit der Absicht, daraus charakteristische Werte zu ermitteln. Er verwies auch auf Erfahrungen, die in der *Volksrepublik China* gemacht wurden und beinahe mit seinen Resultaten übereinstimmen.

Eine andere Untersuchung galt dem Vergleich von Erdbebenlasten bei unterschiedlicher Bodenkonsolidierung. Besonders verglich er die durch die Geologie entstandene Konsolidation mit der, die mit schweren Baumaschinen erreicht wird, wobei die letzte bei sorgfältiger Ausführung sogar bessere Werte erreicht. Seed kam zur Schlussfolgerung, dass dauernde Belastung oder Verstärkung des Bodens mittels Kiesdrainage die Gefährdung von hydraulischem Grundbruch unter Erdbebenlasten wesentlich vermindert.

Henry J. Degenkolb, ein bekannter beratender Ingenieur aus San Franzisko, verfügt wegen seiner Berechnungen von verschiedenen erdbebensicheren Gebäuden über ein gutes Mass an praktischer Erfahrung. Seine Erläuterungen waren denn auch hauptsächlich für den Praktiker bestimmt. Er verglich die Forschungsentwicklungen im Brückenbau mit den heutigen Forschungstätigkeiten auf dem Gebiet des Erdbebenbau-

wesens. Gleichzeitig deckte er die Diskrepanzen zwischen dem praktisch orientierten Ingenieur und dem Wissenschaftler auf.

Das Erdbebenbauwesen ist eine komplexe Wissenschaft und umfasst Fragen über *Bodenwellen,* die *Einwirkung des Bodens auf das Gebäude,* die *Reaktion des Gebäudes* und vieles anderes mehr. Obwohl schon einige Fortschritte auf diesem Gebiet erreicht worden sind, ist noch vieles unbekannt. Der Praktiker sieht sich deshalb vor einem *Dilemma:* er sollte eine erdbebensichere Berechnung erarbeiten, die jedoch auf unvollständigen Unterlagen beruht. An dieser Stelle erwähnte *Henry Degenkolb* die beiden Schweizer Zimmerleute *Johannes* und *Hans Ulrich Grubenmann,* die im 18. Jahrhundert mehrere grosse Holzbrücken in der Schweiz erstellt haben ohne Kenntnis von Spannungszuständen im Baumaterial. So ist es eine Eigenart in der Geschichte des Bau-Ingenieurwesens, dass der Praktiker Bauwerke hervorbrachte, ohne über die erforderlichen wissenschaftlichen Unterlagen zu verfügen. Heute steht für diesen Sachverhalt das Erdbebenbauwesen.

Trotzdem versucht der Praktiker so gut wie möglich das wenige Wissen im Erdbebenbauwesen, über das er bis heute verfügt, in den Baunormen so darzustellen, dass es für möglichst alle auftretenden Fälle vertretbar ist. Mit ihnen soll der grossen Zahl von Ingenieuren die Möglichkeit zur Erfüllung ihrer Pflichten und die Wahrung der Verantwortung für sichere und wirtschaftliche Berechnung gegeben werden.

Der heikle Punkt bei der Erarbeitung einer Baunorm liegt jedoch darin, dass diese dem Ingenieur den Eindruck der Vollkommenheit des Wissens auf diesem Gebiet gibt. So wird er bei der Anwendung dieser Norm auf jeden Fall auf der «sicheren Seite» stehen. Der Trugschluss liegt jedoch darin, dass sich die Kenntnisse auch auf diesem Gebiet verbessern, die zuvor errichteten Gebäude jedoch stehenbleiben und dem Bewohner den Eindruck von Sicherheit geben. Solche Fälle sind in der Vergangenheit mehrfach bestätigt worden. Das klassische Beispiel im Brückenbau ist für diesen Sachverhalt die Tacoma-Narrows-Brücke, bei der die ausgeklügelte Berechnung einzig die aerodynamische Stabilität vernachlässigte.

All dies führt folgerichtigerweise zur Frage, was denn bis heute im Erdbebenbauwesen vernachlässigt worden ist. So fragt der wissenschaftlich orientierte Ingenieur nach dem «Warum», der Praktiker hingegen nach dem «Wenn». Verwendet der Praktiker eine falsche wissenschaftliche Theorie in seiner Berechnung, einfach weil er sie blindlings für richtig hält, so kann sein Bauwerk einstürzen und Todesopfer fordern. Seine berufliche Tauglichkeit wird in der Folge in Frage gestellt; der wissenschaftlich orientierte Ingenieur hingegen kommt einzig um sein nächstes Forschungsprojekt. Und weil das heutige Wissen auf dem Gebiet des Erdbebenbauwesens noch so unvollkommen ist, ist die Verantwortung des praktischen Ingenieurs um so grösser, die wissenschaftlichen Empfehlungen mit ausserordentlicher Vorsicht anzuwenden.

Das wissenschaftliche Institut besteht aus einer Datenverarbeitungsanlage, aus Laboratorien für dynamische Versuche, einem für hydraulischen Grundbruch, einem transportablen Labor für Felduntersuchungen, einer Kleinrechenanlage für Fourier-Analysen und einem tragbaren Schüttelgerät.

In der Datenverarbeitungsanlage werden Erdbebenaufzeichnungen und Schütteltischmessungen ausgearbeitet. Die Erdbebenaufzeichnungen können in Antwortspektren umgerechnet und grafisch dargestellt werden. Die Rechenanlage für Fourier-Analysen ermittelt die Resonanz, die Dämpfung und die Frequenz einer Schwingung an verschiedenen Punkten eines Gebäudes. Das tragbare Schüttelgerät dient zur Herstellung einer Schwingung in dem zu untersuchenden Gebäude. Im hydraulischen Grundbuch-Labor wird das Verhalten des Bodens unter verschiedenen Verhältnissen und Erdbebenlasten untersucht.

Die Abendveranstaltung bestand aus einem Bankett im «Stanford Faculty Club» und erreichte ihren Höhepunkt mit einer Rede von *Nathan M. Newmark* über die Zukunft im Erdbebenbauwesen. Er eröffnete seinen Vortrag, indem er den Wert und die Bedeutung von so ausgezeichneten Einrichtungen wie der von Stanford unterstrich. Sie werden seiner Meinung nach mithelfen, eines der schwierigsten Probleme unseres Planeten zu lösen. Seine Ansprache gliederte sich in *kurzfristige* und *langfristige* Probleme, welche die kommenden 10 bzw. 25 Jahre betreffen. Darauf erörterte er die Frage, ob wir die Zukunft aufgrund der linearen Interpolation der Vergangenheit vorhersagen können. Selbstverständlich nicht, denn dies würde ja bedeuten, dass unsere Entwicklung geradlinig verläuft. Seine nächste Frage war, was unter Erdbebenforschung zu verstehen sei. Sie will nach Newmark Menschenleben retten, Schaden verhindern, wirtschaftlichen und sozialen Zusammenbruch vermeiden und vieles andere mehr. Das weitgespannte Gebiet umfasst also Fragen von der Technik bis in die Politik. Obwohl sich das heutige Wissen auch auf diesen Gebieten verbessert hat, verbleibt noch einiges an *grundlegender* Forschung:

- exakte Vorhersage von Erdbeben,
- Studium von «atypischen» Erdbebenereignissen und ihre Kontrolle, wie sie in der Umgebung von Stauseen auftreten und zu lokalen Erdstössen führen,
- die Kontrolle von langsamen differentiellen Bodenbewegungen, die gewisse Gefahren in sich bergen,
- bautechnische Verbesserungen (Entwicklung von wirtschaftlich und technisch sicheren Konstruktionen),
- die Anwendung der Forschung in Form von Warnsystemen mit Berücksichtigung der wirtschaftlichen und sozialen Strukturen.

Adresse des Verfassers: *Lukas H. E. Gruner,* Ing. ETH, MS-CE, cand. Eng. (Stanford), Gruner AG, Ingenieurunternehmung, Nauenstrasse 7–9, 4000 Basel.

CERN-Grossbeschleuniger in Betrieb

Vertreter der *zwölf Mitgliedstaaten* der *Europäischen Organisation für Kernforschung* (CERN) – Belgien, die Bundesrepublik Deutschland, Dänemark, Frankreich, Griechenland, Italien, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden, die Schweiz und Grossbritannien –, der *drei Länder mit Beobachterstatus* (Jugoslawien, Polen, die Türkei) und der *Unesco* haben an der 58. Sitzung des CERN-Rates, die im Dezember in *Meyrin bei Genf* stattgefunden hat, teilgenommen. Sie wurde von *Paul Levaux* (Belgien) präsidiert.

Auf der Tagesordnung standen die Tätigkeitsberichte der Generaldirektoren der Organisation, *Léon Van Hove* (Generaldirektor für Forschung) und *John B. Adams* (Generaldirektor für Betriebsführung), für das letzte Jahr. *Léon Van Hove* gab dem Rat einen Überblick über die diesjährigen theoretischen und experimentellen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Subnuklearphysik; *John Adams* berichtete über den Stand des Bauprogramms für den neuen Beschleuniger (das SPS) und über dessen unmittelbar bevorstehende Inbetriebnahme.

Subnuklearphysik

Die Subnuklearphysik befasst sich mit dem Studium der Grundbausteine des Universums, d. h. der Bestandteile des Atomkerns, aus denen sich die gesamte Materie zusam-