Erdbeben und Erdbebenregistrierung in China

Autor(en): **Voiret, Jean-Pierre**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 40

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85549

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

spärungen in der landseitigen Spundwand. Die Überleitung von Vorspannkräften auf die Sauberkeitsschicht wurde durch längs und quer laufende Trennschnitte in derselben reduziert.
Für die *vertikale* Vorspannung in den Pfeilern wurden Gewindestäbe verwendet, die durch Halterungen auch beim Betonieren in ihrer senkrechten Lage gehalten werden.
Um Aufschluss über die Grösse der in den Baugrund eingeleiteten und im Bauwerk verbleibenden Vorspannkräfte zu erhalten, wurden *Spannungsmessungen* mit Glötzl-Messdosen und Verformungsmessungen mit Setz-Dehnungsmessungen vorgenommen. Die Aussagekraft dieser Messungen war wegen der geringen Spannungen und Dehnungen im Beton jedoch nicht vollkommen überzeugend. Eine zusätzlich durchgeführte Kraftmessung lieferte wohl das zutreffendste Ergebnis. Bei diesem Versuch wurde der Betonierblock durch einen Spalt getrennt. Auf dem Blockende wurden die Vorspannkräfte aufgebracht und die am Spalt ankommende Kraft über Kraftmessdosen gemessen. Dabei wurden die Schnittufer des Spaltes mit hydraulischen Pressen auf einen konstanten Abstand gehalten.

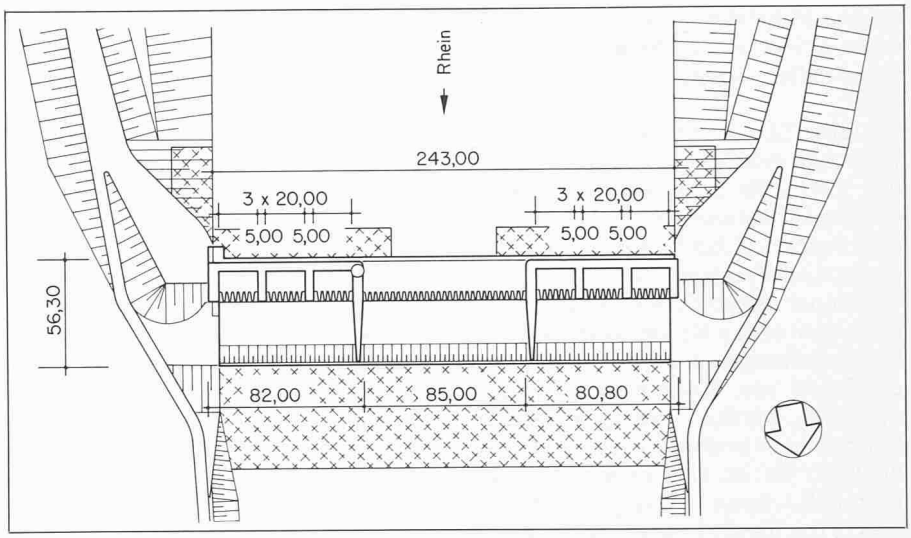


Bild 9. Lageplan des fertigen Wehres

Schlussbemerkung

Die neue Bauart beeinflusst in grösserem Masse die Arbeiten auf der Baustelle und wirft eine Reihe technischer Fragen auf. Obwohl noch keine langjährigen Erfahrungen vorliegen und eine abschliessende Antwort noch nicht gegeben werden kann, erscheint aus der Sicht der ausführenden Firmen diese neue Bauart der herkömmlichen überlegen (Bild 8 und 9).

Adresse des Verfassers: *A. Missel*, dipl., Ing. Direktor., Ed. Züblin AG, Niederlassung Karlsruhe, An der Tagweide 18, Postfach 6908, D-7500 Karlsruhe

Erdbeben und Erdbebenregistrierung in China

Von Jean-Pierre Voiret, Thalwil

Sehr früh waren die Beamten des «rationalen» chinesischen Kaiserreichs bemüht, die Naturkräfte zu beherrschen bzw. deren Einfluss vorauszusehen, zum Beispiel mit einem Netz von Regenmessern in der Provinz oder mit einem Seismographen am Hof. Adäquate Baumethoden hatten schon vor Jahrtausenden die Möglichkeit gegeben, Zerstörungen seismischen Ursprungs an den Gebäuden in Grenzen zu halten. Der Artikel beschreibt insbesondere den Pendelseismographen des Zhang Heng (2. Jh. unserer Zeitrechnung) und behandelt einzelne Aspekte der modernen Erdbebenforschung.
Les fonctionnaires de l'empire «rationnel» des chinois ont toujours essayé de maîtriser les forces de la nature – ou du moins d'en prévoir les effets: par exemple avec un réseau de pluviomètres en province et avec un sismographe à la cour. Très tôt, des modes de construction appropriés ont permis de limiter les dégâts d'origine sismique aux bâtiments. L'article décrit également en détails le sismographe à pendule de Zhang Heng (2e s. de notre ère), puis expose différents aspects de la prévision moderne des séismes.

Erdbeben liefern leider immer wieder Stoff für Schlagzeilen. So gab es z. B. in jüngster Zeit starke Erdbeben in *Japan* (12. Juni 1977: *Sendai*, ca. 300 km nördl. v. Tokio, 21 Tote, 340 Verletzte, Stärke 6,5 auf der Richterskala), in *Griechenland (Saloniki*, 22. Juni 1977, Stärke 6,5 auf der Richterskala, mehr als 50 Tote, weil Bauweise weniger günstig als in Japan) und im *Iran* (Ende September 1978 in *Tabas* und Umgebung, Stärke 7,7; ca. 25 000 Tote!). Das jüngste Beben an der südlichen *jugoslawischen Adriaküste* (15. April 1979) dürfte ausserdem noch in aller Erinnerung sein.

Der Bericht über die Wahrscheinlichkeit einer seismischen Bedrohung in der Schweiz, der im ersten Halbjahr 1978 in dieser Zeitschrift (Heft 7, 1978) veröffentlicht wurde, zeigt ebenfalls, dass in bestimmten Gebieten unseres Landes (Wallis, Umgebung von Basel u. a.) auch Erderschütterungen grösseren Ausmasses vorkommen können.
Für den Menschen gibt es zwei hauptsächliche Methoden, um sich gegen solchen Katastrophen einigermassen zu schützen: Er kann entweder Baumethoden entwerfen, die zumindest gegen schwache und mittlere Beben einen bestimmten Schutz gewährleisten, oder er kann versuchen, die Beben rechtzeitig vorauszusehen.
Erdbeben voraussehen ist allerdings nicht einfach. Erst im letzten Drittel dieses Jahrhunderts ist es endlich gelungen, entscheidende Fortschritte auf diesem Gebiet zu erzielen. Sehr früh allerdings hat der Mensch schon probiert, die tellurische Erschütterung wenigstens zu registrieren.

Bewegte Erde, stabiles Reich

Es ist an sich nicht erstaunlich, wenn gerade China als erste Kulturnation erwähnenswerte Ergebnisse auf dem Gebiet der Erdbebenmeldung erzielt hat – und dies viel früher als manche meinen. Es gibt dafür zwei Gründe:
China liegt in einer seismisch sehr aktiven Zone unseres Planeten, so dass sich dort die Menschen viel unmittelbarer als wir vor der tellurischen Tätigkeit ausgeliefert sehen. Viel früher als bei uns hat sich China als Zentralstaat organisiert. Es hat auch versucht, die Naturkräfte zu erkennen und zu messen – was eigentlich den ersten Schritt auf dem Weg zur Beherrschung dieser Kräfte darstellt. Obwohl man heute in China viel vom einstigen «Feudalismus» spricht, um das «Ancien régime» zu diskreditieren, ist es doch tatsächlich so, dass es seit mehr als 2000 Jahren in diesem fernen Land nichts gegeben hat, dass dem wirren Lehnswesen (feudum)

unseres Mittelalters, oder der hierarchischen Kriegersippen-Anarchie des vorindustriellen Japans, ähnlich gewesen wäre.

Im Jahre 221 vor unserer Zeitrechnung vereinigte *Prinz Zheng von Qin* (der sich den Titel «Shi huangdi», d. h. «erster erhabener Kaiser», gab) das chinesische Reich auf Jahrhunderte hinaus zu einem – im Verhältnis zur übrigen Welt – rational organisierten Staat. Schon unter dem ersten Kaiser wird das Land in Verwaltungsbezirke unterteilt, wird die Breite von Strassen und Kanälen normiert, werden Schrift, Gewichte, Längenmasse und anderes mehr vereinheitlicht. Es ist also nicht weiter erstaunlich, wenn gerade in diesem Reich, das bis 1911 dauern wird, das *erste, bewusst organisierte Netz von Regen- und Schneemessstationen der Welt* angelegt wird. Man weiss zwar nicht genau, wann der Regenmesser in China erfunden wurde. Bekannt ist hingegen, dass während der *Song-Dynastie* im 12.–13. Jh. die aus diesen Geräten gewonnenen Daten von den lokalen Magistraten nach der Hauptstadt weitergeleitet wurden, um sie dort zentral auszuwerten, um bevorstehende Überschwemmungen rechtzeitig zu ermitteln und auch die notwendigen Massnahmen (Warnung der Bevölkerung, Verstärkung von Dämmen und Deichen) zu treffen. In Europa dagegen wurde der erste Regenmesser, «pluviometro» genannt, von *B. Castelli*, einem Freund *Galileis*, erst 1639 erfunden.

Noch weniger bekannt als die Song-Regenmesser sind bei uns die alten chinesischen Seismographen der späteren *Han-Dynastie*, die zum erstenmal im Unesco-Kurier einem breiteren Publikum vorgestellt wurden. Entwickelt wurde dieses Instrument vom Mathematiker *Zhang Heng*, der in den Jahren 78 bis 139 unserer Zeitrechnung lebte. Er stand am Hofe beim «Astronomie- und Kalenderbüro» im Dienste. Bei uns wurde erst im Jahre 1703 ein Seismograph entwickelt, und zwar von *Hautefeuille*, der in jenem Jahre sein *Quecksilberseismograph* der «Académie des Sciences» vorstellte. Erwähnen muss man auch die in einem alten Text zitierten Verwendung eines Seismographen in der Sternwarte von *Smaraghah (Persien)* im 13. Jh. Dieser Apparat ist ebenfalls verloren gegangen. Man vermutet aber, dass es sich um einen chinesischen Seismographen handelt, der Persien über die «Seidenstrasse» oder per Schiff erreicht hat.

Sehr früh haben die Chinesen versucht, auch ihre Bauten gegen die Wucht der Erdstösse durch eine entsprechende Bauweise zu schützen. Vor mehr als 3000 Jahren, wie die Ausgrabungen von *Anyang* beweisen – haben sie dafür eine sehr elegante Lösung gefunden und sie dann durch die Jahrhunderte hindurch weitergeführt. Die Grundidee ist eigentlich logisch: Die Elastizität und die Flexibilität des Holzes ist dem hohen Widerstand des schweren und leicht einstürzenden Steins vorzuziehen. (Dies soll *nicht dogmatisch*, als streng kausale Überlegung, aufgefasst werden; auch andere Zusammenhänge – z. B. die relative Seltenheit von Stein in der Gegend des Gelben Flusses u. a. m. – haben sicher bei der Entstehung dieser Bauweise mitgewirkt.) Diese Idee führte aber zu einer modernen Lösung, die bei uns erst im 19. Jh. erschien: Im alten China tragen nicht die Mauern das Dach, sondern eine besondere *aus Säulen, Balken und Pfetten bestehenden Struktur*. Die Mauern sind nur noch Füllung, «hängende Wände», wie man heute sagen würde. Das tragende Material ist, wie gesagt, *Holz*, dessen Elastizität um so besser genutzt wurde als die Chinesen nichts taten, was seine Fasern hätte schwächen können: sie liessen die Säulen und Träger, so oft es irgendwie ging, nicht vierkantig behauen, sondern liessen die ganze runde Struktur des Stammes oder des Astes bestehen. Sie entwickelten zudem ein unglaublich raffiniertes System von Streben, Querbalken, Hebel- und Konsolenarmen, um die Last des Daches gleichmässig zu verteilen (Bild 1). Schliesslich wurden die Säulen auf Steinsockel gestellt, um das Morschwerden des Fusses zu verhindern. Soweit man dies weiss, versteht man besser, weshalb es in China trotz vielen verheerenden Erdbeben (wie das von 1556, das den Tod von ca. 800 000 Menschen in den Provinzen Shan-xi, Shen-xi und Henan verursachte) noch alte Tempel und Paläste gibt, die nie oder nur teilweise eingestürzt sind; man findet tatsächlich im Reich der Mitte verschiedene Tempel aus der Song-Zeit (960 bis 1279) (Bild 1), deren Wände sicher einige Male bei Erdbeben zerbröckelten, die sich aber nachher mühelos (weil nicht tragend) reparieren liessen. Die wunderschönen und schweren Dächer hingegen sind dank ihrer flexiblen Holzsäulen nicht eingestürzt. Ähnliches ist übrigens auf Bild 6 zu sehen, das im Sommer 1976 in Peking nach dem grossen Tangshan-Beben aufgenommen wurde: Die Wände des links in der Bildmitte sichtbaren traditionellen Hauses sind eingestürzt, die tragende Holzstruktur und das Dach sind aber trotz der relativen Primitivität der Konstruktion intakt geblieben.

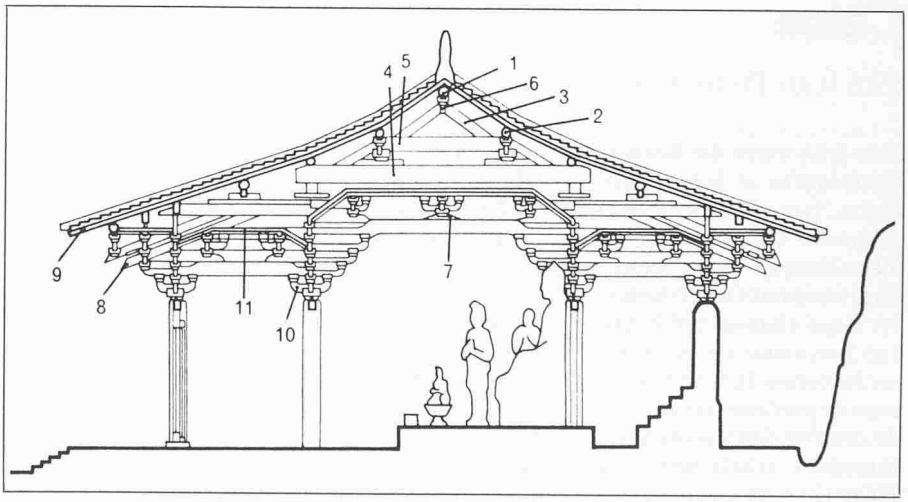


Bild 1. Tragende Struktur für das Dach der Haupthalle des Tempels «Fo guang si» am Berg Wu tai shan (Provinz Shanxi). Diese Halle wurde in den Jahren zwischen 850 und 860 unserer Zeitrechnung gebaut. Die Provinz Shanxi war im Jahre 1556 von einem sehr starken Erdbeben heimgesucht worden (nach «Architektur der Welt».

1 Firstpfette, 2 Pfette, 3 eine Art Strebe, 4 Querbalken, 5 Oberer Querbalken, 6 Kurzer Pfosten, 7 t'uo-feng, 8 Hebelarm, der seinen inneren Balkenkopf unten gegen einen Querbalken stützt, 9 Sparren, 10 Konsolenarm, 11 Decke

Zhang Hengs Seismograph

Woher wissen wir, dass *Zhang Heng* im Jahre 132 unserer Zeitrechnung einen Seismographen entwickelt hat? Man könnte genausogut fragen: Woher wissen wir, dass die Chinesen den *Halley-Kometen* schon im Jahre 467 vor unserer Zeitrechnung beobachtet und dass sie das Wiedererscheinen des Komets (−240, −163, −87 usw.) ebenfalls genau erfasst haben? Man könnte viele ähnliche Fragen stellen. Die Antwort ist einfach: Vom Augenblick an, da China als Reich organisiert war, gehörte die Eintragung der Naturerscheinungen und der physischen Phänomene zur offiziellen Aufgabe der Regierung. Die Regierung schuf entsprechende Organe (astronomisches Büro, historiographisches Amt usw.): Seit jener Zeit ist die Registrierung und Weitergabe aller interessanten Erscheinungen und Ereignisse aus der Natur- und der Menschengeschichte in China unglaublich viel präziser als in allen anderen Hochkulturen. So findet man z. B. die Zhang Hengs Instrument betreffende Information im «Hou Han shu», d. h. in der

historischen Chronik der späteren Han-Dynastie. Man findet darin folgenden Abschnitt:

«Im ersten Jahre der ‹Yangjia›-Regierungszeit (+132) wurde zudem von Zhang Heng eine «Erdbewegungs-Wetterfahne» (hou feng di dong yi) erfunden. Dieser Apparat bestand aus einem fein gegossenen Bronzegefäss, das wie ein grosser Weinkrug aussah und acht ‹chi› Durchmesser aufwies. Er trug einen gewölbten Deckel und wies ein fein dekoriertes Äussere auf(...). Innen befand sich eine mittlere ‹Säule›, die sich in die acht Himmelsrichtungen bewegen konnte und so gestaltet war, dass ein Öffnungs- und Schliessungsmechanismus dabei betätigt wurde. Am Umfang des Gefässes befanden sich acht Drachenköpfe, mit je einer Kugel in jedem Drachenmaul. Unten befanden sich acht Kröten mit weit offenem Maul, um die fallende Kugel aufzufangen. Der ‹Zähnemechanismus› (wortwörtlich für ‹ya ji›, Voi.) sowie die kluge Konstruktion waren im Gefässinnern versteckt, und der Deckel sass ganz genau darauf, ohne Spalt und ganz rissfrei.

Ereignete sich ein Erdbeben, begann die Vorrichtung, welche die Drachenknöpfe betätigte, zu vibrieren, so dass eine Kugel von einem Drachenkopf ausgespuckt wurde und ins entsprechende Krötenmaul fiel. Dabei wurde der Beobachter durch den Klang der in die metallische Kröte fallenden Kugel auf das Ereignis aufmerksam gemacht. Obwohl ein Drachenkopfmechanismus ausgelöst wurde, bewegten sich die anderen sieben Köpfe nicht: so genügte es, die Richtung des betätigten Kopfes zu bestimmen, um zu wissen, wo das Beben herkam. Als die Eigenschaften des Apparats anhand tatsächlicher tellurischen Ereignissen geprüft wurden, wurde eine wunderbare Übereinstimmung festgestellt. Nichts ähnliches war seit den ältesten Eintragungen ins Buch festgestellt worden. (Das ‹Buch›: hier ist das ‹Shu jing›, das Buch der chinesischen Altertumsgeschichte, gemeint.) Eine Kugel fiel eines Tages aus einem Drachenmaul, ohne dass man an Ort und Stelle eine Erschütterung gespürt hätte. Alle Gelehrten der Hauptstadt wurden von dieser erstaunlichen Wirkung, die keine sichtbare Ursache hatte, in Staunen versetzt. Eine Botschaft erreichte aber einige Tage später den Hof: Sie meldete ein Beben in Longxi, in der Provinz Gansu, etwa 100 km westlich der damaligen Hauptstadt Luoyang. Nach diesem Ereignis wurde die geheimnisvolle Kraft des Apparats von allen anerkannt und es wurde hinfort den Beamten des «Astronomie- und Kalenderamts› zur Aufgabe gemacht, mit Hilfe des Apparats die Richtung der jeweiligen Beben genau zu registrieren.» (Übersetzt aus *J. Needham*, SCC, Bd. III, S. 627.)

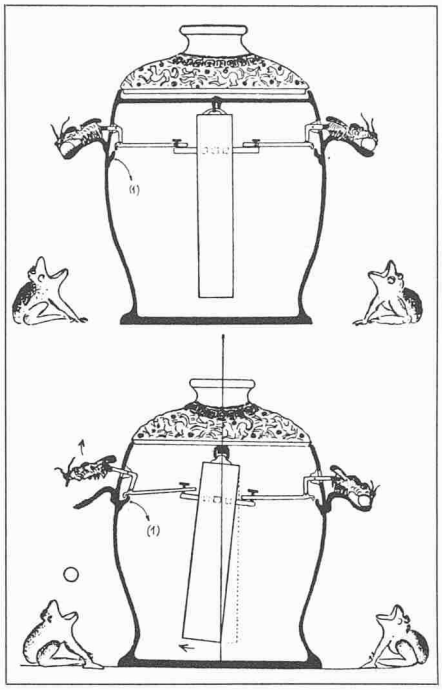


Bild 2. Wang Zhendes erste Rekonstruktion des Zhang-Heng-Seismographen. Das mittlere Pendel trägt acht kurze Arme (acht Himmelsrichtungen), die an ihrem äusseren Ende mit gleichviel Hebeln verbunden sind. Die Hebel betätigen die entsprechenden Drachenköpfe (bzw. deren bewegliche obere Hälfte); sie weisen zudem einen Haken zum Festhalten des Pendels auf. Wird ein Hebel vom Pendel betätigt, so befreit er die entsprechende Kugel und bleibt im Haken (1) des Gefässes hängen, so die Richtung des Erdstosses sichtbar machend. Diese Rekonstruktion stammt aus dem Jahre 1936 (nach Needham).

lere Säule» als ein Pendel verstanden.

Er hat angenommen – wie später auch der Chinese *Wang Zhende* –, dass es sich um ein hängendes Pendel handelte. Wang Zhende ist übrigens der erste, der eine detaillierte Rekonstruktion des Seismographs wagte. Sie wurde 1936 veröffentlicht (Bild 2). Das Bild zeigt, dass er ein Hackensystem annahm, um zu erklären, wie das Pendel nach dem Hauptstoss festgehalten wurde, damit keine weiteren Kugeln vom Apparat fallen. Die Bewegung des Pendels wird durch einen Hebelmechanismus an den Drachenkopf weitergegeben.

Im Jahre 1942 veröffentlichte der Japaner *Imamura Akitsune* ebenfalls einen Artikel über dieses Thema. Er behauptete darin, das von Wang vorgeschlagene Hackensystem sei ungenügend, um eine weitere Bewegung des Apparats im Falle eines Begleitstosses sicher zu verhindern. Er nahm deshalb an, Zhang Hengs Pendel müsse ein umgekehrtes Pendel sein, und schlug die in Bild 4 vorgeschlagene Lösung vor: Man sieht, wie sein umgekehrtes Pendel nach einem Erdstoss in acht verschiedene Richtungen fallen kann; das Pendel stösst dabei einen Stössel, der seinerseits die normalerweise von einer kleinen Leiste oder Schwelle zurückgehaltene Kugel ausstösst. Nachdem das Pendel in eine solche Position gefallen

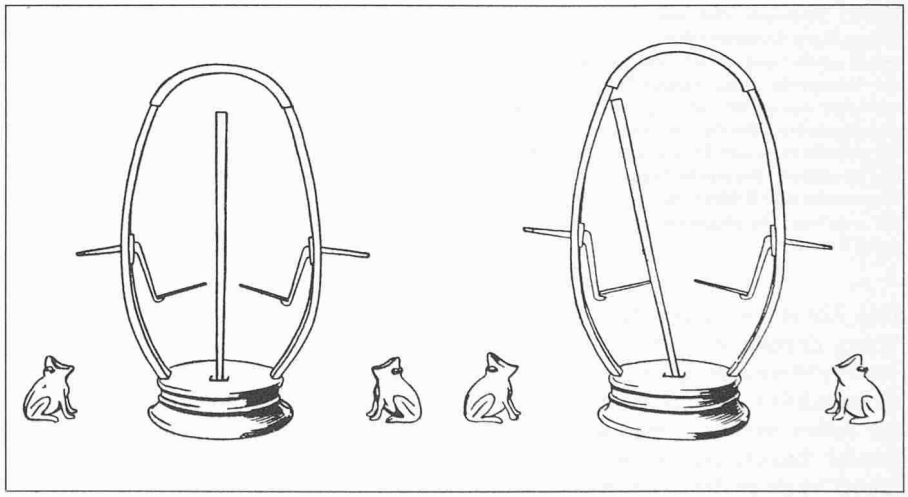


Bild 3. Wang Zhendes zweite Rekonstruktion des Zhang-Heng-Seismographen (1952). Der Autor hat die inzwischen veröffentlichte Idee Imamuras mit dem umgekehrten Pendel vgl. Bild 7) aufgenommen. Er ist jedoch seinem Hebelmechanismus treu geblieben (nach Needham).

Da wir bisher keinen Apparat dieses Typs besitzen – ein Pekinger Archäologe hat mir diesen Sommer allerdings gesagt, man hoffe immer noch, ein solches Gerät in einem der zahlreichen noch ungeöffneten Kaiser- und Prinzengräber Chinas zu finden –, sind wir auf diesen Text angewiesen (er ist glücklicherweise ziemlich detailliert), wenn wir uns ein Bild des Apparats und vor allem seiner Funktionsweise machen wollen. Als erster hat der Engländer *Milne* («Earthquake and other earth movements», London 1886) die «mitt-

ist, kann es auf keinen Fall mehr oszillieren.

Nach dem Konzept von Imamura ist ein Modell gebaut und an der seismologischen Station der Universität Tokio ausprobiert worden. Man musste aber feststellen, dass die betroffene Kugel allgemein nicht durch die erste longitudinale Welle, sondern durch die zweite, sie begleitende Transversalwelle herausgestossen wurde. Ausnahmen wurden allerdings bei starken Erdbeben beobachtet, wobei in einem Fall die Kugel schon beim ersten Erdstoss fiel. Wir

müssen also annehmen, dass Zhang Heng sein Instrument geeicht hatte und dass die verantwortlichen Beamten fähig waren zu unterscheiden, ob die Richtung des Bebens in der Richtung der heruntergefallenen Kugel oder senkrecht zu ihr angenommen werden musste.

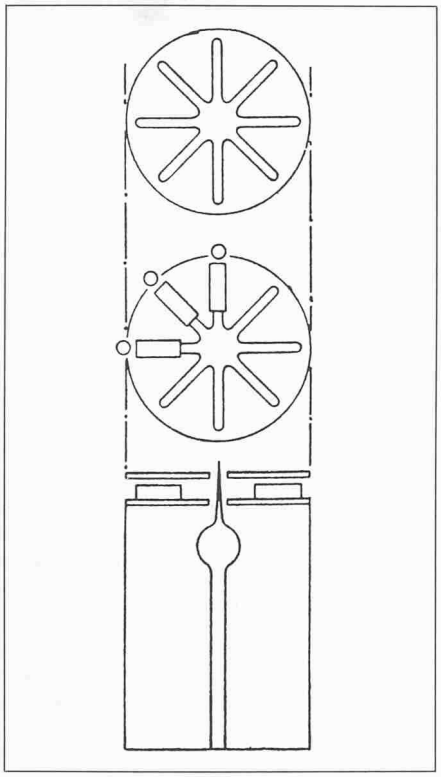


Bild 4. Imamura Akitsunes Rekonstruktion des Zhang-Heng-Seismographen (1942). Dieses Gerät wurde gebaut und an der seismologischen Station der Universität Tokio aufgestellt. Imamuras Idee war, dass das «Herz» des Apparates Zhang Hengs ein umgekehrtes Pendel sein müsse, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten: Ein Hakensystem ist hier überflüssig. Bei einem Erdstoss fällt das Pendel in einen der acht Schlitze, stösst dabei einen Stössel, der seinerseits die entsprechende Kugel hinauswirft (nach Needham).

Der Autor der ersten Rekonstruktion, Wang Zhende, erkannte nach Imamuras Veröffentlichung den Vorteil seiner Konstruktion und veröffentlichte später selber ein auf dem umgekehrten Pendel basierendes Konzept (Bild 3). Dabei blieb er dem Hilfsmechanismus mit Hebeln treu.

Die Erdbeben aus der Zeit Zhang-Hengs sind genau aufgezeichnet, ebenfalls der historischen Chronik der Han-Dynastie. Vom Jahre +46 an waren 25 wichtigere Beben in mehr als 50 Verwaltungsbezirken spürbar gewesen. In den Jahren unmittelbar vor der Erfindung des Seismographen war die alte Hauptstadt Chang'An selbst dreimal betroffen worden. Sie wurde es wieder in den Jahren 133 und 135, nachdem Zhangs Apparat am Hof installiert war. Ein starkes Beben wird auch für das Jahr 138 in der Provinz Gansu angegeben. Es handelt sich wahrscheinlich um jenen Erdstoss, der die Hofgelehrten so erstaunt und der den Beweis für die Empfindlichkeit von Zhangs Instrument erbracht hatte.

Zhang Heng bekleidete übrigens in jener Zeit am Hof das Amt eines «Tai shi ling», d. h. eines «hohen Beamten der Astronomie». Noch berühmter als für seinen Seismographen ist er für die Entwicklung der *Armillarsphäre* (+124 bzw. +132 für die angetriebene Armillarsphäre) und für sein Astronomiebuch «Ling xian» geworden. Zhang Heng war Astronom, Mathematiker und Dichter!

Was das Schicksal des Seismographen betrifft, ist den späteren Dynastiegeschichten zu entnehmen, dass solche Geräte noch unter den Tang (618–907) verwendet wurden. Später dagegen verliert man ihre Spur; erst im 18. Jh. – zur Zeit der Europäischen Klassik – entsteht bei uns ein moderner Apparat, der auch fähig war, jene *unregelmässige* Ereignisse, welche die Erdbeben sind, zu registrieren und zu messen.

Heutige Bebenvoraussagemethoden

Im Gegenteil zu Stürmen, die sich mit erheblichen Änderungen von Temperatur und Luftdruck im voraus bemerkbar machen, sind bis heute Erdbeben praktisch nicht voraussagbar. Man weiss, dass auf diesem Gebiet die Sowjetrussen erste gewichtige Fortschritte erzielt haben. Im Jahre 1949 hatte ein schweres Erdbeben im *Tadjikistan* mehr als 10 000 Personen getötet. Daraufhin schickte die Akademie der Wissenschaften der UdSSR eine Gruppe von Wissenschaftlern in diese entfernte Region mit der Aufgabe, Veränderungen im Naturgeschehen und andere Symptome zu untersuchen, die für die frühe Anzeige von Erdbeben benützt werden könnten. Diese Reise stellte den Anfang einer langen Arbeit von zwanzig Jahren dar, am Ende derer die russische Wissenschaftler erstaunliche Entdeckungen veröffentlichten: Sie hatten im Laufe der Jahre u. a. entdeckt, dass die tieferen Felsformationen vor dem Auftreten grösserer Erdstösse messbare Änderungen des elektrischen Widerstands aufwiesen, dass der Radongehalt des Wassers aus tieferen Brunnen zunahm, dass die Oberfläche der betroffenen Region sichtbare Deformationen aufwies und dass in grosser Tiefe ausgestrahlte seismische Wellen eine relevante Änderung ihrer Geschwindigkeit feststellen liessen.

Diese Entdeckungen und Messmethoden, die inzwischen in mehreren Ländern (v. a. Russland, USA und Japan) verbessert und verfeinert wurden, führten mit der Zeit zu praktischen Anzeigeverfahren, Verfahren, die zwar leider noch nicht hundertprozentig sicher sind. Sie haben immerhin in den letzten Jahren erlaubt, einige Erdbeben in verschiedenen Ländern vorauszusagen, was an sich schon ein schönes Ergebnis darstellt.

Im Jahre 1974 bekam eine Gruppe von amerikanischen Seismologen, unter der Leitung von *Frank Press*, ein Visum für die Besichtigung Chinas. Sie konnten feststellen, dass die Chinesen über einen gut ausgerüstetes Erdbebendienstnetz verfügen. Ihm gehören etwa 10 000 ausgebildete Seismologen an, die zudem mit Amateuren in Verbindung stehen, die mit der Beobachtung der Brunnen und der Tiere beauftragt sind. Den Amerikanern wurde ferner der Beweis von drei erfolgreichen Bebenvoraussagen präsentiert, die u. a. auf der Feststellung von abnormalem Benehmen bei bestimmten Tieren (Ratten, Schlangen, Geflügel) beruhten. Den grössten Erfolg stellte die Voraussage des Erdbebens bei *Haicheng* (500 km südlich von Shenyang – dem alten Mukden – gelegen) in der Mandschurei dar: Die ersten Anzeichen einer konkreten Bedrohung wurden dort schon im Jahre 1970 festgestellt. Eine grössere Anzahl Spezialisten wurden sodann in diese Gegend geschickt. Im Jahre 1974 registrierten diese Fachleute immer mehr anomale Werte auf ihren Geräten, während die Amateurbeobachter ihnen eine steigende Anzahl Berichte über besondere Feststellungen schickten: Auftreten von Blasen und Schlamm in den Brunnen verschiedener Volkskommunen, ungewöhnliches Verhalten von Vieh und Hunden usw. Die Fachleute konnten ihrerseits tatsächlich eine *Zunahme des Radongehalts in den Brunnen* feststellen.

Dann kam ein erster Warnstoss, mit Stärke 4,8 auf der Richterskala, was Anlass zu einem falschen Alarm gab: Die Bevölkerung verbrachte zwei Nächte draussen in der Kälte des mandschurischen Winters, ohne dass weitere Stösse eintrafen. Dann, im 1975, wurde von den Seismologen eine dringende Alarmwarnung ausgegeben. Den Massen wurde befohlen, Hütten draussen auf dem Feld zu bauen (Bild 5 zeigt solche Notunterkünfte auf einem Bahnhof im Sommer 1976, anlässlich des Tangshaner Bebens), und die Stadt Haicheng wurde evakuiert. Der Erdstoss, mit Stärke 7,3 auf der Richterskala, ereignete sich am 4. Febr., fünfeinhalb Stunden nach dem Alarm. Haicheng und Umgebung wurden zerstört. Doch gab es keine grösseren Verluste an Menschenleben.

Eine Konsequenz dieser Ereignisse bzw. der Reise der amerikanischen Gruppe nach China war, fortan die Tierbeobachtungsmethode ernst zu nehmen. Es scheint, dass bestimmte Tiere empfindliche und nützliche «Instrumente» sein können, deren Verwendung vor 15 Jahren allerdings alles andere als denkbar war. Diese Informa-

tionen haben zudem bewiesen, mit welch primitiven Mitteln Voraussagen zu machen sind, wenn auch ihre Gültigkeit noch einiges zu wünschen lässt. Diese Erkenntnis dürfte für Entwicklungsländer wie z. B. die Nationen Zentralamerikas sicher von Bedeutung sein (Guatemala-Beben vom Feb. 1976). Allerdings dürften hochentwickelte, labormässige Untersuchungsmethoden der einzig sichere Weg zur «totalen» Voraussage sein, dies scheint allerdings ebenso sicher zu sein.

Aber selbst dann, wenn effektiv die Möglichkeit zur Erdbebenvorhersage gegeben sein wird, sind im Westen auf diesem Gebiet nicht alle Probleme gelöst. Es werden uns nämlich noch viele *Nebenprobleme* beschäftigen, wie zum Beispiel:

Wie kann man eine Bevölkerung, die vielfach aus «Individualisten» besteht, die nicht durch eine engmaschige, straffe Organisation (wie eine «Einheitspartei») kontrolliert und geführt wird, ordentlich evakuieren? Wie vermeidet man ein totales Chaos, verursacht durch eine übergrosse Zahl von Autos? Wenn man sich z. B. die Lage des erdbebengefährdeten San Francisco vergegenwärtigt, bemerkt man, dass dies keine «akademischen» Fragen, sondern sehr konkrete Probleme sind. Es zeigt gleichzeitig, dass für uns die eigentlichen Lösungen auf ganz *spezifischen* Sektoren zu suchen sind, wie z. B.:

- langfristige Voraussagen,
- erdbebensicheres Bauen,
- gute Feuerbekämpfungs- und Notfallorganisationen (Zivilschutz für den Katastrophenfall),
- Massnahmen zum schnellen Entleeren von Staubecken usw.

Abschliessend müssen wir uns noch im Zusammenhang mit China eine letzte Frage stellen: Wie konnte im Jahre 1976 das Erdbeben von *Tangshan* (Tangshan befindet sich in der Provinz Hebei, etwa 750 km östlich von Peking und 400 km nordöstlich von Tianjin) so «unerwartet» auftreten? Warum so viele Todesopfer? Warum so ein Misserfolg, nach einigen bestätigten Erfolgen der chinesischen Detektionsmethoden?

Für eine Antwort auf diese Frage ist man leider immer noch auf Mutmassungen angewiesen. Zunächst muss man eingestehen, dass noch keine Voraussagemethoden ganz sicher sind; selbst die amerikanischen Forscher rechnen mit mindestens 10 Jahren, bis in den USA sichere Verfahren routinemässig angewedet werden können. Anderseits muss man wissen, dass die chinesischen Fachleute ein starkes Beben in der weiteren Umgebung von Tianjin im Zeitabschnitt bis 1980 erwarteten. Und trotzdem wurde am 28. Juli 1976 keine Alarmwarnung ausgegeben.

Wurden bestimmte Warnzeichen ver-

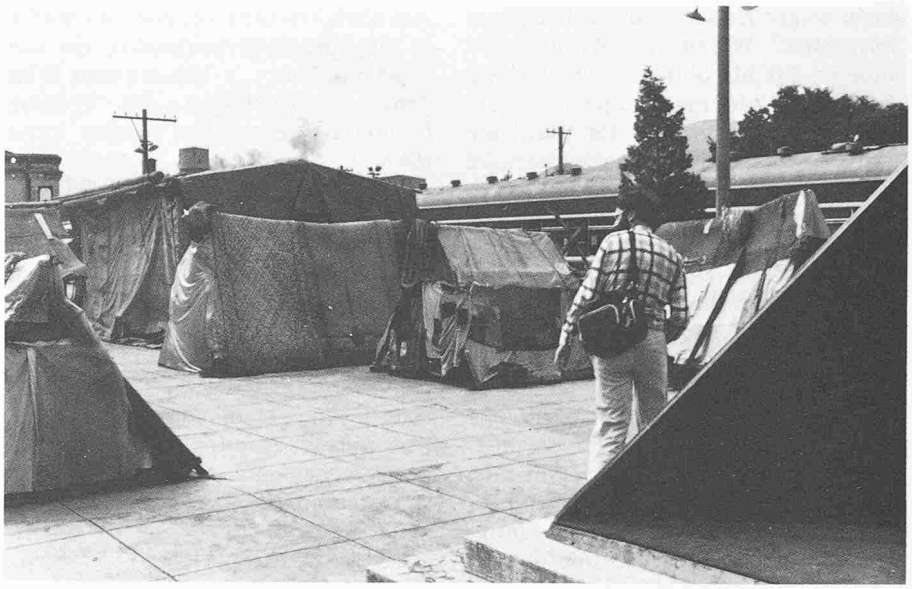


Bild 5. Provisorische Zelte auf dem Areal des Bahnhofs Nankou, Aug. 1976 (Bild J.-P. Voiret)



Bild 6. Beschädigte traditionelle Häuser in Peking, Aug. 1976 (Photo J.-P. Voiret)

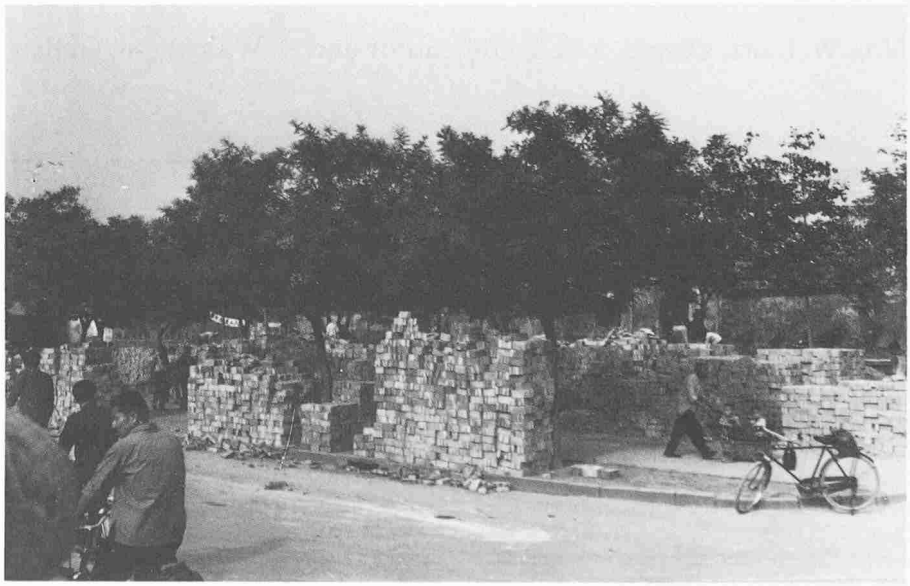


Bild 7. Von Lastwagen der «Volksbefreiungsarmee» gelieferte Backsteine in einem älteren Quartier Pekings, Aug. 1976 (Photo J.-P. Voiret)

nachlässigt? Haben sich die Fachleute verrechnet? Waren die Warnzeichen anderer Art als üblich? Oder hat die Anti-Teng-Xiaoping-Kampagne, die ebenfalls gegen die «elitären Fachleute und Wissenschaftler» gerichtet war, die Arbeit der Seismologen gestört? Man kennt vorläufig die Antwort nicht.

Ich war drei Wochen nach der Katastrophe in China. Aus der Mongolei mit der Eisenbahn kommend, wurde für den Reisenden das tragische Ereignis ungefähr ab Zhan Jiakou (etwa 200 km nordwestlich von Peking) sichtbar: Als Sicherheitsmassnahme gegen eventuelle Nachbeben schlief überall die Bevölkerung draussen in Zelten und ähnlichen Provisorien (Bild 5). In Peking selbst zeigten die Eisenbeton-Bauten praktisch keine Schäden. Die traditionellen Häuser hatten dageben teilweise Schaden genommen (Bild 6). Die «Weisse Pagode» hatte auch ihre Spitze (eine längliche Kugel, die seither wieder angebracht wurde) verloren, und die Steinmauern des zoologischen Gartens waren auf weiten Strecken eingestürzt. Auf allen Trottoirs der älteren Quartiere sah man Backsteinhaufen, die zum Wiederaufbau von Mauern und Wänden von Lastwagen der Volksbefreiungsarmee geliefert worden waren (Bild 7).

Die wenigen westlichen Beobachter, die während des Erdbebens in China waren, haben alle in jenen Wochen ein weitgehend einwandfreies Funktionieren des chinesischen Zivilschutzes festgestellt: schnelle Aufstellung von Kommandoposten, gut organisierte Lieferungen von Medikamenten und Lebensmitteln, geordnete Evakuierung der Personen nach Altersgruppen, Aufstellung von unzähligen Sanitätsstationen usw.

Es scheint, dass bis ins Zeitalter der sicheren Erdbebenvorhersage ein gut organisierter Zivilschutz und ein gut armierter Beton für die Menschen den besten Schutz gegen die Bedrohung durch grosse tellurische Katastrophen darstellen.

Bemerkung: Alle chinesischen Worte und Namen des vorliegenden Textes sind (mit Ausnahme von «Peking») in der offiziellen «Pin yin»-Umschrift der Volksrepublik China geschrieben. Schade, dass die Weltpresse noch Angst hat, diese Umschrift anzuwenden, stellt sie doch – nach 300 Jahren sinologischen Durcheinanders – die erste vernünftige und einheitliche Romanisierung der chinesischen Schrift dar.

Literatur:

Needham J.: «Science and Civilisation in China» (SCC), Bd. III, Cambridge (GB) 1959.

Canby T. Y.: «Can we predict quakes?». «National Geographic Magazine» Bd. 149, Nr. 6, Juni 1976

Kux E.: «Bebendes China». «Neue Zürcher Zeitung», Nr. 188, 13. Aug. 1976

Adresse des Verfassers: Dr. *J.-P. Voiret*, dipl. Ing. ETH. Alte Landstr. 79, 8800 Thalwil

Schutzmittel und Spezialanstrichstoffe für Holz

Das Lignum-Bewertungsverfahren

Von W. Lanz, Zürich, J. Sell, Dübendorf und O. Wälchli, St. Gallen

Vor rund 25 Jahren ist ein Prüf- und Bewertungsverfahren von der Lignum und der EMPA geschaffen worden, um den Produzenten bzw. Lieferanten von Holzschutzmitteln auf freiwilliger Basis eine Gütebewertung ihrer Produkte zu ermöglichen. Für den Anwender ergibt sich hieraus die Gewähr, dass das betreffende Produkt einwandfrei wirksam ist [1]. Das Verfahren hat sich – mit wenigen Modifikationen – bis heute bewährt. Einige Unsicherheiten der Holzschutzbranche über die Konsequenzen der 1971 verschärften Bestimmungen im Rahmen der Giftgesetzgebung [2, 3], die im übrigen nicht Gegenstand des Verfahrens sind, sowie Fragen über den praktischen Nutzen des Bewertungsverfahrens lassen es zweckmässig erscheinen, den *heutigen Stand für die Praxis* zu beschreiben.

Zweck

Seit das Verfahren besteht, hat sich an seiner Zielsetzung nichts wesentliches geändert. Es geht darum, auf dem Gebiet des *chemischen* Holzschutzes *(gegen Pilze* und *Insekten)* sowie spezieller Schutzbehandlungen (z. B. *entflammungshemmender oder feuchteschützender Art)* durch *neutrale Prüfung* und *fachgerechte Bewertung* mitzuhelfen, dass

- in der Schweiz geeignete Produkte verwendet werden,
- diese sinnvoll und technisch richtig verwendet werden
- und damit Fehlschläge und Missbräuche vermieden werden können.

Die Zielsetzung dient letztlich einem möglichst guten Schutz solcher Holzbauteile, die aufgrund ihres Verwendungsbereiches ohne den chemischen Holzschutz schadensgefährdet wären. Dies kommt der Holzverwendung auf vielen Gebieten zugute.

Organisation

Die Stationen des Verfahrens sind im Bild schematisch dargestellt. Es wird ferner in einem Reglement der Lignum vom 25. Jan. 1977 eingehend beschrieben (Bezugsquelle: Lignum, Falkenstr. 26, Zürich, sowie EMPA Dübendorf und St. Gallen; auch eine französische Fassung liegt vor). Demnach wird nach Auftragserteilung (bei der Abteilung Holz der EMPA Dübendorf) das – auf die Produktart abgestimmte – Normalprüfprogramm der EMPA abgewickelt (siehe folgenden Abschnitt); hierfür muss der EMPA folgendes angegeben bzw. zur Verfügung gestellt werden:

- Genaue Handelsbezeichnung des Produktes;
- Kopie der Verfügung des Eidg. Gesundheitsamtes (EGA), Bern, über die Aufnahme in die Giftliste und die besonderen Bedingungen für die geforderten Angaben