

Ueber die Vertikalbeanspruchung von Bauwerken bei Erdbeben

Autor(en): **Wanner, E. / Schweizerische Erdbebenwarte**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **97/98 (1931)**

Heft 14

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-44753>

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.

INHALT: Ueber die Vertikalbeanspruchung von Bauwerken bei Erdbeben. — Elektrifikation der Bodensee-Toggenburgbahn. — Wettbewerb für ein Schulhaus, Sitten. — Lehrgerüst der Strassenbrücke über die Maggia. — Beton- und Eisenbetonarbeiten im Frost. — Mitteilungen: Schweizer Bundesbahnen. Das Untergrundbahnnetz von

Paris. Einregulierung des Durchhangs von Freileitungen. Verschleissfeste Sandstrahl-düsen. Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung in Berlin. Gaswerk der Stadt Zürich. Ein Flugzeug mit veränderlicher Tragfläche. Hochofenbetrieb in den U. S. A. — Nekrologe: A. Niquille. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 98

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 14

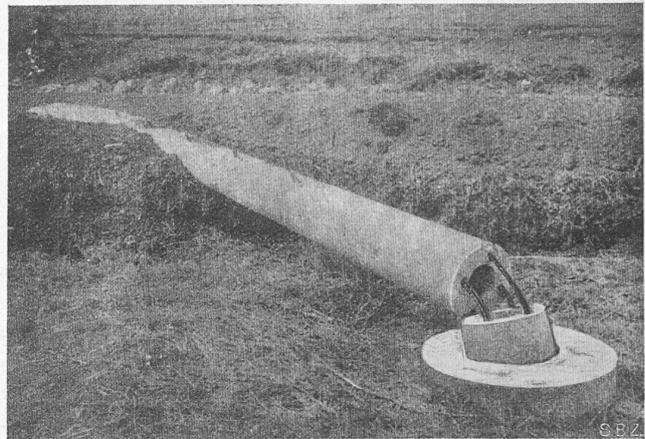
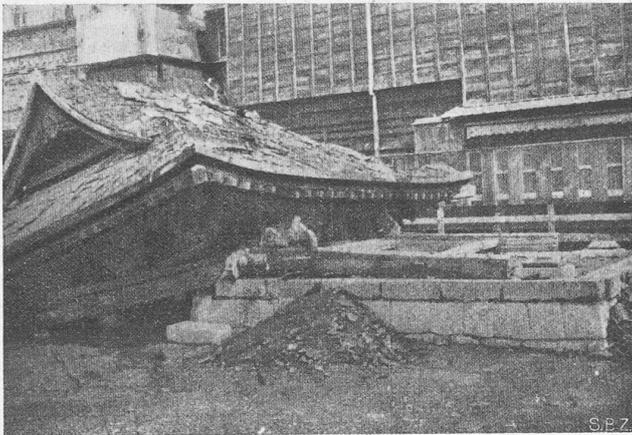


Abb. 1 und 2. Beispiele horizontaler Wirkungen im japanischen Erdbeben vom September 1923.

Ueber die Vertikalbeanspruchung von Bauwerken bei Erdbeben.

Mitteilung der SCHWEIZER ERDBEBENWARTE, Zürich.

Die Berichte der Technischen Untersuchungskommissionen über die Wirkung starker Erdbeben auf Bauwerke haben sich im Verlauf der letzten 20 Jahre wesentlich vermehrt und der Architekt oder Ingenieur kann aus jenen Berichten viele wertvolle Fingerzeige für erdbebensichere Bauweisen entnehmen. So sei hier vor allem auf das in im Jahre 1926 erschienene japanische Standard-Werk „Reports of the Imperial Earthquake Investigations Committee“ hingewiesen. In dieser umfassenden Arbeit haben die japanischen Ingenieure und Architekten in Zusammenarbeit mit den Seismologen die Erfahrungen bei der letzten Landeskatastrophe im September 1923, wobei besonders die beiden Grosstädte Yokohama und Tokio hart in Mitleidenschaft gezogen worden sind, niedergelegt. Das Werk behandelt die Widerstandsfähigkeit aller von Menschenhand erstellten Bauwerke. Leider ist fast der ganze Text in japanischer Schrift verfasst, sodass dieser Teil für Nicht-japaner unzugänglich bleibt. Immerhin bilden die vielen Illustrationen eine wahre Fundgrube für den Fachkundigen, und auch für uns Schweizer, die wir vielleicht stellenweise auch auf nur vermeintlich ganz festem Untergrund bauen, bieten jene Ausführungen recht interessantes Material.

Beim Betrachten der Bilder aus den Katastrophengebieten oder beim Begehen jener Gegenden hat man vorerst säuberlich die Wirkung der eigentlichen Erschütterung von deren Folgen, wie Wasser- und Feuerschäden zu trennen, was im übriggebliebenen Chaos oft eine recht schwer zu lösende Aufgabe darstellt. Im Laufe der Zeit hat in Technikerkreisen die Ansicht Fuss gefasst, dass vor allem die horizontalen Schwingungen der Erdoberfläche die fatalen Wirkungen auf Bauwerke erzeugen. Diese Vermutung ist auch naheliegend, denn die Zweckbestimmung der meisten Bauten besteht in der Aufnahme vertikal wirkender Kräfte; horizontale Beanspruchung fällt gewöhnlich, abgesehen vom Winddruck, ganz ausser Betracht. So kommt es, dass unsere Bauten bei verhältnismässig geringen horizontalen äusseren Einwirkungen schon ernstlich gefährdet werden können, besonders dann, wenn noch Resonanzwirkungen mit im Spiele stehen. Die Abb. 1 und 2 geben zwei typische Dokumente für die Richtigkeit der obigen Anschauungen. Diese Bilder sind, wie auch die meisten der folgenden, dem eingangs zitierten Werk entnommen; sie lassen ohne weiteres Horizontalkräfte als zerstörende Ursache erkennen.

In einigen Erdbebenländern sind diese Erfahrungen in der Baugesetzgebung verwertet. Die Vorschriften verlangen eine Widerstandsfähigkeit gegen Horizontalkräfte von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{3}{10}$ der Vertikalbelastung, was bei Erstellung sehr hoher Bauten erhebliche Schwierigkeiten verursachen dürfte. Doch leistet der Staat an die Mehrkosten solcher Bauweisen namhafte Beiträge, indem er zugleich die Feuer-sicherheit zu fördern sucht. Besondere Sorgfalt der Konstruktion wird bei öffentlichen Bauwerken wie Schulhäusern, Theatern, Kirchen usw. verlangt. Mit solchen Grundsätzen — und nur auf diese Weise — können schon recht heftige Beben mit Erfolg überstanden werden.

Verlässliche quantitative Messungen der Erschütterungen in Herdgebieten starker Beben liegen bis zum heutigen Tage fast keine vor, und wir kennen die wahre Bodenbewegung solcher Zonen während des Bebens nur ungenau aus Vermutungen. Die bis jetzt in Betrieb genommenen Seismographen dienen vorwiegend rein geophysikalischen Zwecken, sind daher zu empfindlich und werden schon beim ersten starken Stoss ausser Betrieb gesetzt. Auch liegen die Standorte dieser Instrumente nur selten im engern Herdgebiet. So betrug die Herddistanz des schwer heimgesuchten Tokio von den nächstliegenden Beobachtungsstationen noch etwa 90 bis 100 km, und nur ein einziger der vielen dort in Betrieb gestandenen Seismographen blieb während der ganzen Dauer des Bebens intakt, sodass es unmöglich war, die Bodenbewegungen ganz zu rekonstruieren. Ferner sind die Bauwerke an sich recht komplizierte Gebilde, und die Art und Weise, wie sie auf starke Schwingungen des Fundamentes reagieren, hängt von vielen zum Teil ganz zufälligen und unberechenbaren Faktoren ab. Daher ist man bis zum heutigen Tag auf das Studium der Zerstörungs-Erscheinungen angewiesen, und da zeigen sich besonders bei neuern europäischen Bauarten, ausser den Spuren seitlicher Kraftwirkung, auch andere einfache und dem Techniker wohlbekannte Bruchlinien. Zur Vollständigkeit sei hier ein bekanntes Experiment aus der Festigkeitslehre angeführt (Abb. 3).

Die Zementsäule wurde bis zum Bruch unter Druck gesetzt; Abb. 3 rechts zeigt das Ergebnis dieser Beanspruchung. Vergleicht man es mit den folgenden Bildern aus den Erdbebengebieten, so überrascht die grosse Aehnlichkeit der Bruchlinien, und man darf bestimmt

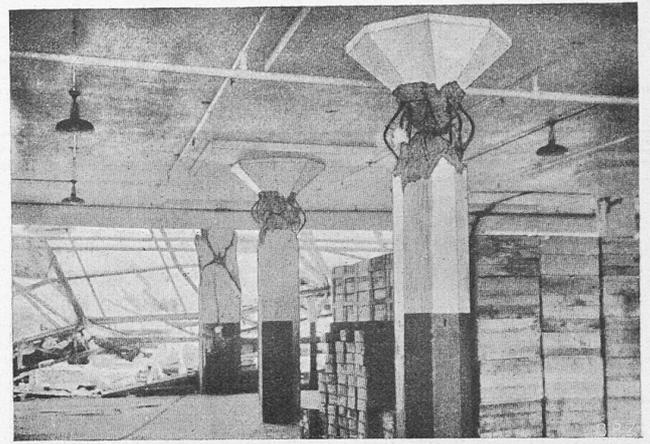
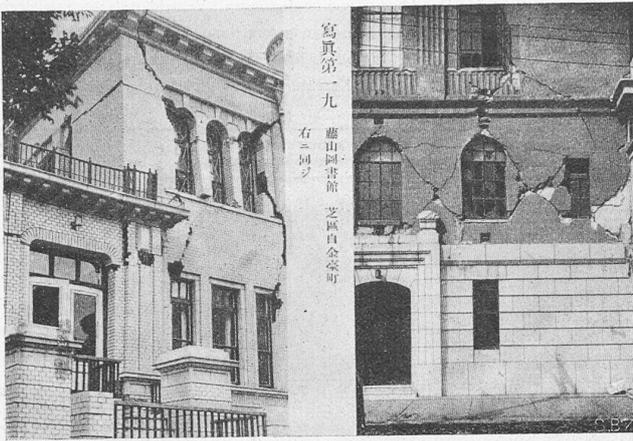


Abb. 4 bis 6. Typische Beispiele der Wirkung vertikaler Erdstöße im japanischen Erdbeben vom September 1923.

auf eine stark vertikale Ueberbeanspruchung der betreffenden Gebäudeteile schliessen. Diese Bruch-Erscheinungen zeigen sich bei Ziegelbauten (Abb. 4 und 5), bei Eisenbauten und Eisenbetonsäulen, bei Brücken und Häusern (Abb. 6 und 7). Wir haben hier, verglichen zur Herddistanz, auf verhältnismässig engem Gebiet Zerstörungen, herrührend von horizontalen und vertikalen Kraftwirkungen. Die Erklärungen zu diesen Erscheinungen sind, ausser in den besondern Bauarten, vor allem im Untergrund der betreffenden Bauten zu suchen. Zwar spielt da weniger die geologische Formation als solche eine Rolle, als der Zustand des Bodens bezüglich Verwitterung, Lockerung, Durchfeuchtung; wichtig ist auch die Mächtigkeit der Humusschicht über dem anstehenden Fels, ferner die Neigung der Oberfläche usw. So sacken Lockerböden bei starken Erschütterungen in sich zusammen. Der Zustand des unmittelbaren Untergrundes und nicht das Alter der Formation spielt bei Erdbebenwirkungen eine hervorragende Rolle, und in der Herstellung von zuverlässigen Bodenkarten liegt ein dankbares Arbeitsfeld für Geologen, in Zusammenarbeit mit Baufachleuten und Seismologen. Auf die Wichtigkeit dieser Bodenkarten nicht nur in seismischer Beziehung, sondern überhaupt für den Techniker, wurde in verschiedenen Ländern schon längst von Fachleuten hingewiesen, aber bis jetzt vielfach ohne Erfolg, und es ist besonders das Verdienst von A. Sieberg (Jena), der mit Ausdauer und Konsequenz immer und immer wieder auf den Nutzen dieser Karten hingewiesen hat. Abb. 8 gibt seine Bearbeitung des auch in der Schweiz noch in guter Erinnerung stehenden Bebens vom 16. November 1911 abends 10.26 h. Der eigentliche Herd des Bebens lag in Süddeutschland in der Gegend von Balingen, halbwegs zwischen Stuttgart und Schaffhausen. Die Erschütterungen wirkten sich aber im Bodenseegebiet und an einzelnen Orten der oberrheinischen Tiefebene ebenso stark aus, wie in der Herdregion selber, während in einzelnen dem Herd benachbarten Zonen mit verbandsfestem Untergrundgestein, die Erschütterungen weit schwächer verspürt worden sind, wie es aus dem Bild durch verschiedenstarke Dunkelfärbung hervorgeht.

In der Schweiz ist vor allem eine Detailaufnahme der Stadt Basel und Umgebung zu erwähnen, die von P. A. Loos im Jahre 1917, anlässlich eines stärkern Bebens im Blauen-Gebiet, versucht worden ist.¹⁾ P. Loos durchwanderte die ganze Gegend, durch geschicktes Befragen der Hausbewohner erhielt er gute Einblicke in die Wirkungen der Erschütterung, und er gelangt auch für Basel und Umgebung zu einer Anzahl besonders leicht erregbarer Zonen (vergl. Abb. 9). Diese Zonen bringt er mit tiefem geologischen Schichtstörungen, wie Verwerfungen in kausalen Zusammenhang. Inwieweit aber der unmittelbare Untergrund in seinen oben skizzierten Zustandsformen

¹⁾ Vergl. Jahresbericht des schweiz. Erdbebendienstes 1917.

in Frage kommt, führt er nicht näher aus. Es sei hierzu nur noch eine allgemein gültige Bemerkung angeführt. Solange nicht die Spuren der Erdbeben an den Bauwerken selber verfolgt werden können, oder solange keine exakten seismischen Messungen auf den verschiedenen Böden vorliegen, sind die Karten mit grosser Vorsicht zu gebrauchen; denn ausser den Bodenverhältnissen spielen bei der Konstruktion der Karte noch viele Zufälligkeiten mit; so vor allem die Lebensgewohnheiten der Bewohner, dann die Bevölkerungsdichte und die Empfindlichkeit der Einzelpersonen, ebenso Resonanzwirkungen von Gebäudeteilen, Möbeln usw. Dass aber die Loos'sche Karte für Basel viele richtige Momente enthält, geht aus der Bearbeitung eines Lokalbebens vom 22. Mai 1901 hervor. Durch jenes Beben

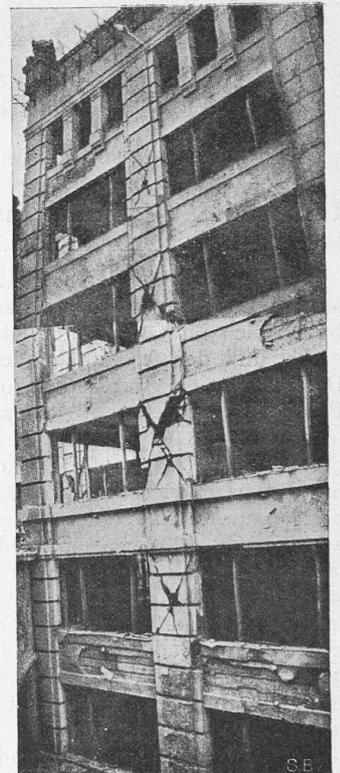


Abb. 7. Vertikalstoss-Wirkung.

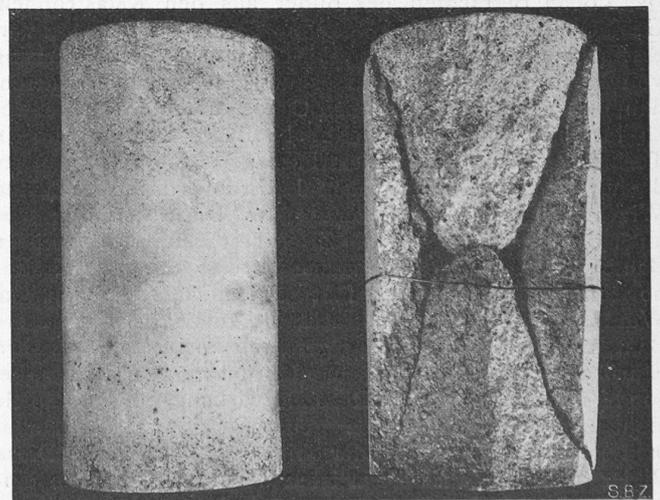


Abb. 3. Typisches Bruchbild eines vertikal zerdrückten Betonkörpers.

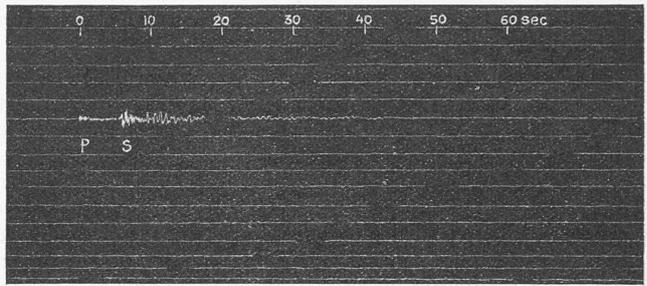
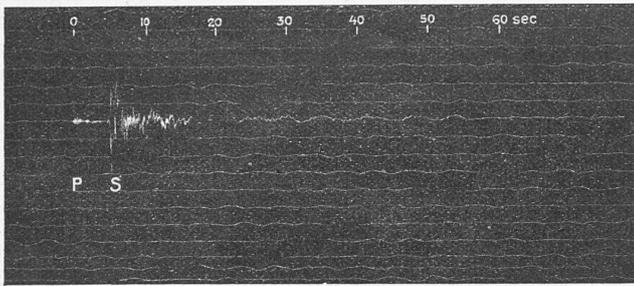


Abb. 10 und 11. Registrierte Horizontal- (links) und Vertikalbewegung (rechts) des Untergrundes. (P = Longitudinalwellen, S = Transversalwellen).

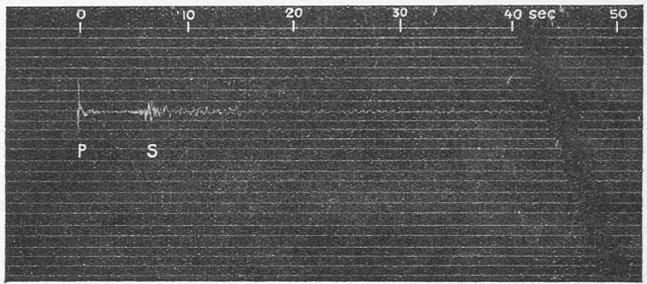
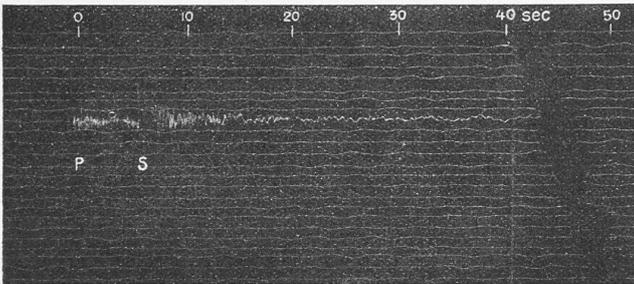


Abb. 12 und 13. Gleiche Aufnahmen wie Abb. 10 und 11, aber für ein anderes Nahbeben. — Abb. 10 bis 13 nach den Originalstreifen in gleicher Grösse clihiert.

wurde vor allem die von Loos gefundene Zone der alten Stadt in unmittelbarer Nähe des Rheinknies fühlbar erschüttert (in Abb. 9 schwarz), während aus dem benachbarten, ebenfalls dicht bevölkerten Gebiet nur spärliche Meldungen eingegangen sind.



Abb. 8. Das Epizentralgebiet des Mitteleuropäischen Erdbeben-Gebietes vom 16. November 1911. — Masstab 1 : 1 000 000. Der weisse Punkt stellt das Epizentrum dar; je dunkler die Töne, desto grösser die Bebenstärke (grösste Stärke schräg schraffiert).

Vom Standpunkt der Erdbebendynamik sind indessen gefährliche vertikale Gebäudebeanspruchungen auch ohne die verstärkende Wirkung des Bodens als durchaus möglich zu betrachten. Diese Erscheinung liegt auf der Hand, wenn die Bebenursache in einer bis zur Oberfläche reichenden, sich neubelebenden Verwerfung zu suchen ist. Aber auch bei tiefer liegenden Herden ist diese Ansicht noch richtig. Zum Beweise führen wir in Abb. 10 bis 13 zwei Nahbeben-Diagramme an. Diese beiden Stösse waren sehr schwach, ihre Herde lagen in einer Entfernung von etwa 40 bis 50 km von der Station Zürich; ein analoger Habitus bei zerstörenden Beben scheint mir aber durchaus möglich.

Von den beiden Beben geben wir die registrierte Horizontal- und Vertikalbewegung des Untergrundes. Beim ersten Stoss (Abb. 10 und 11) sind die Longitudinalwellen (mit P bezeichnet) recht schwach, verglichen mit den zweiten, den Transversalwellen (mit S bezeichnet). Die durch diese Erschütterungen auf Gebäude wirkenden Kräfte verhalten sich, wenn wir für beide Wellenarten gleiche Perioden voraussetzen, proportional den Amplituden. Die Analyse der Diagramme gibt im wesentlichen eine Horizontalbewegung mit schwacher Vertikalkomponente. Das Verhältnis der horizontalen zur vertikalen Kraft beträgt etwa 5 : 1. Wesentlich andere Resultate liefert die Analyse der Diagramme in Abb. 12 und 13. Die Bewegung beginnt

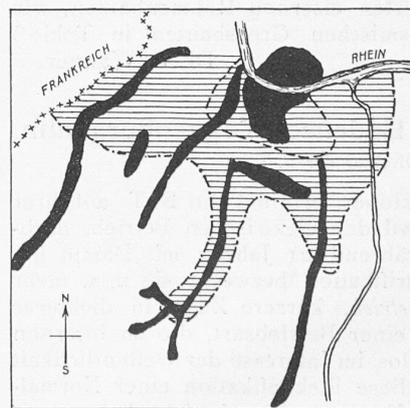


Abb. 7. Erdbebengebiet um Basel. — 1 : 150 000. Schwarz : leicht erregbare Zonen. Schraffiert : dicht besiedeltes Gebiet. — — — Beben vom Jahre 1901.

mit einem verhältnismässig sehr starken Vertikalstoss von unten (P). Einige Sekunden später folgen dann gleichstarke Horizontalerschwingungen. Die wirkenden Kräfte stehen in diesem Fall schon nahezu im Verhältnis von 1 : 1, und dass eine kräftige Erschütterung von dieser Art auf Bauwerke recht verheerend wirken muss, ist jedermann einleuchtend, besonders dann, wenn der

Boden noch Nachgiebigkeit zeigt. In unserem Fall ist die starke Vertikalbewegung sicher nicht der Wirkung des Untergrundes zuzuschreiben.

Es wird dem Beschauer der Diagramme Abb. 10 bis 13 auffallen, dass auf den Bildern 11 und 13 die Linien der Registriernadel fast gradlinig verlaufen, während in Abbildung 12 und ganz besonders 10 auch ausserhalb der eigentlichen Erdbebenregistrierung wellenförmige Züge mit Perioden von 4 bis 6 sek erscheinen. Diese Wellenzüge rühren ebenfalls von einer, allerdings äusserst schwachen mehr oder weniger stationären Untergrundbewegung her. Es sind die sogenannten Mikro-Seismen oder die „mikro-seismische Unruhe“, zur Hauptsache verursacht durch die Meeres-Brandung an den atlantischen Küsten von Frankreich, dann vor allem in Schottland und Skandinavien. Das regelmässige Aufschlagen der Wassermassen an den Steilküsten bringt den ganzen Kontinentalsockel in leichte Vibrationen, die sich auf den Seismographen bis weit nach Russland hinein bemerkbar machen. Rückt jeweils ein neues Sturmzentrum vom Ozean her gegen die Küste, so werden diese Schwingungen wieder stärker und erreichen in Zürich Amplituden bis 5μ (0,005 mm). In den Monsun-Gegenden von Indien, wo besonders markante Stürme auftreten, werden die Registrierungen der Seismographen schon heute mit Erfolg zur Wettervoraussage herangezogen. (Der Vertikalseismograph von Zürich ist für Störungen von einigen Sekunden Dauer viel weniger empfindlich als der Horizontalseismograph, daher verlaufen die Linien in Abb. 11 und 13 ausserhalb des Seismogramms nahezu gerade.)

Die Vertikalbewegungen bei seismischen Vorgängen dürfen also neben den Horizontalschwingungen nicht vernachlässigt werden. Dafür sprechen auch bei schwächeren Erschütterungen die Beobachtungen der Bevölkerung. Sehr oft, und bei im Verhältnis zur Herdtiefe grossen Herdistanzen, werden neben schaukelnder Bewegung, mit aller Bestimmtheit kräftige Vertikalstösse gemeldet. Für Gegenden wie das schweizerische Mittelland, wo über alten, die elastischen Wellen gut leitenden Schichten, junge zum Teil lockere und schlecht leitende Formationen liegen, ist diese Beobachtung auch ganz richtig. Die Erdoberfläche wird in diesen Gebieten zum Teil von unten her erschüttert, was durch die Registrierungen der Erdbebenwarte bestätigt wird. Die Einfallswinkel der Longitudinalwellen in Zürich sind in der Regel kleiner als 45° , während der Winkel zwischen der Strecke Herd — Station und der Vertikalen sich dem rechten schon stark nähert. Dieser Winkel bietet bei kleinen Wellenlängen direkt ein Kriterium über die Untergrundbeschaffenheit einer Erdbebenwarte.

Glücklicherweise gibt es auch viele Beispiele, wo gutkonstruierte Bauwerke auf sicherem Fundament recht starke Beben ohne nennenswerte Beschädigungen überstanden haben. Das gilt z. B. für seitlich gut verstreute kleine Holzhäuser; leider sind aber diese der Feuergefährdung ausgesetzt. Als sehr widerstandsfähig zeigen sich auch die sorgfältig durchkonstruierten eisernen Rahmenbauten, wie sich bei neueren, aseismischen Grossbauten in Tokio¹⁾ erwiesen hat.

Dr. E. Wanner.

Elektrifikation der Bodensee-Toggenburgbahn.

Von Ing. W. KESSELRING, Direktor der B.-T.

[Morgen, am 4. Oktober, eröffnet die B.-T. auf ihrer Strecke St. Gallen-Wattwil den elektrischen Betrieb, nachdem sie auf den Tag während 21 Jahren mit Dampf gefahren. Mit ihrer Elektrifikation bezweckt sie u. a. mehr und mehr zum *Leichtbetrieb*, kürzere Züge in dichter Folge, überzugehen, zu einer Betriebsart, die im internen Personenverkehr zweifellos im Interesse der Öffentlichkeit liegt. Da auch sonst diese Elektrifikation einer Normalspurbahn verschiedene Neuerungen aufweist, haben wir ihren Leiter um eine kurze Erörterung des Werkes ersucht. Red.]

¹⁾ Nach Charles Wilson Brown, Engineering Seismology in Japan.

Die besondere Eignung der Bodensee-Toggenburgbahn für den elektrischen Betrieb liegt vorab in zwei Punkten begründet, einmal in ihrer ganzen technischen Anlage und dann in dem Vorwiegen des Personenverkehrs gegenüber dem Güterverkehr.

Die Linie führt durch starkbewegtes Gelände; die grossen Schwierigkeiten, die beim Bau zu überwinden waren, kommen in dem hohen Anlage-Kapital von rund 630 000 Fr./km zum Ausdruck.¹⁾ Sie ist damit die teuerste Normalspurbahn der Schweiz, abgesehen von den grossen Alpenbahnen, wo natürlich die grossen Tunnel stark ins Gewicht fallen. Der elektrische Betrieb erscheint besonders angebracht angesichts der ziemlich bedeutenden Höhenunterschiede, die zu überwinden sind: von Romanshorn nach Degersheim rd. 400 m, von Ebnat-Kappel bis Nesslau 130 m (Abb. 1). Auf der Hauptlinie Romanshorn-Wattwil kommen lang anhaltende Steigungen von 18% , auf der Nebenlinie Ebnat-Nesslau solche bis 25% vor. Von der ganzen Betriebslänge von 62 km liegen 8,4 km im Tunnel; der Wasserflutunnel allein hat schon eine Länge von 3,6 km, der Bruggwaldtunnel eine solche von 1,7 km und der Rosenbergtunnel von 1,5 km. Aus diesen wenigen technischen Angaben ergibt sich zur Genüge, dass der elektrische Betrieb für die B.-T. vorteilhaft sein muss.

Was nun den *Verkehr* anbelangt, ist zu sagen, dass die Einnahmen der B.-T. sich zu 50 bis 60% aus dem Personenverkehr und nur zu 40 bis 45% aus dem Güterverkehr ergeben. Bei den S.B.B. ist dieses Verhältnis gerade umgekehrt, indem die Einnahmen aus dem Personenverkehr rund 40%, jene aus dem Güterverkehr rd. 60% betragen. Es ist nun ohne weiteres klar, dass die Vorteile des elektrischen Betriebes, einmal seine Rauchlosigkeit, dann die Möglichkeit grösserer Fahrgeschwindigkeiten und rascherer Zugfolge, ohne wesentliche Mehrkosten in erster Linie dem Personenverkehr zu gute kommen. Die Bahn befördert im Jahr rund 2,7 Mill. Reisende und wird in dieser Beziehung von den schweizerischen Normalbahnen nur von den Bundesbahnen und der Löttschbergbahn übertroffen. Bezüglich der Dichte des Personenverkehrs, ausgedrückt in der Zahl der Personenkilometer pro Bahnkilometer, steht die B.-T. unter allen schweizerischen Privatbahnen an dritter Stelle; einen dichteren Personenverkehr weisen nur die Birsigtalbahn und die Sihltalbahn auf, mit ihrem grossen Abonnementverkehr von den Städten Basel bezw. Zürich. Der Personenverkehr der B.-T. hat sich im Zeitraum von 1920 bis 1928 um 458 000 beförderte Personen vermehrt, der Güterverkehr dagegen ist quantitativ beinahe gleich geblieben.

Die *Fahrleistungen* sind seit 1920 um 145 000 Zugs-kilometer oder rund 45% gesteigert worden; die Betriebsausgaben konnten trotzdem um 1 177 000 Fr. vermindert werden, wovon allerdings 812 000 Fr. auf die Kosten des Brennmaterials entfallen. Es verbleibt somit für die übrigen Ausgaben-Rubriken die immerhin ansehnliche Ersparnis von 360 000 Fr. Wir sind davon überzeugt, dass der elektrische Betrieb weitere Erleichterungen in der Betriebswirtschaft bringen wird, bei voller Würdigung der uns im Zusammenhang damit zufallenden vergrösserten finanziellen Lasten.

Bei der Durchsicht der Geschäftsberichte fällt das grosse *Kapital* auf, das in dem Unternehmen steckt. Deshalb ein so grosser Aufwand notwendig war, ist bereits bei der kurzen Behandlung der baulichen Verhältnisse gesagt worden. Neben einem Obligationenkapital von 18,2 Mill. Fr., das der Kanton St. Gallen in seinem ganzen Ausmass zur Verfügung gestellt hat, besteht ein Aktienkapital von 16,9 Mill. Fr., an dem vorwiegend der Kanton und die Stadt St. Gallen, daneben aber auch die Kantone Thurgau und Appenzell, zahlreiche Gemeinden und eine Anzahl Privater beteiligt sind. Die Verzinsung des an sich schon hohen Obligationenkapitals hat dem Bahnunternehmen von Anfang an grosse Sorgen gemacht; bis zum Jahre 1922 war sie auch nur teilweise möglich, und der Kanton St. Gallen

¹⁾ Vergl. Beschreibung in Bd. 49. S. 289* ff. (Juni 1907). Red.