Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101/102 (1933)
Heft: 14

Artikel: Seismische Sondierung im Dienste der Kraftwerk-Geologie
Autor: Kreis, A. / Cadisch, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-82976

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Seismische Sondierung im Dienste der Kraftwerk-Geologie. — Flüssigkeitsgetriebe. — Wettbewerb für den Erweiterungsbau des Gemeinde-Krankenhauses Wattwil. — Nordostschweizerische Schiffahrtsausstellung, Rorschach. — Mitteilungen: Aehnlichkeitsmechanik im hydraulischen Modellversuch. Die Wirkungsgrade der Peltonturbinen des Kraftwerks Handeck. Aus der Schweizerischen Energiestatistik. Ueber den Stand des Pumpbeton-Verfahrens. Die Bewehrungs-Skelette für Eisenbetonbauten nach System Dr. Ing. Bauer. Aufstellung des Mussolini-Obelisken in Rom. Der Bahnhof von Mülhausen (Elsass). Die Kupferstich-Sammlung der E. T. H. — Nekrologe: Henri Léon Choffat. — Literatur.

Band 101 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

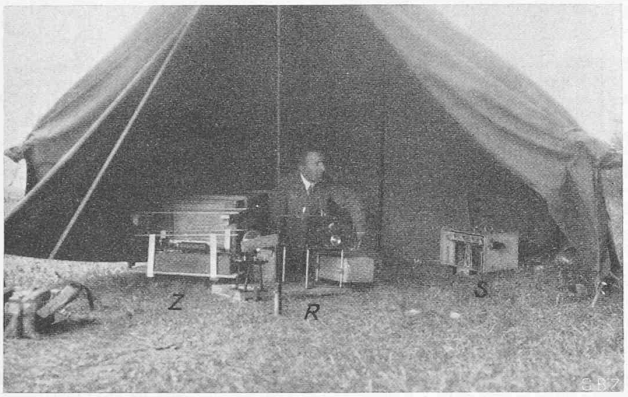

Abb. 3. Beobachtungszelt für Zeitmarkierung, Registrierung und Seismometer.

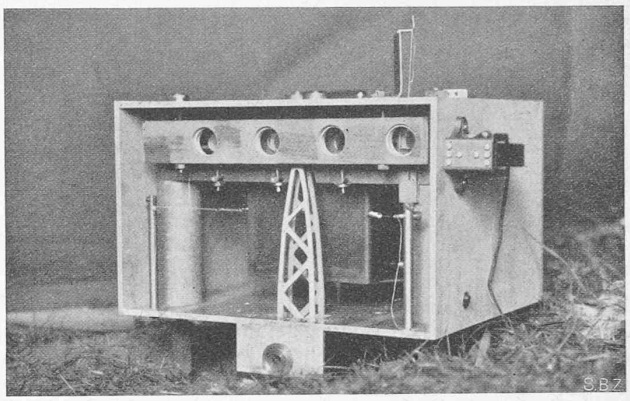

Abb. 2. Seismometer für drei Komponenten nach A. Kreis.

Seismische Sondierung im Dienste der Kraftwerk-Geologie.

Von A. KREIS (Chur) und J. CADISCH (Basel). Veröffentlicht mit Bewilligung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft.

Bei der Untersuchung von Sperrstellen und Staubecken kommt der Geologe oft in die Lage, zur Abklärung der Untergrundverhältnisse kostspielige Sondierarbeiten vorzuschlagen. Es betrifft dies meist Fälle, in denen mächtige Moränen, Alluvionen, Schutthalden oder Bergstürze den anstehenden Felsen überdecken und so eine genaue Prognose verunmöglichen. Handelt es sich um grosse Projekte, deren Verwirklichung bevorsteht, so können künstliche Aufschlüsse ohne weiteres geschaffen werden. Anders aber liegen die Verhältnisse, wenn es sich um eine vorläufige Orientierung oder um kleinere Objekte handelt; in solchen Fällen können zu teure Sondierungen die Ausführung der geplanten Bauten direkt in Frage stellen.

Mit der Vornahme einer grössern Zahl vorläufiger geologischer Untersuchungen für das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft beschäftigt, kam der eine von uns auf die Idee, die Geophysik zu Hilfe zu rufen, um so nötigenfalls genauere Angaben über Schutt-Tiefen bezw. Fundationstiefen von Staustellen liefern zu können. In erster Linie kam die seismische Methode in Frage, die, wie nachfolgend ausgeführt wird, im Laufe des letzten Jahres von den Verfassern erprobt wurde.

Das eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft, an das wir Ende 1930 gelangten, brachte unserem Vorhaben grösstes Interesse entgegen und wir sind ihm für die tatkräftige Unterstützung zu grossem Dank verpflichtet.

Das Prinzip der seismischen Sondierung. In der breiteren Oeffentlichkeit ist die seismische Methode durch die Grönlandexpedition von Alfred Wegener bekannt geworden, der mit ihrer Hilfe die Dicke des Inlandeises bestimmte. In der Schweiz wurde schon früher nach dem gleichen Prinzip von H. Mothes die Eisdicke auf dem Konkordiafirn und Aletschgletscher festgestellt, ferner in Zusammenarbeit der Schweiz. Gletscherkommission und des Geophysikalischen Institutes der Universität Göttingen auch die des Rhonegletschers. Die Anwendbarkeit der seismischen Methoden auf allerlei geologische Probleme haben die Untersuchungen einer Reihe deutscher Geophysiker wie Wiechert, Mintrop u. a. bewiesen.

Bei einer Sprengung entsteht am Sprengort eine heftige Bodenerschütterung, die sich in Form von Wellen verschiedenen Charakters allseitig durch die feste Erde ausbreitet wie der Schall in der Luft. Am raschesten laufen die Longitudinalwellen (Verdichtungs-Verdünnungswellen). Die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Absorption der Wellenenergie ist in verschiedenen Bodenschichten recht verschieden, sodass man an diesen Verschiedenheiten die durchlaufenen Schichten gleichsam erkennen kann. An der Grenzfläche zweier Schichten (sog. Unstetigkeitsfläche) treten Reflexionen und Brechungen ein, durch die die in die Erde eingedrungenen Erschütterungswellen wieder an die Oberfläche zurückgelangen und hier mit Hilfe empfindlicher Seismographen festgestellt und aufgezeichnet werden können. Wie dies möglich ist, soll an einem ganz einfachen Beispiel gezeigt werden.

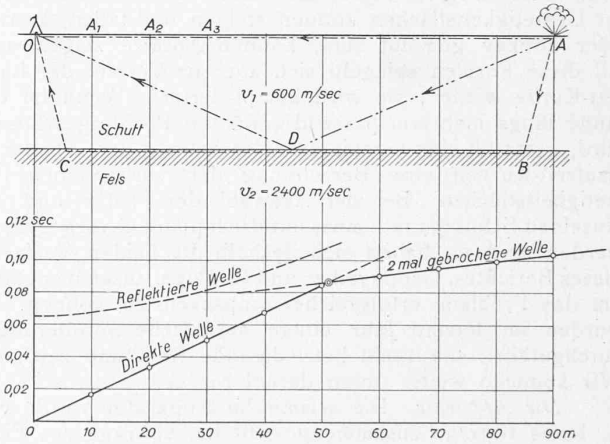

Abb. 1. Verlauf der direkten, reflektierten und gebrochenen Welle und zugehörige Laufzeitkurven.

Unter der ebenen Erdoberfläche liege parallel zu dieser eine Unstetigkeitsfläche, wo z. B. unter einer Schotterdecke der anstehende Fels zu finden sei (s. Abb. 1). In den Punkten A_1, A_2, A_3, ..., auf einer Geraden liegend, werden nacheinander Sprengschüsse abgefeuert, die bei O vom Seismographen registriert werden. Durch eine Kabelleitung werden die Sprengorte mit dem Beobachtungszelt verbunden, damit durch elektrische Uebermittlung der genaue Zeitpunkt der Sprengung ebenfalls aufgezeichnet werden kann. So kann die „Laufzeit" gemessen werden, in der der Wellenstrahl die Strecke Sprengort-Seismograph zurücklegt. Die Laufzeiten der verschiedenen Schüsse werden

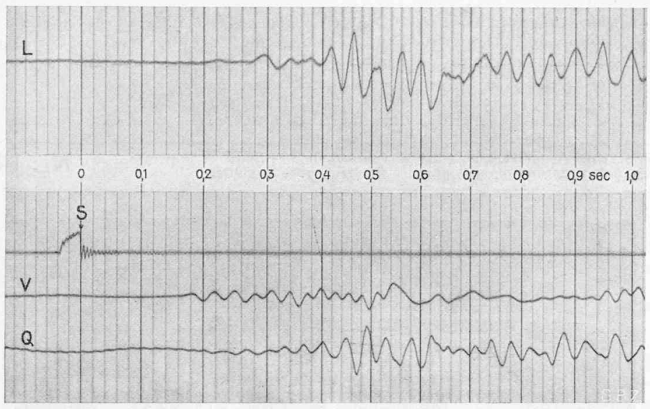

Abb. 4. Seismogramm eines Sprengschusses, aus 325 m Entfernung aufgenommen. *L, V, Q* = Längs-, Vertikal- und Querkomponente; S = Sprengmoment.

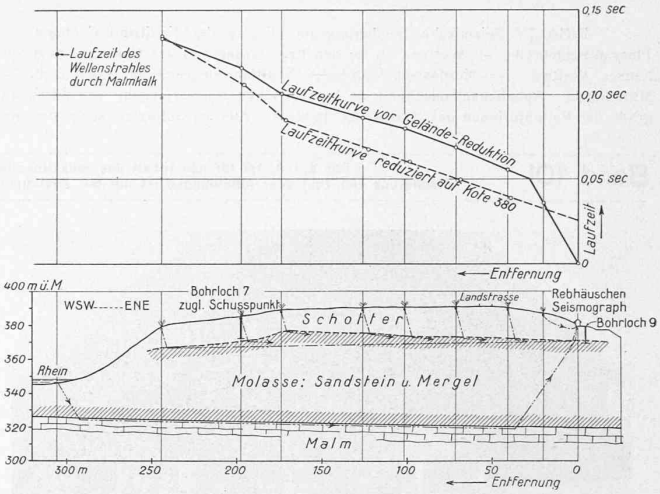

Abb. 5. Seismisch ermitteltes Untergrundprofil bei Rheinau, Kt. Zürich.

als Funktion der Entfernung in der „Laufzeitkurve" (LZ-Kurve) dargestellt. Die Wellen gelangen auf allerlei Wegen zum Beobachtungsort: Zunächst direkt der Erdoberfläche entlang, dann durch einmalige Reflexion an der Unstetigkeitsfläche (A-D-O); weiter traversiert ein Strahl die Deckschicht bis B, fällt dort unter dem Grenzwinkel γ totaler Reflexion auf die Felsunterlage, wird daselbst so gebrochen, dass er in der untern Schicht der Unstetigkeitsfläche entlang bis C läuft, um jetzt wieder unter dem Winkel γ die Schotterschicht bis O zu durchlaufen. Auf kurze Entfernungen kommt der direkte Strahl wegen seines kürzesten Weges zuerst an. Auf grössere Distanzen vermag aber der zweimal gebrochene Strahl den direkten zu überholen, weil er im Felsen rascher vorwärts kommt. Zeichnet man die Laufzeit-Kurve der erstankommenden Wellen, so findet man in ihr einen Knick (Abb. 1). Aus den Steigungen der beiden geradlinigen Kurventeile lassen sich die Geschwindigkeiten in den beiden Schichten berechnen, aus der Lage des Knickpunktes die Mächtigkeit der Schotterüberdeckung.

Selten werden die Verhältnisse so einfach liegen. Die Erdoberfläche ist im allgemeinen nicht eben und horizontal, die Unstetigkeitsflächen können steigen und fallen, konvex oder konkav gewölbt sein, können Absätze zeigen usw. All diese Formen spiegeln sich aber im Verlauf der Laufzeit-Kurve wieder; sie wird komplizierter. Wenn im Gelände längs mehrerer passend gewählter Profile geschossen wird, gestattet eine kombinierte Bearbeitung der erhaltenen Laufzeit-Kurven eine Berechnung der vorhandenen Unstetigkeitsflächen. Bei der Auswahl der Profile und der einzelnen Schusspunkte muss natürlich planvoll vorgegangen werden und es haben sich deshalb die beiden Verfasser dieses Berichtes, Geophysiker und Geologe, zusammengetan, um das Problem erfolgreicher anpacken zu können. Es wurden im letzten Jahr einige seismische Sondierungen durchgeführt, die recht befriedigende Resultate zeitigten. Wir kommen weiter unten darauf zurück.

Die Apparate. Die seismische Apparatur wurde von A. Kreis 1931/32 zusammengestellt im Auftrage des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, das das seismische Verfahren in den Dienst der Kraftwerkgeologie stellen will. Es handelt sich darum, ein für die besondern Zwecke geeignetes, sehr empfindliches Instrument zu schaffen. Während bis anhin für seismische Sondierungen meist lediglich Vertikal-Seismometer, ab und zu auch in Verbindung mit einem Horizontal-Seismometer Verwendung fanden, wurde im Hinblick auf die komplizierteren geologischen Verhältnisse im Gebirge von A. Kreis ein *Instrument mit allen drei Komponenten der Bodenbewegung* konstruiert und gebaut (s. Abb. 2). Die drei Komponenten besitzen eine gemeinsame Masse; die Vergrösserung der Bodenbewegung, die sich in weiten Grenzen verändern lässt, erfolgt teils auf mechanischem Wege durch Hebel, teils optisch durch einen Lichtzeiger. Eingebaut in das Seismometer ist ein einfacher Oszillograph zur Registrierung des Sprengmomentes, das elektrisch übertragen wird. Die vier Lichtzeiger (drei Seismometer-Komponenten und Oszillograph) registrieren auf den gleichen Film von 12 cm Breite; die Zeitmarkierung liefert eine elektrisch angetriebene Stimmgabel, die vermittelst eines Induktors eine Heliumröhre 50 mal pro Sekunde aufleuchten lässt. Jedes Aufleuchten hinterlässt auf dem Registrierfilm eine Linie. Die ganze Apparatur, im Beobachtungszelt aufgestellt, zeigt Abb. 3, eine Schussregistrierung Abb. 4.

Ergebnisse unserer Sondierungen. Mit der beschriebenen Apparatur machten wir im August 1932 erste Versuche nördlich unterhalb der Festung Luziensteig, sodann im Dezember bei Rheinau (Kt. Zürich) und Anfangs Januar dieses Jahres an der Reuss in Luzern.

Auf der Luziensteig handelte es sich vor allem darum, das neu konstruierte Seismometer und die Registrier-Apparatur zu kontrollieren und die praktische Durchführung der Versuche (Anordnung der Sprengprofile usw.) zu erproben. Immerhin wurde das wissenschaftlich interessante Resultat erhalten, dass der dortige ehemalige Rheinlauf bei Ansrüfe eine mindestens 50 m tiefe Schuttauffüllung aufweist.

Besonderes Interesse beanspruchen die seismischen Sondierungen bei Rheinau, zumal es sich dort um eine relativ geringe Schuttüberdeckung handelt, die an die Messung der Laufzeit die grössten Anforderungen stellte. Die Stadt Winterthur hatte an der Flusschlinge von Rheinau eine Serie von kleinen Bohrungen niederbringen lassen, um die Felstiefe im Bereich des projektierten Kraftwerkes und des zugehörigen Unterwasserstollens festzulegen. Es wurde uns nun die Aufgabe gestellt, das Felsprofil auf seismischem Wege zu bestimmen. Unsere im Verlauf zweier Tage erhaltenen Resultate wurden alsdann vom Amt für Wasserwirtschaft mit den schon vorhandenen Bohrergebnissen verglichen. In Abb. 5 sind das berechnete seismische Profil und die zugehörige Laufzeitkurve dargestellt. Wegen der beträchtlichen Niveaudifferenzen zwischen den einzelnen Schusspunkten wurde die Laufzeitkurve zunächst auf die Höhenkote des Seismographen umgerechnet. Die Geschwindigkeit der Longitudinalwelle ergab sich in der Schuttüberdeckung zu 580 m/sec und im Molassefels zu 2450 m/sec. Wir erhielten für die Molasseoberfläche das in Abb. 5 eingezeichnete Profil. Mit dem entferntesten Schusspunkt konnte unter der Molasse auch noch der Jurakalk nachgewiesen werden. In Abb. 5 sind die Wellenstrahlen kürzester Laufzeit eingezeichnet. Von den oben erwähnten Bohrungen fallen zwei in unsere Profillinie hinein, die Bohrlöcher 7 und 9; ihre Lage ist ebenfalls Abb. 5 zu entnehmen. Im Bohrloch 7 wurde der Fels auf Kote 372,67 und im Bohrloch 9 auf Kote 369,37 erreicht. Die seismisch ermittelten Koten benachbarter Punkte weichen nur 1 bis 1,5 m davon ab, womit die Brauchbarkeit der seismischen Methode dargetan ist.

Allgemeines über die praktische Anwendung. Mit dem Gelingen unserer Versuche ist nicht gesagt, dass nun die seismische Sondierung für jede Fundationstiefen-Ermittlung bei Kraftwerkbauten die einzig rationelle Methode darstelle. Man wird auch in Zukunft die geologische Feldaufnahme, Bohrungen und Sondierschächte nicht entbehren können, besonders wenn es sich darum handelt, die Gesteinsbeschaffenheit zu erforschen. In vielen Fällen dürfte sich eine Kombination von Bohrung und seismischer Sondierung empfehlen, wobei die Bohrungen so anzuordnen wären, dass sie eine Kontrolle der seismischen Aufnahme ermöglichen würden. Die seismische Methode hat grosse Vorteile. Einmal ist die Apparatur leicht transportabel, sie kann in Traglasten zerlegt ins Hochgebirge befördert werden. Die Aufnahme einer Staustelle im Längs- und Querprofil erfordert nur einige Tage Feldarbeit mit relativ wenigen Hilfskräften. Am besten eignen sich für die seismische Aufnahme Täler mit flachen Alluvialböden oder nicht allzusteilen Flanken, unter denen V- oder U-förmige Felsprofile verborgen liegen. Das Auffinden und die Tiefenbestimmung alter zugeschütteter Talläufe wird eine ihrer Hauptaufgaben sein. Das Feststellen schutterfüllter Felsspalten und schmaler Schluchten mit senkrechten Wänden dagegen wird grosse Schwierigkeiten bieten; in diesem Falle bleibt man auch fernerhin auf Bohrungen, Schächte oder Stollen angewiesen.

Als kleiner Nachteil der seismischen Methode kann die Notwendigkeit, Explosivstoff zu verwenden, bezeichnet werden. Bei Benutzung von Sicherheitssprengstoff und elektrischer Zündung lässt sich jedoch die Gefahr auf ein Minimum reduzieren. Hindernd bei der Aufnahme wirkt natürlich starke Ueberbauung des Geländes. In Luzern vorgenommene Aufnahmen, über die an anderer Stelle zu berichten sein wird, zeigten indessen, dass auch in solchen Fällen bei geeigneter Anordnung der Profile noch befriedigende Ergebnisse erzielt werden können.

Flüssigkeitsgetriebe.

Von Dipl. Ing. W. BAUER, München.

Während bei Dampfmaschinen das Anfahren unter Last und die allmähliche Geschwindigkeitsteigerung ohne Unterbrechung des Kraftschlusses möglich ist, besitzen Benzin- und Dieselmotoren diese Eigenschaft nicht. Die wärmewirtschaftliche Ueberlegenheit, ihre leichte Bedienbarkeit und nicht zuletzt die stete Bereitschaft haben diesen Motoren überall dort weiten Eingang verschafft, wo ihre Unterlegenheit gegenüber der Dampfmaschine in Kauf genommen werden kann. Beim Benzinmotor fällt das Drehmoment an der Motorwelle mit abnehmender Drehzahl zwar nicht linear, aber doch entscheidend, beim Dieselmotor dagegen bleibt dieses Drehmoment im ganzen Drehzahlbereich nahezu gleich; bei der Dampfmaschine fällt es mit steigender Drehzahl.

Zum direkten Antrieb sind daher beide Motorarten nicht geeignet; es muss zwischen Kraftquelle und Verbrauchstelle ein Zwischenglied eingeschaltet werden, das den Kraftschluss im gegebenen Zeitpunkt bei laufendem Motor einzuschalten gestattet. Durch Verwendung verschiedener, nach Bedarf einzuschaltender Uebersetzungen ist die Möglichkeit gegeben, Drehzahl und Drehmoment an der Verbrauchstelle in weitem Umfang den Bedürfnissen anzupassen, allerdings mit dem Nachteil, dass beim Umschalten der Uebersetzungen der Kraftschluss unterbrochen ist und dass eine verlustfreie Schaltung auch heute noch an die Geschicklichkeit des Fahrers besondere Anforderungen stellt.

Es ist daher nicht zu wundern, dass schon bald Versuche gemacht wurden, die Uebersetzung unter Aufrechterhaltung des Kraftschlusses ohne Geschwindigkeit- und damit auch Beschleunigungsprünge zu ändern. Die Friktionsgetriebe konnten nur für kleinere Leistungen in Frage kommen — erst in neuester Zeit sind auch solche für grössere Leistungen verwendbar —, man musste daher andere Wege gehen.

Schon 1897 tauchte in den deutschen Patentschriften ein Getriebe auf, das unter Ausschaltung der Zahnradübersetzungen Flüssigkeit zur Kraftübertragung verwendete und dementsprechend eine Pumpe und einen Motor vorsah, wobei zur Veränderung der Uebersetzung der Hub der Pumpe oder des Motors veränderlich war (DRP 115230 bezw. 151603). Dieses Flüssigkeitsgetriebe bildete den Ausgangspunkt für die einsetzende Entwicklung, erfuhr im Laufe der Zeit mancherlei Aenderungen und Ausführungsformen; die Zahl der Patente auf diesem Gebiete ist sehr gross und wir werden später sehen, dass trotz der verschiedensten Verbesserungen bei fast allen angemeldeten Getrieben immer wieder Vorschläge auftauchen und geschützt werden, die sich auf Verminderung der Verluste beziehen.

Die Ursache dieser Verluste zu untersuchen, soll der Zweck der vorliegenden Arbeit sein, um dabei einen Weg zu zeigen, wie es möglich ist, trotz aller entgegenstehenden Schwierigkeiten ein Flüssigkeitsgetriebe zu bauen, das bei grösserer Leistung namentlich für Fahrzeugzwecke geeignet ist.

Bevor ich darauf eingehe, möchte ich daran erinnern, dass bereits auf der ersten Automobilausstellung in Berlin ein Automobil gezeigt wurde, das mit Flüssigkeitsgetriebe ausgerüstet war (Rundlaufgetriebe von Pittler); dass ferner ungefähr um das Jahr 1909 ein Automobil mit Flüssigkeitsgetriebe nach Bauart Lentz (DRP 216241) auf der Strecke Karlsruhe-Baden Versuche anstellte; dass ferner 1928 ein Automobil mit Flüssigkeitsgetriebe nach Prof. Dr. Ing. H. Thoma (ähnlich DRP 440265, Abb. 1) mit eigener Kraft von München nach Berlin fuhr; dass nach Berichten im Commerc. Mot. 1932 in Amerika ein Automobil mit Flüssigkeitsgetriebe nach Vickers (DRP 464887) erfolgreich Probefahrten anstellte. — Flüssigkeitsgetriebe sind ferner zu finden bei den Ruder- und Ankerspillmaschinen ausländischer Schiffe, wo die gleichmässige stossfreie Kraftübertragung sehr geschätzt ist: Getriebe von Hele Shaw[1]) nach DRP 264075 (Abb. 2), das die Grundlage bildete für das unter dem Namen Lauf-Thoma-Getriebe bekannte Getriebe der Magdeburger Werkzeugmaschinenfabrik.[2])

Während das Lauf-Thoma-Getriebe nach langjähriger Entwicklung namentlich für Drehbankantrieb sich gut bewährt, findet zum Antrieb von Shapingmaschinen das als Zellengetriebe gebaute Sturm-Getriebe[2]) Verwendung.

Versuche, Flüssigkeitsgetriebe auch bei Hobelmaschinen grösserer Leistung zu verwenden, fanden ebenfalls statt, da hier die mit dieser Antriebsart erzielbaren Vorteile sehr gross erschienen, sind doch nach Versuchen von Prof. Schlesinger die durch die umlaufenden Massen der Zahnräder und Riemenscheiben hervorgerufenen Verluste bei jedem Hubwechsel rd. 95 % sämtlicher Verluste. Auf der Leipziger Messe 1930 wurde von Billeter und Klunz, Aschersleben, eine Hobelmaschine mit Lauf-Thoma-Getriebe, von H. A. Waldrich, Siegen, eine solche mit neuem Thoma-Getriebe (Abb. 3) gezeigt und vorgeführt.

Wegen der guten fahrtechnischen Eigenschaften sind Flüssigkeitsgetriebe auch bei Lokomotiven und Triebwagen versucht worden, so das Lentzgetriebe für 250 PS an einer Rangierlokomotive, nachdem schon vorher Lokomotiven kleinerer Leistung mit dem Lentzgetriebe ausgerüstet worden waren; ferner ist zu erinnern an die Lokomotive in Schweden, die mit dem Rosèn-Getriebe versehen war[3]), dann an das Flüssigkeitsgetriebe von Schneider[4]), das bei etwa 500 PS einen guten Wirkungsgrad besass.

In der VDI-Zeitschrift 1926 hat Prof. Meinecke geschrieben: „... Unter diesen Umständen sind die Aussichten der Oelgetriebe für Streckenlokomotiven sehr gering. Dagegen haben gedrungene, einfache Oelgetriebe mit stetig veränderlicher Uebersetzung auf Verschiebelokomotiven gute

[1]) Vergl. Bd. 82, S. 173* (6. Oktober 1923). Red.
[2]) Vergl. Bd. 92, S. 148 und 149 (22. Sept. 1928). Red.
[3]) VDI-Zeitschrift 1927, Bd. 71, Nr. 12.
[4]) „S. B. Z." Bd. 83, S. 100 (1. März 1924).