

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 97/98 (1931)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Ueber moderne Grundwasserfassungen  
**Autor:** Wegenstein, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-44647>

### **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**

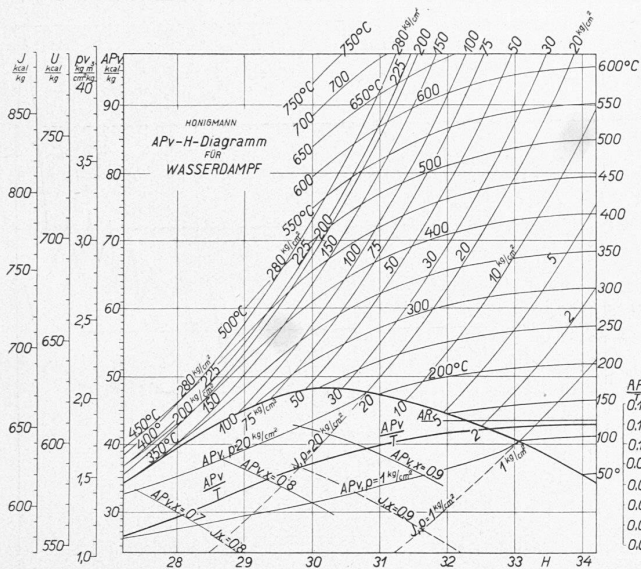
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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:** 13.01.2026

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



Nach den Gleichungen (25) bis (27) erkennt man aber auch den Charakter der Zustandsfläche. Die Zustandsfläche der realen Gase und Dämpfe im  $T-H-APV$ -Raum ist eine windschiefe Regelfläche; ebenso im  $T-H-J$ - und im  $T-H-U$ -Raum; sie wird durch die obere Grenzkurve begrenzt und hat eine Asymptotenebene mit der Gleichung  $APV = ART$ .<sup>7)</sup>

Es lässt sich vermuten, dass für  $H_{\text{absolut}} = 0$  auch  $\left(\frac{\partial(Pv)}{\partial T}\right)_Q = 0$  bzw.  $\left(\frac{\partial J}{\partial T}\right)_Q = 0$  und  $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_Q = 0$  wird.

#### V. EIN NEUES DAMPFDIAGRAMM.

Trägt man das Callendar in Abhängigkeit vom Wärmehalte oder der inneren Energie, oder in Abhängigkeit von der Arbeitsfähigkeit auf, die diesen Grössen für das reale Gas proportional ist, so erhält man ein obenstehendes Diagramm, das bestimmt erscheint, die bisherigen Temperatur-Entropie- und Wärmehalte-Entropie-Diagramme zu ersetzen.

In diesem Diagramm stellt die durch zwei  $H = \text{konst.}$ -Linien und die Linie der Zustandsänderung begrenzte Fläche, die bei dieser Zustandsänderung zuzuführende oder verbrauchte Wärmemenge  $Q$  dar:

$$Q_1 - Q_2 = \int_{H_1}^{H_2} APV dH \quad . . . . (29)$$

$$Q_1 - Q_2 = \int_{H_1}^{H_2} (J - C) dH \quad . . . . (30)$$

Die Linien konstanten Druckes und konstanten Volumens sind zueinander parallele logarithmische Linien:<sup>8)</sup>

$$H_P = \frac{n}{n-1} \lg(APv) + K \quad . . . (31)$$

$$H_v = \frac{1}{n-1} \lg(APv) + K_1 \quad . . . (32)$$

Im  $H-(J-C)$ -Diagramm gelten ähnliche Beziehungen. Kennt man also die Grösse von  $n$  und einen Punkt jeder  $P = \text{konst.}$  oder  $v = \text{konst.}$ -Linie, so ist es möglich, diese Linie in das neue Diagramm einzutragen. Solche Punkte liegen aber auf der Grenzkurve vor, und es ist damit ausser der Kenntnis von  $n$  und der Festlegung der Grenzkurve

<sup>7)</sup> Hat das Gas unstabile Zustandsgebiete, so sind selbstverständlich die, diese begrenzenden Umwandlungslinien und Realisierungskurven ebenfalls Begrenzungslinien der Regelfläche. Auf die Möglichkeit des Auftretens solcher Realisierungskurven bei Wasserdampf hat der Verfasser mehrfach hingewiesen. Z. d. Oesterr. Ing.- und Arch.-Vereins, Wien, 1929, Seite 388 bis 390, Heft 49/40; 1930, Seite 55 bis 57, Heft 7/8.

<sup>8)</sup> Logarithmische Linien lassen sich einfach konstruieren. S. auch Honigmann, Einfache graphische Konstruktion von Exponentialfunktionen. Z. d. Oesterr. Ing.- und Arch.-Vereins, Wien, 1928. Seite 77, Heft 9/10.

nichts erforderlich, um alle Zustandsgrössen des Ueberhitzungsgebietes bis in die Nähe des kritischen festzulegen.

Die Linien konstanter Temperatur lassen sich ebenfalls auf einfachem Wege ermitteln. Hierzu ist wieder nur die Kenntnis von  $n$  und die Festlegung der Grenzkurve erforderlich. Die Adiabate wird im neuen Diagramm durch eine Gerade senkrecht zur Callendarordinate dargestellt. Diese Linien müssen, wie die Gleichungen (25) bis (27) besagen, durch die  $T = \text{konst.}$ -Linien linear geteilt werden.

Da  $\frac{APv}{T}$ , bzw.  $\frac{J-C}{T}$ , nach Gl. (26) für die Adiabate konstant ist und an der Grenzkurve festliegt, ist die Konstante für jede Adiabate bekannt und eine Berechnung von  $T$  für jeden Punkt dieser Adiabate aus der zugehörigen Koordinate  $APV$  oder  $(J-C)$ ,  $(U-C)$  möglich.

Da die realen Gasgleichungen in der Form und mit den Koeffizienten, die sie für das reale Gas besitzen, nicht für Flüssigkeiten gelten, umfassen sie auch nicht das Gebiet des Nassdampfes. Es sind daher für dieses Zustandsgebiet bei Zeichnung des neuen Diagrammes graphische Näherungs-Methoden zur Ermittlung des Callendars herangezogen worden. Da mit der Nichtanwendbarkeit der realen Gasgleichungen auch die Proportionalität der Abszissenmasstäbe verloren geht, wurden zwei Kurvenscharen eingezeichnet: eine, die sich auf den Masstab des Wärmehaltes bezieht, und eine, die für den  $APv$ -Masstab gilt. Die Linien konstanten Druckes und konstanter Temperatur sind hier keine Geraden, was aber die Verwendbarkeit des Diagrammes nicht weiter beeinflusst, da alle Zustandsgrössen des Nassdampfes sich entweder direkt aus dem Diagramme abgreifen lassen oder besser mittels der hierfür geltenden ausserordentlich einfachen Gleichungen aus den Zustandsgrössen der Grenzkurven ermittelt werden können.

Das vorliegende Diagramm ist nach der Grenzkurve von Callendar aus dem Jahre 1929 ermittelt worden.<sup>9)</sup> Die Inter- bzw. Extrapolation geschah auf graphischem Wege, da vorliegendes Bild ja nur den Charakter des neuen Diagrammes erläutern soll, weshalb die auf graphischem Wege erzielbare Genauigkeit ausreichend war.

#### Ueber moderne Grundwasserfassungen.

Von Dipl. Ing. MAX WEGENSTEIN, Direktor der A.-G. Guggenbühl, Zürich, ALLGEMEINES.

Es ist auf dem Gebiete der Wasserversorgungstechnik üblich, den Ertrag einer Wasserfassung in l/min oder in „Minutenlitern“ anzugeben, während der Verbrauch an Wasser entweder in m³ pro Tag oder, namentlich für kommunale Trinkwasserversorgungen, in Litern pro Kopf und Tag gemessen wird. Noch vor wenigen Jahren ist von den massgebenden Fachleuten der durchschnittliche Wasserverbrauch für mitteleuropäische Verhältnisse zu 100 bis 150 l pro Kopf und Tag für ländliche, und zu 200 bis 400 l pro Kopf und Tag für städtische Verhältnisse angegeben worden. Auch heute noch bewegen sich in den bekanntesten technischen Handbüchern die Angaben für den spezifischen Wasserverbrauch eines Gemeinwesens in obigen Grenzen.

Der Zusammenschluss verschiedener Gruppen von Wasserbenützern und damit die starke Entwicklung des kommunalen Wasserversorgungsbaues in der Schweiz fällt in die zwei letzten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts. Diese Gemeindewasserversorgungen bedienen jeweils einen grossen Teil von Wasserbenützern gemeinsam, wirken somit auf die individuellen, oft recht verschiedenen Verbrauchsmengen ausgleichend und lieferten daher für die Praxis die oben erwähnten Mittelwerte, die bis etwa zum Jahre 1920 den tatsächlichen Verbrauchswerten angenähert entsprachen und im Laufe der Jahre nur unwesentlichen Schwankungen unterworfen waren.

Dagegen machte sich nun im Laufe des vergangenen Jahrzehntes eine ausgesprochene Vergrösserung des allge-

<sup>9)</sup> Callendar, Extended Steam Tables. Engineering 1929, May 3, p. 546; May 10, p. 595.

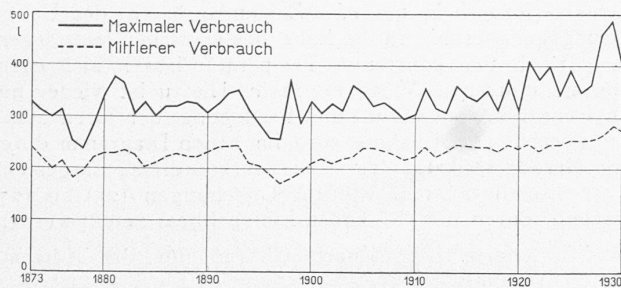


Abb. 2. Spezifischer Wasserverbrauch Zürichs in l pro Kopf und Tag.

meinen Wasserverbrauches geltend, die in einzelnen Fällen 50 bis 100 % des bisherigen mittleren Verbrauches ausmacht. In Abb. 1 sind die mittleren und maximalen täglichen Wasserverbrauchsmengen der Stadt Zürich seit dem Jahre 1873 graphisch zusammengestellt. (Ich verdanke die betreffenden Angaben der Direktion der Wasserversorgung der Stadt Zürich). Die Steigerung des Wasserverbrauches dieser grössten schweizerischen Gemeindewasserversorgung ist nun aber nicht nur eine Folge des natürlichen Bevölkerungszuwachses. Die Kurven in Abb. 2 veranschaulichen die Vergrößerung auch des spezifischen, d. h. des auf das einzelne Individuum bezogenen Wasserverbrauches. Wohl der Hauptgrund für diese Erscheinung liegt in der erst seit wenigen Jahren sich geltend machenden Zunahme der Ansprüche in der Lebenshaltung. Man denke nur an die heute schon in einfachen Wohnverhältnissen anzutreffenden starken Wasserverbrauchsobjekte wie Douchen, Wannenbäder, Abortspülungen, Warmwasserspeicher, laufendes Wasser in Schlaf- und Wirtschaftsräumen, Auto-waschplätze u. a. m. Diese Erscheinung ist selbstverständlich nur zu begrüßen, denn eine Zunahme des Reinigungs- oder Reinlichkeitsbedürfnisses unserer Bevölkerung unterstützt wohl am besten das Bestreben der Hygieniker zur Hebung der Volksgesundheit. Wir sind heute erst am Anfang dieser Erscheinung und alle Anzeichen lassen darauf schliessen, dass die kommenden Jahrzehnte eine weitere starke Erhöhung des spezifischen Wasserverbrauches in unserem Lande bringen werden.

Es ist daher Pflicht einer jeden kommunalen Wasserversorgung, genügende Reserven zu schaffen, um auch in Zeiten längerer Trockenperioden und dadurch bedingter Wasserknappheit, ihren Benützern Trink- und Brauchwasser in unbeschränkter Menge abgeben zu können. Einer ausgesprochenen Wasserverschwendung ist damit natürlich nicht das Wort geredet.

Mit dieser stark gesteigerten Nachfrage nach kommunalem und industriellem Trink- und Brauchwasser hat die Erschliessung der zur Verfügung stehenden Trinkwassermengen nicht nur Schritt zu halten, sondern sie muss ihr vorangehen. Wenn eine Gemeinde-Wasserversorgung durch Einbau von Wassermessern in Privathäusern, zeitweise Einschränkung oder gar Unterbindung der Wasserabgabe, Anzapfung der Feuerreserven oder ähnlichen, verwerflichen Mitteln versucht, über eine Trockenperiode hinweg zu kommen, ist dies eine falsche Haushalt-Politik. In solchen Fällen heisst es, mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln die verschiedenen Möglichkeiten zur Mehrwasserfassung zu untersuchen, die technisch und wirtschaftlich günstigste Lösung zu wählen und unverzüglich an deren Ausbau zu gehen.

In diese Epoche des steigenden Wasserbedarfes für Gemeinde und Industrie fällt nun die *Erschliessung des Grundwassers*.

Erst seit Beginn dieses Jahrhunderts hat man auf Grund von eingehenden Studien und praktischen Versuchen die Erkenntnis gewonnen, dass in unserem Lande Grundwasserströme und Becken vorhanden sind, die bei planmässiger Ausbeutung imstande sind, den gesamten Trink- und Brauchwasserbedarf unseres Landes auf lange Zeit zu decken. Dabei darf nicht vergessen werden, dass auch der

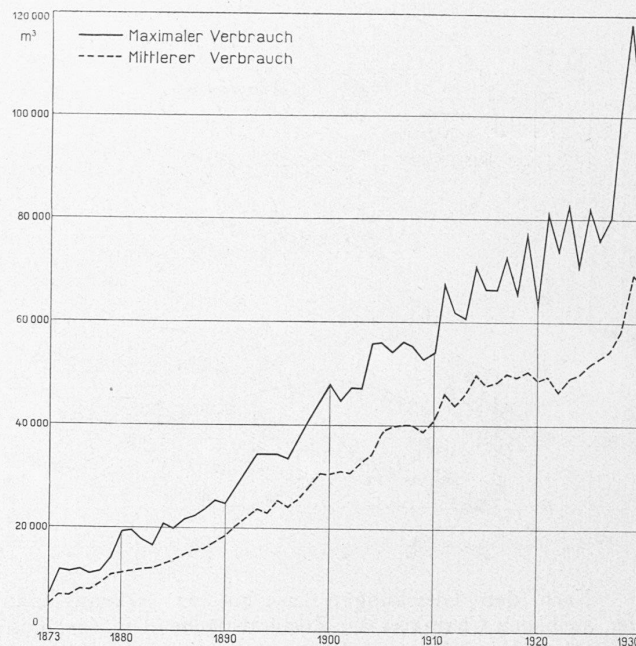


Abb. 1. Wasserverbrauch der Stadt Zürich in m³/24 h.

Maschinen-Industrie durch Vervollkommen der Konstruktion ihrer Zentrifugalpumpen, Elektromotoren und automatischen Schaltapparate ein wesentliches Verdienst an der gegenwärtigen starken Entwicklung der Grundwassernutzung in unserem Lande zukommt.

Es liegt nicht im Rahmen dieser Zeilen, auf die geologisch-hydrologische Entstehung der Grundwasserströme unseres Landes einzutreten. Ich verweise hier auf die zwei Publikationen: „Die Grundwasservorkommen der Schweiz“ (Band III der Annalen der schweizerischen Landes-Hydrographie) und „Die wichtigsten Typen der ausnützbaren Grundwassergebiete der Schweiz“, beide vom Geologen Dr. J. Hug in Zürich, der sich im Verlaufe der zwei vergangenen Jahrzehnte eingehend mit diesen Verhältnissen beschäftigt hat, und dessen gründlichen Vorstudien ein grosser Teil der heute erstellten kommunalen wie industriellen Grundwasserfassungen ihre Entstehung verdankt.

Auch auf die rechtliche Seite der Grundwasserfassungstechnik möchte ich nicht näher eintreten. Es sei nur daran erinnert, dass Art. 704 des Schweizerischen Zivilgesetzbuches das Grundwasser den Quellen gleichgestellt, d. h. das Grundwasser ist Eigentum des Grundstückes, auf dem es entspringt bzw. gefasst wird.

Die gegenwärtig schon recht starke Ausnützung der verschiedenen Grundwasserströme und -Becken im Kanton Zürich liess für Gebiete, in denen mehrere Grundwasserfassungen nebeneinander erstellt wurden, die Unzulänglichkeit dieses Art. 704 deutlich erkennen, denn eine, in einem durchlässigen Träger erstellte neue Fassung kann eine schon bestehende benachbarte Fassung in deren Ertragbarkeit stark beeinträchtigen. Es führte dies dazu, dass am 2. Februar 1919 der Kantonsrat von Zürich eine betreffende Ergänzung zu § 137 des Einführungsgesetzes zum Schweizerischen Zivilgesetzbuch erliess. Gemäss diesem § „137 bis“ werden Grundwasserströme und Grundwasserbecken von einer mittleren Stärke von mehr als 300 l/min als öffentliche Gewässer erklärt, wobei die Bezeichnung dieser öffentlichen Grundwasserströme und Grundwasserbecken durch den Regierungsrat des Kantons Zürich vorgenommen wird. Seither ist zur Ausnützung dieser öffentlichen Grundwässer eine behördliche Verleihung notwendig.

Im folgenden sollen nun die wichtigsten technischen und hydrologischen Probleme, die beim Bau von Grundwasserfassungen auftreten können, beleuchtet werden, wobei ich es mir aus Platzmangel versagen muss, auf konstruktive Einzelheiten der Bauelemente von Grundwasserfassungen näher einzutreten.



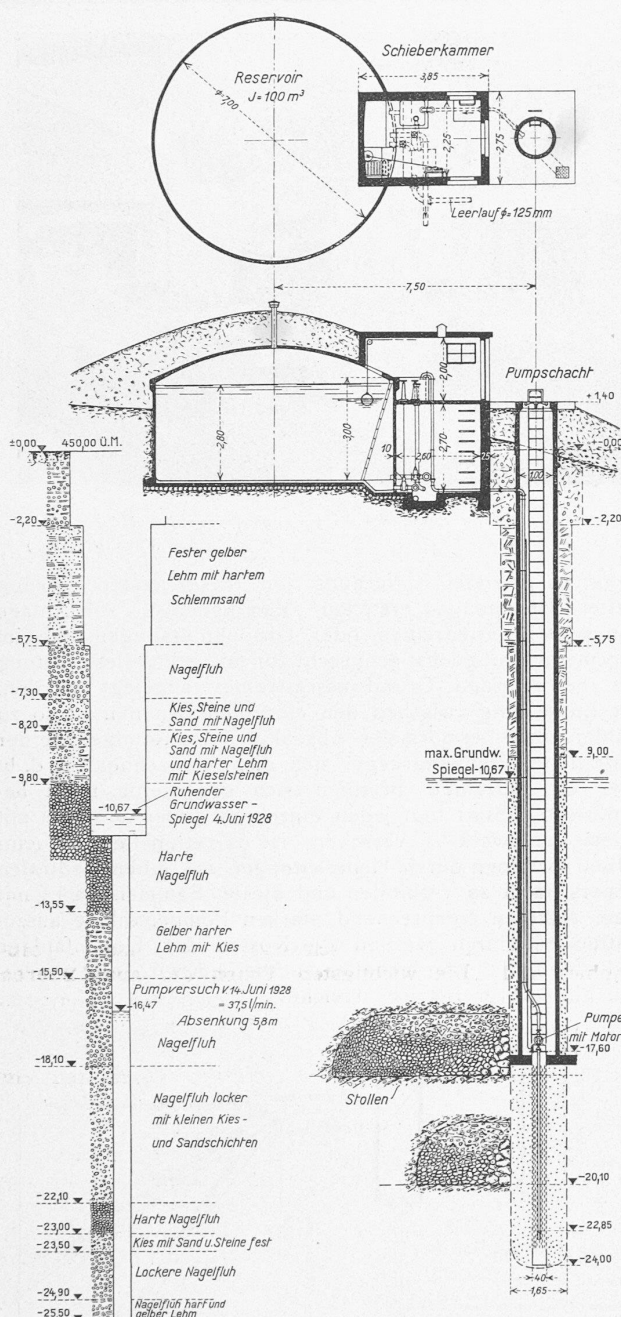


Abb. 3. Einzelfassung im Grundwassergebiet bei Wallisellen. — 1 : 200

## EINZELFASSUNGEN.

Massgebend für die Ergiebigkeit einer Grundwasserfassung ist neben der Grösse des Einzugsgebietes des betreffenden Grundwasserstromes oder -Beckens insbesondere die *Tiefe* und die *Durchlässigkeit* des Grundwasserträgers, d. h. der über dem undurchlässigen Untergrund lagernden Sand- und Kiesschichten. Schon verschiedene bedeutende Hydrologen versuchten, diese wechselseitigen Beziehungen zwischen den oben erwähnten verschiedenen Faktoren gesetzmässig festzulegen; ich erwähne die Arbeiten von Prinz, Thiem, Smrecker. Deren Formeln mögen wohl für die feinkörnigen Sande der norddeutschen Gebiete Gültigkeit besitzen; für unsere schweizerischen Verhältnisse mit den bei uns anzutreffenden grobkiesigen, geologisch viel komplizierteren Grundwasserträgern haben sie auf alle Fälle nur beschränkten Wert und sind mit grösster Vorsicht anzuwenden. Ich habe bei verschiedenen praktischen Ausführungsbeispielen die Erfahrung gemacht, dass der effektive Ertrag einer Fassung einmal nur Bruchteile, ein andermal das Vielfache der theoretisch errechneten Ergiebig-

keitsmengen ausgemacht hat. Man mache es sich daher zur Pflicht, vor Aufstellung eines Projektes, ganz besonders aber vor Inangriffnahme der Bauarbeiten einer Grundwasserfassung, in jedem Fall durch eine oder mehrere Sondierbohrungen mit anschliessenden Dauerpumpversuchen die lokalen Grundwasserverhältnisse eindeutig abzuklären.

Die ausserordentlich verschiedene Beschaffenheit der uns zur Verfügung stehenden Kiesträger und der damit zusammenhängenden Durchlässigkeitswerte kann wohl am besten anhand der Beschreibung zweier ausgeführter Grundwasserpumpwerke illustriert werden.

Die eine dieser Fassungen befindet sich wenige Kilometer unterhalb Zürich, im grossen Grundwasserstrom des Limmattales, die andere bezieht das Wasser aus dem Grundwasserbecken zwischen den Ortschaften Wallisellen, Dietlikon, Kloten und Opfikon. Die für diese zweite Anlage ausgeführte Sondierbohrung hat das in Abb. 3 links aufgezeichnete Bodenprofil ergeben. Wenn auch die vom ruhenden Grundwasserspiegel (Kote — 10,67) bis auf die endgültige Bohrtiefe (Kote — 25,50) angetroffenen verschiedenen Nagelfluhschichten keine allzu starke Ergiebigkeit des betreffenden Grundwasserträgers erwarten liessen, durfte dennoch auf Grund von Ergebnissen, die von Pumpversuchen aus dem gleichen Grundwassergebiet zur Verfügung standen, mit einem Ertrag der Fassung von über 100 l/min, bei normaler Absenkung des Grundwasserspiegels, gerechnet werden. Der am 14. Juni 1928 ausgeführte Pumpversuch hat dann das überraschende Resultat ergeben, dass bei der starken Absenkung von 5,80 m der Brunnen nur 37,5 l/min ergab. Da jedoch die Bauherrschaft den Ausbau der ganzen Anlage von einem Minimalertrag der Fassung von 100 l/min abhängig machte, musste ein spezieller Ausbau der Fassung vorgesehen werden. Die Lösung, die von mir vorgeschlagen und vom Bauherrn zur Ausführung beschlossen worden ist, geht aus Abb. 3 rechts hervor. Durch Disposition des Pumpenaggregates in etwa 7 m Tiefe unter dem Grundwasserspiegel in einem wasserdichten Schacht war es möglich, unter Ausnützung der normalen Saughöhe einer Zentrifugalpumpe den natürlichen Grundwasserspiegel bis auf Kote — 22,85, d. h. um volle 12 m abzusenken. Dadurch steigerte sich der Ertrag der Fassung auf die gewünschte Menge von 100 l/min. Die Pumpe fördert das Wasser in einer im Schacht eingebauten Steigleitung in ein Sammel- und Ausgleichsreservoir von 100 m³ Fassungsvermögen, von wo es unter natürlichem Druck den Verbrauchstellen in der tiefer gelegenen Fabrik zufliesst.

Ganz anders lagen die Verhältnisse bei der oben erwähnten Grundwasserfassung im Limmattal, die ebenfalls für eine Fabrikanlage das nötige Brauchwasser liefert. Die Gesamtdisposition dieser Fassung geht aus Abb. 4 hervor. Während der Brunnen bei der Anlage von Wallisellen 13,40 m tief in den Grundwasserträger eintaucht, beträgt die Tiefe des Brunnens in diesem Falle 19,50 m unter natürlichem Niederwasserstand des Grundwasserspiegels. Während jedoch im Falle Wallisellen bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels von 12 m eine Brunnenergiebigkeit von knapp 100 l/min erzielt werden konnte, liefert dieser Brunnen im Grundwasserstrom des Limmattales schon bei einer Absenkung von 2,65 m 10200 l/min. Unter gleichzeitiger Berücksichtigung der stark verminderten Absenkung und des viel grösseren Ertrages beträgt, bei ungefähr gleicher Konstruktion der beiden Fassungen, die Leistungsfähigkeit des Brunnens im Limmattal das 460-fache der Fassung bei Wallisellen.

Diese Fassungsanlage im Limmattal ist zugleich ein klassisches Beispiel dafür, dass im allgemeinen als eigentliches Fassungsorgan der sogenannte *Fillerbrunnen* dem Kessel-, Senk- oder Sodbrunnen vorzuziehen ist. Die betreffende Anlage, die ursprünglich nur als Kesselbrunnen ausgebildet war (s. Abb. 4), besass für die von der Fabrik gewünschte Ergiebigkeit eine zu kleine Eintrittsfläche, d. h. das Grundwasser konnte nur durch die Sohlenöffnung und die wenigen Schlitze im untern Teil der Wandung in das





Abb. 10. Abteufen eines Rohrbrunnens von 1 m lichter Weite unter schwierigen Verhältnissen, mittels Belastung durch 25 t Eisenmasseln.

in Abb. 5 dargestellten Filterbrunnens. Dadurch wurde die Eintrittsfläche um ungefähr das dreifache vergrößert, wodurch andererseits die Geschwindigkeit im umgekehrten Verhältnis vermindert wurde. Die Leistungsfähigkeit der betreffenden Fassung wurde dadurch bedeutend verbessert. Die Verhältnisse von Absenkung zu Förderleistung sind, vor und nach dem Umbau des Sodbrunnens in einen Filterbrunnen, in Abb. 4 dargestellt.

Der Bohrdurchmesser eines solchen Filterbrunnens richtet sich nach der lichten Weite des Filterrohres und nach der Stärke der umgebenden Filterkiesschicht. Der Durchmesser des Filterrohres selbst bestimmt sich nach den Abmessungen der verschiedenen darin einzubauenden Konstruktionsteile der Fassungsanlage, wie Saugrohr, Saugventil, Heberabfallschenkel, Schwimmer für Wasserstandsbeobachtung oder automatische Pumpensteuerung u. dgl. Die eigentliche Ergiebigkeit eines Filterbrunnens ist jedoch im allgemeinen vom Durchmesser der betreffenden Bohrung gar nicht oder nur in sehr geringem Masse abhängig. Eine Ausnahme machen die Fälle, in denen Brunnenfassungen in schwer durchlässige, lehmhaltige oder nagelfluhartig verkittete Grundwasserträger zu liegen kommen, wie dies bei der Anlage Wallisellen der Fall ist, wo neben dem grossen Durchmesser der Brunnenbohrung zwei Seitenstollen dem Grundwasser den Zulauf zur Fassung erleichtern (siehe Abb. 3, rechts).

#### GRUPPENFASSUNGEN.

Wenn einem ausgedehnten Grundwasserträger grössere Mengen Wasser entnommen werden sollen und für diesen Bedarf die Leistungsfähigkeit eines einzelnen Brunnens nicht genügt, wird es

Brunneninnere gelangen. Dadurch überschritt die Eintrittsgeschwindigkeit die für das Porenvolum des betreffenden Grundwasserträgers zulässige Durchflussgeschwindigkeit, was, infolge Verstopfung der den Brunnen umgebenden Kiesschichten mit feinem Sand, zu unzulässigem Eintrittsdruckverlust und damit zu einer Spiegelabsenkung im Brunnen selbst führte, der die Saugwirkung der Entnahmepumpen nicht mehr gewachsen war. Auf meinen Vorschlag entschloss sich dann die Fabrikleitung zum Einbau des

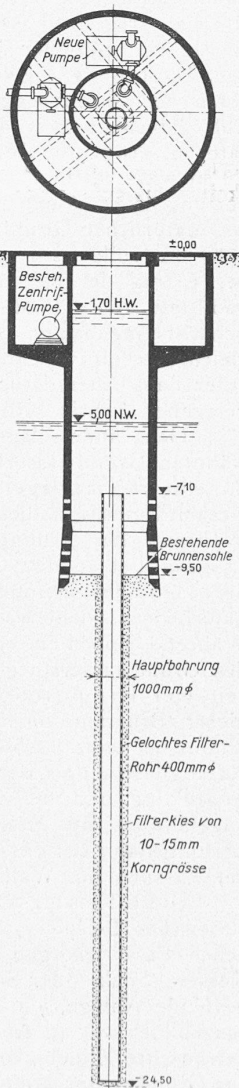


Abb. 5. Filterbrunnen, 1 : 200.



Abb. 9. Entnahme von 25000 l/min aus dem Grundwasserstrom des Limmattales bei Schlieren. (Phot. Dr. J. Hug.)

nötig, in gewisser Entfernung von dieser ersten Fassung weitere Brunnen zu erstellen. Man kommt so zur Anlage von sog. Brunnenreihen oder Gruppenfassungen, die im allgemeinen möglichst senkrecht zur mittleren Fließrichtung des betreffenden Grundwasserstromes angelegt werden. Die Entfernung zwischen den einzelnen Brunnen ist so zu wählen, dass bei normaler Absenkung die Randgebiete der einzelnen Absenkungskegel sich nicht überschneiden, d. h. dass die einzelnen Brunnen sich gegenseitig nicht beeinflussen. Statt nun jeden einzelnen dieser Brunnen mit einem Pumpwerk zu versehen, ist es rationeller, die einzelnen Brunnen durch Heberleitungen mit einem zentralen Heberschacht zu verbinden und diesen Sammelschacht mit einer einzigen entsprechend starken Pumpenanlage auszustatten. Dadurch werden die Kosten der Gesamtanlage bedeutend niedriger gehalten, ausserdem wird ein wesentlich einfacherer Betrieb erreicht.

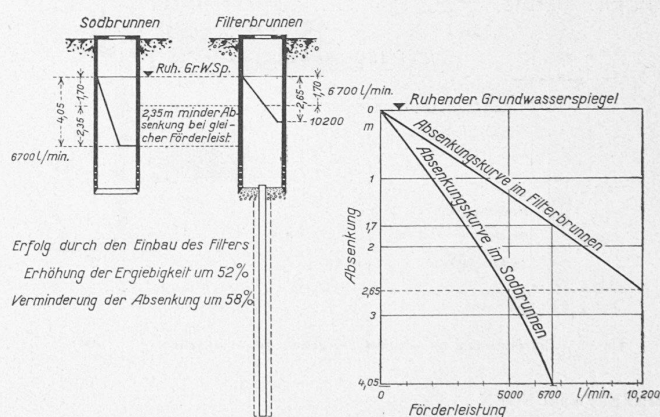


Abb. 4. Umbau eines Kesselbrunnens in einen Filterbrunnen, 1 : 400.

Eine der grössten gegenwärtig in der Schweiz bestehenden Gruppenfassungen ist im Laufe des Jahres 1928 von der A.-G. Guggenbühl unter meiner Leitung projektiert und ausgeführt worden (Abb. 6 bis 8).

Die allgemeinen Verhältnisse dieser im Grundwasserstrom des Reusstales unterhalb Luzern erstellten Fassung gehen aus dem Längenprofil der neuen Anlage hervor (Abb. 6); darin ist (rechts) auch die ursprünglich vorhandene Einzelfassung mit der durch sie erzielten Grundwasserabsenkungskurve veranschaulicht. Dieser schon seit dem Jahre 1915 in Betrieb stehende Brunnen lieferte bei maximaler Absenkung des Grundwasserspiegels 7000 l/min. Massgebend für die Ausgestaltung der neuen Anlage war eine erste Erhöhung des Ertrages auf 17000 l/min bei einer späteren Ausbaumöglichkeit bis auf 30000 l/min. Im Laufe der Monate Dezember 1928 und Januar/Februar 1929 sind dann zwischen Fabrik und dem Bache (links) mehrere

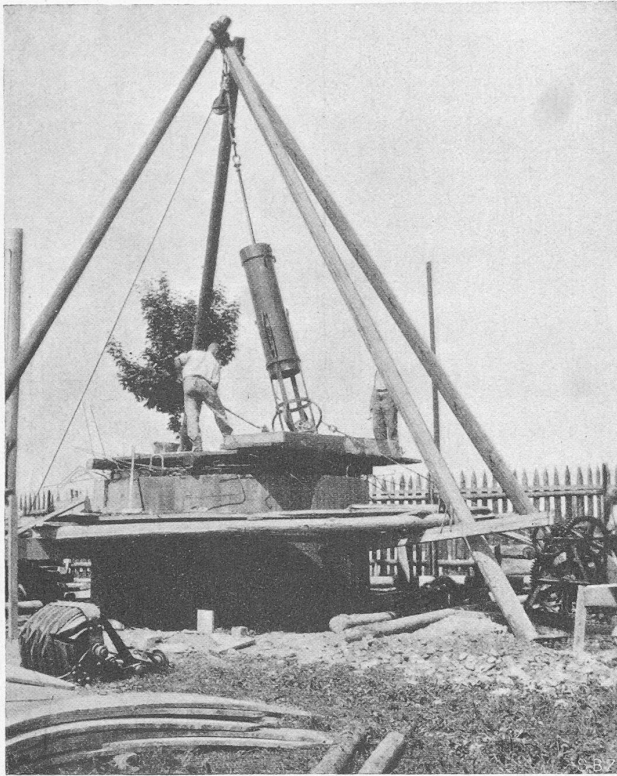


Abb. 7. Absenken eines Heberschachtes von 3,5 m lichter Weite für eine Grundwasserversorgung im Reusstal, mittels Kiespumpe.

Sondierbohrungen abgeteufelt worden. Aus zweien davon ist während mehreren Wochen ein gleichzeitiger Dauerpumpversuch durchgeführt worden.

Das von Darcy für die Ergiebigkeit eines Grundwasserstromes aufgestellte Grundgesetz lautet:

$$Q = k_0 \cdot F \cdot i, \text{ worin bedeuten:}$$

$Q$  die dem Grundwasserstrom entnommene Wassermenge in  $\text{m}^3/\text{sec}$ ,

$k_0$  der sog. Durchlässigkeitswert des Grundwasserträgers,

$F$  der volle Querschnitt des Grundwasserträgers senkrecht zur mittleren Strömungsrichtung des Grundwassers,

$i$  das Spiegelgefälle des Grundwasserstromes in seiner mittleren Strömungsrichtung.

$F$  wurde durch die erwähnten Sondierbohrungen,

$i$  durch genaue Messungen des Grundwasserspiegels etwa 300 m stromauf- und stromabwärts der Fassungsstelle be-

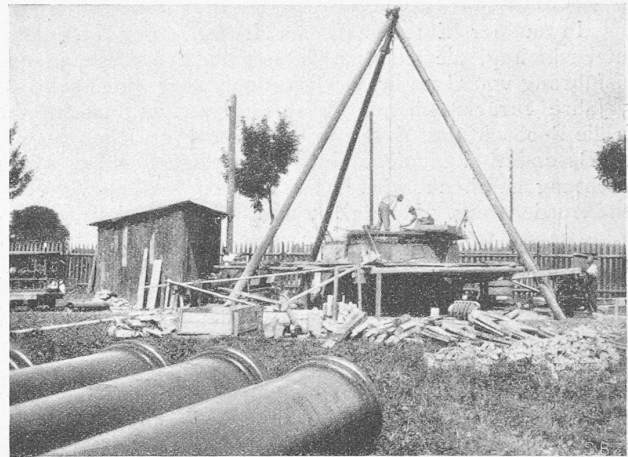


Abb. 8. Heberschacht der Gruppenfassung im Reusstal, links im Vordergrund Röhren der 600 mm-Heberleitung (vergl. Abb. 6).

stimmt. Der Wert  $k_0$  ist nach der erstmals von Smrecker angewandten Methode berechnet worden; diese beruht auf Beobachtung der Zeit, innert der das Wasser nach Abstellen der Versuchspumpe an verschiedenen Stellen des Brunnens um ein bestimmtes Mass aufsteigt. Um jede Zufälligkeit auszuschliessen, sind die für die Anwendung dieses Verfahrens notwendigen Resultate als Mittelwerte zahlreich ausgeführter Einzelmessungen ermittelt worden.

Die Berechnungen ergaben für die in Aussicht genommene Stelle des Grundwasserträgers eine voraussichtliche Ergiebigkeit von 20 350 l/min, und auf Grund dieses Ergebnisses konnte die Garantie für Lieferung einer Mindestmenge von 17 000 l/min übernommen werden. Als dann Ende 1928 die Anlage in Betrieb genommen wurde, zeigte es sich, dass die Fördermenge ohne Schwierigkeiten bis auf 25 000 l/min gesteigert werden konnte.

Die Fassung besteht aus drei Filterbrunnen von 10 bis 12 m Tiefe bei einem Bohrdurchmesser von 1,60 m, und aus einem Heberschacht in Eisenbeton von 8,5 m Tiefe und 3,50 m l.  $\varnothing$  (Abb. 7 u. 8); die einzelnen Brunnen sind mittels einer gemeinsamen Heberleitung von 450 bis 600 mm  $\varnothing$  mit dem Heberschacht verbunden. Der Heberschacht ist durch den Einbau eines vierten Filterbrunnens ebenfalls als Fassung ausgebildet. Ueber dem Heberschacht befindet sich der Pumpenraum. Durch eine besondere (meiner Firma patentierte) Ausbildung des Heber-Abfallschenkels wird die im Heber sich ansammelnde Luft ohne Zuhilfenahme mechanischer Vorrichtungen selbsttätig ausgeschieden.

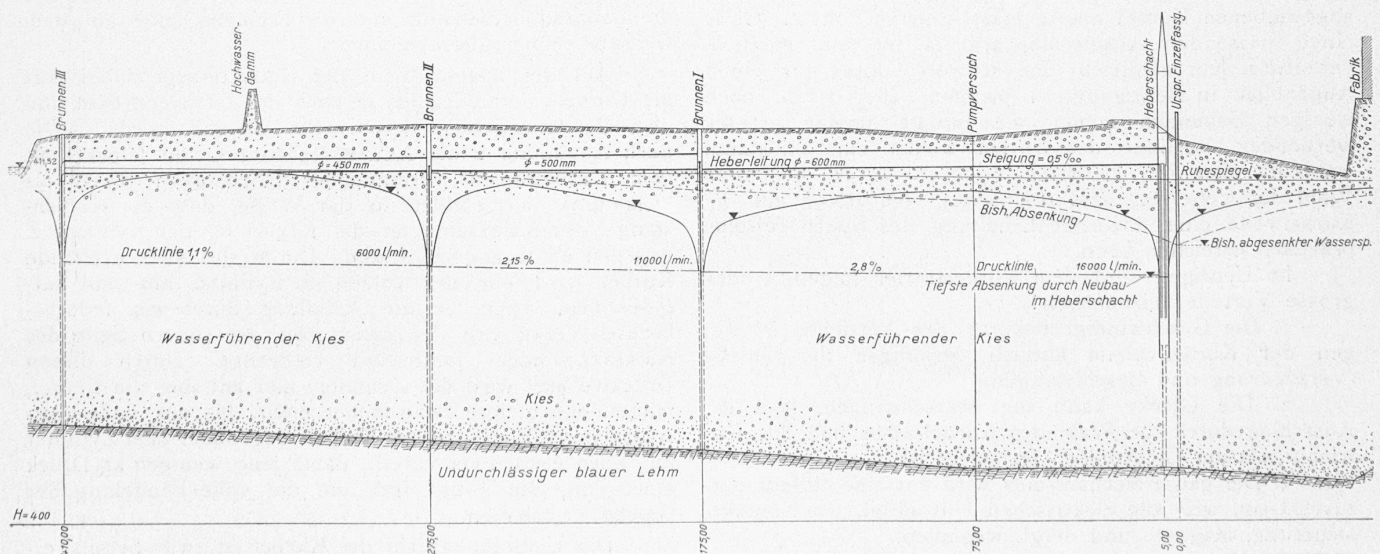


Abb. 6. Gruppenfassung im Reusstal. Längen 1 : 2500, Höhen 1 : 250, Drucklinien-Gefälle in  $\text{‰}_{100}$  (nicht in  $\text{‰}$ ).



## SCHLUSSBETRACHTUNG.

In meiner Eigenschaft als Leiter einer Ingenieur-Unternehmung, die auf dem Gebiete der Projektierung und Ausführung von Grundwasserfassungen über eine mehr als 25 Jahre zurückreichende Erfahrung verfügt, mache ich oft die Beobachtung, dass von den verantwortlichen Stellen den Besonderheiten dieses Ingenieurgebietes viel zu wenig Beachtung geschenkt wird.<sup>1)</sup> Die ausserordentlich verschiedene Ausdehnung, Mächtigkeit und Durchlässigkeit unserer Grundwasserströme und Becken, sollten es jedem Bauleiter zur Pflicht machen, vor der Projektierung oder gar Ausführung einer Fassung die örtlichen Verhältnisse durch Vornahme von Sondierbohrungen und Pumpversuchen abzuklären und in unklaren Verhältnissen einen auf diesem Spezialgebiet erfahrenen Fachmann zu Rate zu ziehen. Im Interesse von Behörden und Bauherren darf hierin nicht gespart werden, denn schon manche vermeintliche Einsparung bei diesen grundlegenden Vorarbeiten ist durch die Anlage einer unzweckmässigen, unwirtschaftlichen oder überhaupt unbrauchbaren Fassung in mehrfachem Betrage verloren gegangen.

### Der elektrische Antrieb von Kirchenglocken nach System Knell.

Das Bedürfnis nach elektromechanischen Antriebsapparaten zum Läuten der Kirchenglocken macht sich immer mehr bemerkbar. Teils sind es die hohen Arbeitslöhne, teils aber auch der Mangel an geeignetem Personal, die das Läuten von Hand vielerorts fast zur Unmöglichkeit machen. Von verschiedenen elektrischen Antriebssystemen, die aufgetaucht sind, haben sich eigentlich nur sehr wenige erhalten können. Es sind Läutemaschinen bekannt, bei denen mehrere Glocken von einem einzelnen Motor angetrieben werden, indem auf einer Transmissionswelle sitzende Reibungskupplungen mechanisch oder elektromagnetisch ein- und ausgerückt werden und vermittelt Seilen oder Ketten die Glocken anziehen; weiter gibt es auch Einzelantriebe, bei denen jede Glocke ihren eigenen kleinen Motor hat, dessen Drehrichtung mit dem Schwingungswechsel elektrisch umgesteuert wird.

Offenbar ist es naheliegend, pendelnde Kirchenglocken mit einer Kurbel anzutreiben; es fehlten aber anfangs die hierzu geeigneten Zwischenorgane, sowie eine zuverlässige Steuerung, die den Synchronismus zwischen Glockenschwingungszahl und Kurbelumdrehungszahl erhält. Friktionsmittel, Federn usw. haben sich nicht bewährt; die grösste Schwierigkeit liegt nämlich darin, dass die Anzahl Pendelausschläge einer Glocke bei kleiner Amplitude, also im Anlauf, grösser ist, als bei vollem Schwingungswinkel, während die Umdrehungszahl der motorisch angetriebenen Kurbel naturgemäss konstant bleibt. Ohne einen passenden Ausgleichapparat ist es wohl möglich, vermittelt Kurbelantrieb eine schwere Glocke für einen Augenblick in Bewegung zu bringen, aber schon nach wenigen Sekunden kommt sie zufolge immer grösser werdender Voreilung der Kurbel wieder zum Stillstand, während man bei kleineren Glocken durch geeignete Wahl des Übersetzungsverhältnisses vom Motor auf die Kurbelwelle eine dauernde Erhaltung des Synchronismus praktisch erreichen kann.

Im Uebrigen sind dem Kurbelantrieb folgende, sehr grosse Vorteile beizumessen:

1. Die Geschwindigkeitskurve des Antriebes ist wegen der Kurbelschleife ähnlich derjenigen der Glocke (Verzögerung und Beschleunigung).

2. Die Glocke kann nie überschwingen, weil ihr Ausschlag durch die Wahl des Kurbelradius und des Antriebshebels am Glockenjoch festgelegt ist.

3. Der ganze Mechanismus wird äusserst einfach und zuverlässig, weil alle elektrischen Hilfsmittel, wie Kontaktsteuerung, Magnete und dergl. weggelassen.

<sup>1)</sup> Siehe die gleiche Mahnung in Bd. 90, S. 88 (13. Aug. 1927). Red.



Abb. 4. Ansicht der Läutemaschine System Knell.

4. Der Motor arbeitet mit gleichbleibender Drehrichtung.

Ein Kurbel-Antrieb mit nachgiebiger Schubstange und mechanisch von der Glocke betätigter Ausgleich - Vorrichtung, das System Knell, Meilen, wurde in den letzten Jahren eingeführt und hat in kurzer Zeit in über 50 Kirchen der Schweiz Eingang gefunden. Es seien erwähnt St. Peter, Predigern und Fluntern in Zürich, die Kathedrale Solothurn, die beiden Stadtkirchen von Frauenfeld, St. Michael in Zug, Santa Maria Neudorf in St. Gallen usw.

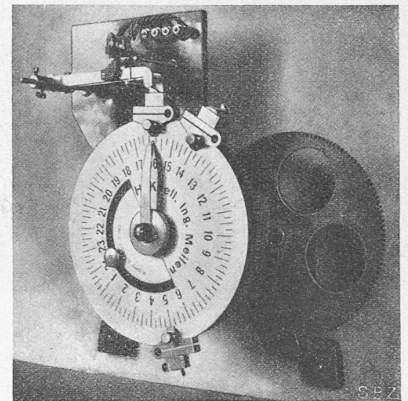


Abb. 5. Zeitläute-Automat, zum Anschluss an die Turmuhr.

Der Antriebmotor, je nach Glockengrösse 0,5 bis 4 PS, ist auf ein kräftiges Stirnrad-Reduktionsgetriebe montiert und treibt dieses mit einem kurzen, mit Lenix-apparat versehenen Riemen an, wie in Abbildung 1 ersichtlich ist. Dieses Reduktionsgetriebe, z. T. auch die Riemenübertragung, dienen der Reduktion der Drehzahl des Motors auf die Drehzahl eines mit der Anfangsschwingungszahl der Glocke synchronen Kurbelgetriebes. Für Glocken verschiedener Grösse und Tonhöhe wird nur der Durchmesser der Motorriemenscheibe geändert, während die Zahnradübersetzung und die Riemenscheibe auf dem Getriebe immer gleich bleiben.

Auf der letzten Welle des Reduktionsgetriebes sitzt die Kurbel, deren Radius je nach der Glockengrösse und dem Pendelausschlag der Glocke gewählt wird. — Die nach Abbildung 2 die Antriebsgarnitur G der Glocke mit dem Kurbelzapfen verbindende Schubstange S ist als Oelkatarakt ausgebildet, in der Weise, dass die Kolbenstange des Kataraktes an die Kurbel K, der Zylinder Z dagegen an G angelenkt sind. Durch die sich drehende Kurbel wird nur der Kolben im Zylinder hin- und hergeschoben, wobei er die Oelfüllung durch ein federbelastetes Ventil von der einen nach der andern Seite des Kataraktzylinders wechselnd verdrängt. Durch diesen Druckwechsel wird der Zylinder, und mit ihm die Glocke, mitgenommen, und zwar immer mehr, bis der volle Ausschlag erreicht ist, und der Kolben gegenüber dem Zylinder nur noch etwa 2 cm voreilt, dabei jene wenigen kg Druck erzeugend, die nötig sind, um die volle Pendelung der Glocke zu erhalten.

Die Umdrehungszahl der Kurbel ist, wie bereits erwähnt, auf die Anfangsschwingungszahl der Glocke abge-