

Wasserversorgung

Autor(en): **Meyer-Peter, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières**

Band (Jahr): **30 (1932)**

Heft 11

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-193395>

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.

part à la hausse du prix des produits et de l'autre à l'accroissement de la production. On sait qu'au cours du dernier demi-siècle, l'agriculture suisse a évolué nettement vers la production intensive. L'agriculteur a cherché à se rendre indépendant au point de vue économique, non seulement en assurant son entretien, mais en mettant sur le marché des produits de qualité.

L'amélioration du sol et des conditions du travail constitue la première étape indispensable vers cette marche ascendante. Encouragé par les résultats des travaux exécutés jusqu'à ce jour, il poursuivra avec une confiance et un courage toujours croissants la belle tâche de rendre le sol cultivable de notre pays, capable de nourrir un nombre toujours plus grand de ses habitants.

Les travaux d'amélioration du sol et d'aménagement de la propriété, accompagnés des autres mesures telles que la colonisation et l'organisation de la production ont, au point de vue social, une importance indéniable. Ils contribuent à mettre un frein à la dépopulation des campagnes, à limiter dans la mesure du possible cet afflux qui envahit et congestionne les villes et par ce fait même à maintenir entre l'agriculture, d'une part, et l'industrie, de l'autre, un état d'équilibre qui est le plus sûr garant de la prospérité de notre pays.

Zurich, février 1932.

Diserens.

Wasserversorgung.

Vortrag gehalten am Kurs über Gemeinde-Ingenieuraufgaben,
14. Oktober 1932 E. T. H. Zürich, von Professor E. Meyer-Peter.

I. Erhebungen über Wasserbedarf und Wasservorkommenis.

1. Verbrauch des Wassers in Ortschaften.

Charakteristisch bei der Beurteilung des Wasserverbrauchs in Ortschaften ist der Umstand, daß der Verbrauch sowohl während eines einzelnen Tages, als mit den Jahreszeiten sich ändert. Betrachtet man das Tagesdiagramm für den Wasserverbrauch einer größeren Ortschaft, so sieht man, daß dieses Diagramm einen ähnlichen Verlauf zeigt wie dasjenige des Verbrauchs an elektrischer Energie. Es sind zwei ausgesprochene Spitzen im Diagramm sichtbar, wovon die eine auf die Vormittagsstunden, die andere auf die Nachmittagsstunden fällt. Das Diagramm zeigt über die Mittagszeit eine charakteristische Verminderung des Verbrauchs, die aber nur kurz dauert, und ferner ein ausgesprochenes Tal in den Nachtstunden. In bezug auf die Verteilung des Wasserverbrauchs nach den einzelnen Monaten des Jahres ist im allgemeinen hervorzuheben, daß der Wasserverbrauch in den heißen Sommermonaten Juli, August und September sein Maximum zeigt, aber auch in einem kalten Winter kann es vorkommen, daß der Wasserverbrauch sogar noch größer ist als in einem heißen Sommermonat, was dem Umstand zuzuschreiben ist, daß in den Häusern, zum Schutz vor Einfrieren der Lei-

tungen, beständig Wasser abgelassen wird, eine Maßnahme, die wirtschaftlich sehr in Diskussion gezogen werden kann.

Aus den verschiedenen Verbrauchsmengen nach den Tagesstunden und nach den Jahreszeiten ergibt sich die Notwendigkeit, die Lieferung von Wasser und namentlich die Deckung der Verbrauchsspitzen sorgfältig zu studieren. Die Untersuchung läuft darauf hinaus, die Größen der Reservoirs, welche die Aufgabe haben, die zeitliche Verschiebung zwischen Wasserzulauf und Wasserverbrauch auszugleichen, in ihren Abmessungen zu bestimmen. Gleichzeitig gestattet die rechnerische Behandlung, zum Beispiel im Falle einer vorhandenen Pumpanlage, im Zusammenhang mit der Größe des Reservoirs ein Betriebsdiagramm aufzustellen, das heißt, zu bestimmen, an welchen Tagesstunden hauptsächlich der Pumpenbetrieb aufrecht erhalten werden muß. In dieser Beziehung stößt man wirtschaftlich auf die Schwierigkeit, daß einerseits der Wasserverbrauch über Tags größer ist, als in den Nachtstunden, während umgekehrt die Energiepreise für das Pumpen des Wassers am Tage höher sind als bei Nacht. Vom Standpunkt eines billigen Betriebes des Pumpwerkes wäre es also vorteilhaft, während der Nachtstunden zu pumpen. Dies erfordert aber ein größeres Fassungsvermögen der Reservoirs. Es kann also nur ein eingehender wirtschaftlicher Vergleich zwischen verschiedenen Möglichkeiten des Pumpbetriebes und der entsprechenden Größen der Reservoirs die wirtschaftlichste Lösung ergeben.

Um solche Fragen rechnerisch zu lösen, bedient man sich mit Vorteil der Methode der Summenlinien der Wassermengen, eine Methode, die schon längere Zeit bei der Aufstellung von Wasserwirtschaftsplänen für Wasserkraftanlagen benützt wird. Die Methode besteht darin, daß man sowohl die Verbrauchswassermengen, als die Wassermengen des Zuflusses oder des Pumpwerkes als Summen aufträgt. Die Distanz zwischen den beiden Linienzügen ergibt dann ohne weiteres in jedem Momente die erforderlichen Reservoirinhalte und schließlich auch den maximal nötigen Ausgleichraum. Es soll erwähnt werden, daß diese Methode vom Sprechenden bereits in einem Vortrag des S. I. A. im Oktober 1923 ausführlich dargelegt und in der „Schweizerischen Bauzeitung“ vom 5. Juli 1924 veröffentlicht wurde. Sie gilt ohne weiteres, sinngemäß angewandt, auch auf dem Gebiete der Wasserversorgung.

Man gibt die Größe des Wasserbedarfes gewöhnlich in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl an; die pro Tag und pro Kopf verbrauchten Wassermengen haben sich in den letzten Jahrzehnten infolge des gesteigerten Lebensstandards ganz außerordentlich erhöht. Während in den alten Lehrbüchern in den 80er und 90er Jahren des letzten Jahrhunderts selten die Zahl 100 Liter pro Kopf und pro Tag überschritten wird, findet man, daß in zahlreichen schweizerischen Ortschaften die Zahl von 500 Liter pro Kopf und pro Tag nicht mehr zu den Seltenheiten gehört. Bekanntlich mußte vor einigen Jahren in einem heißen Sommer der Stadtrat der Stadt Zürich in einem Beschluß öffentlich bekannt geben, daß die genannte Zahl in Zürich überschritten sei und daß Restriktionen

eingeführt werden müssen, falls die Bevölkerung in ihrem Verbrauch von Wasser (Abkühlen von Getränken durch beständiges Laufenlassen, Besprengung der Gärten etc.) sich nicht eine gewisse Mäßigung auferlegt. Man sieht, daß auch kleinere Ortschaften wie z. B. Baden, die Zahl von 500 Liter pro Tag und Kopf zu verzeichnen hat. Dies mag natürlich auch im Spezialfalle an den in der Ortschaft zahlreichen Hotels liegen. Aus amerikanischen Städten vernimmt man noch bedeutend höhere Zahlen.

Für die Projektierung einer Wasserversorgungsanlage ist der voraussichtliche Zuwachs der Bevölkerungszahl maßgebend. Derselbe kann im Einzelfalle nur auf Grund der Statistiken und einer Schätzung für die Zukunft bestimmt werden. Es zeigt sich aber in den meisten Ortschaften, daß der Wasserbedarf stärker zunimmt als die Bevölkerungszahl.

2. Beschaffenheit des Wassers.

Die Bedingungen, die an die Beschaffenheit des Wassers einer Trinkwasserversorgung gestellt werden, sind im wesentlichen ein Problem der Hygiene und können im Rahmen eines einzigen Vortrages sowieso nicht erörtert werden. Es soll nur darauf aufmerksam gemacht werden, daß Hand in Hand mit der chemischen Untersuchung des Wassers auch eine geologische Untersuchung erfolgen muß, indem gewisse chemische Verunreinigungen des Wassers, die in Lehrbüchern als schädlich bezeichnet werden, nicht unbedingt als prohibitiv für die Anwendung des betreffenden Wassers betrachtet werden müssen; es handelt sich in jedem einzelnen Falle, durch die geologische Untersuchung festzustellen, ob bestimmte chemische Verunreinigungen, die eventuell auf Phäkalverunreinigung hindeuten können, nicht durch besondere geologische Verhältnisse des Einzugsgebietes bedingt sind und infolgedessen als unschädlich bezeichnet werden dürfen.

Die Reinigung des Wassers hat in den letzten Jahrzehnten eine große Umwälzung erfahren, die in einem besonderen Kapitel besprochen werden soll.

3. Verteilung des Wassers in den Ortschaften.

Im Falle die zu versorgende Ortschaft mehr oder weniger in der Ebene liegt, ist es gegeben, die gesamte Ortschaft von einem einzigen Reservoir aus zu bedienen, da dann der hydrostatische Druck für sämtliche Häuser ungefähr der gleiche ist. Bei den schweizerischen topographischen Verhältnissen sind aber die Häuser sehr vieler Ortschaften auf derart verschiedenen Höhen erstellt, daß sich die Anordnung eines einzigen Reservoirs und eines einzigen Verteilungsnetzes nicht mehr als zweckmäßig erweist. Im Falle eines einzigen Reservoirs muß dasselbe auf einer Höhe angeordnet werden, die auch das höchstgelegene Haus, welches für die Versorgung in Frage kommt, noch mit dem nötigen Druck versieht, welcher Druck namentlich vom Standpunkt der Feuerlöschung aus maßgebend ist. Nach Abzug der Druckverluste in der Zuleitung unter Voraussetzung mehrerer geöffneter Hydranten, muß an der betreffenden Stelle noch ein genügender hydraulischer Druck

vorhanden sein, um die erforderliche Steighöhe der Wasserstrahlen zu gestatten. Daraus ergibt sich aber für die in den Unterteilen des Gebietes gelegenen Häuser ein unzulässig hoher Druck, der nicht nur die Erstellung der öffentlichen Leitungen, sondern auch der Hausinstallationen wesentlich verteuert. Um diesem Uebelstande abzuhelpen, wird die Ortschaft in mehrere Zonen eingeteilt, für welche jeweiligen ein besonderes Reservoir aufgestellt wird, so daß die Bedingung des Minimaldruckes erfüllt ist, während andererseits der Maximaldruck 10 Atm. nicht überschreiten sollte. Es ergibt sich daraus eine auf Grund der topographischen Beschaffenheit des Terrains durchzuführende Zoneneinteilung, deren Speisung vom Pumpwerk aus entweder zentral oder in mehreren Stufen erfolgen kann.

Die hydraulische Berechnung der Leitung darf nicht allein auf Grund des mittleren täglichen Verbrauchs erfolgen. Auch die normalen Spitzen geben noch unzureichende Abmessungen der Leitungen. Es muß vielmehr bei der Dimensionierung der Leitung die maximale Wassermenge im Falle eines Brandes berücksichtigt werden. Die Vernachlässigung dieser Bedingungen hätte zur Folge, daß im Falle eines Brandausbruches zwar wohl das erforderliche Wasser vorhanden wäre, aber infolge der zu großen Leitungsverluste nicht mehr mit dem nötigen Druck auf der Brandstelle ankommen würde. Die Berücksichtigung der Brandgefahr hat auch bei der Bemessung der Reservoirs mitzuzurechnen, indem in jedem Momente noch ein bestimmtes Minimalquantum an Wasser im Reservoir zur Verfügung stehen muß. Es ergibt sich daraus die Notwendigkeit, den Wasserwirtschaftsplan des Pumpwerkes mit Berücksichtigung eines eisernen Bestandes des Reservoirs, der nur im Falle von Brandausbrüchen ausgenützt werden darf, durchzurechnen. Eine Ausnahme in dieser Beziehung ist gestattet, wenn das Pumpwerk mit den nötigen Reservoirpumpen ausgestattet ist, die im Notfalle eine erheblich größere Wassermenge als die normale liefern können. Es ist auch hier wieder eine Frage des wirtschaftlichen Vergleiches, ob es vorteilhafter ist, Reserveeinheiten im Pumpwerk für den Brandfall aufzustellen, oder ein entsprechendes größeres Reservoir mit eisernem Bestand vorzusehen.

4. *Die verschiedenen Wasservorkommnisse.*

Die verschiedenen Wasservorkommnisse, die für schweizerische Verhältnisse in Frage kommen, sind: Quellwasser, Grundwasser und Seewasser. Reine Flußwasserversorgungen für Trinkwasser sind in unserem Lande bis jetzt nicht erforderlich gewesen. Ebenso werden auch reine Zisternenanlagen, wie sie in heißen Klimata häufig sind, für uns nicht in Frage kommen. Die früher landläufige Anschauung, daß das Quellwasser das hygienisch einwandfreieste und beste sei, ist heute, glaube ich, überall außer Kurs geraten, trotzdem ist es vielleicht nicht ganz unnötig, auf diesen Punkt kurz hinzuweisen. Bekanntlich kann man die Quellaustritte als Felsquellen und Schuttquellen unterscheiden. Die ersteren sind die natürlichen Ausläufe von sogenannten unterirdischen Wasserläufen, das heißt Wasserläufen, die in Felsspalten oft

großer Abmessungen, sich vorwärts bewegen. In solchen Felsspalten bewegt sich das Wasser relativ rasch und hat die Möglichkeit, Fremdstoffe in Form von starken Trübungen mitzureißen. Das Wasser der Felsquellen hat sehr oft auch die üble Eigenschaft, daß es von den Niederschlägen sehr rasch beeinflußt wird und infolgedessen stark in der Ergiebigkeit schwankt. Diese Eigenschaften des Mitreißen von Verunreinigungen und des schwankenden Ertrages sind aber vom Standpunkt einer guten Wasserversorgung als Nachteile zu bezeichnen. Damit ist nicht gesagt, daß keine einwandfreie Felsquellen vorhanden sind, wenn nämlich die von dem Wasser passierten Klüfte und Spalten sehr fein sind, oder wenn das Wasser im Innern des Felsens sehr komplizierte und verzweigte Wege zu durchlaufen hat, wie das z. B. bei zahlreichen Mineral- und Thermalquellen der Fall ist.

Die zweite Art der Quellen, die Schuttquellen, sind im allgemeinen dadurch gekennzeichnet, daß das Wasser durch die viel feineren Poren von Schuttanhäufungen hindurchsickert, bevor es als Quelle zum Austritt kommt. Zu diesen Schuttmassen gehören sowohl Schuttanhäufungen, eventuell auch Bergstürze, dann aluviale Kies- und Sandterrassen, vor allem aber diluviale Ablagerungen, die zum Teil infolge ihres Alters zu Nagelfluh verkittet sind; namentlich in den großen diluvialen Ablagerungen, die die sogenannten Urströme verschüttet haben, finden sich mächtige Grundwasserströme, welche infolge der kleinen Poren zwischen den Einzelbestandteilen der Ablagerung dem Wasser nur einen äußerst langsamen Durchlaß gestatten. Die Folge des langsamen Durchsickerns des Wassers durch feinporige Schuttablagerungen ist eine doppelte, nämlich vor allem eine geringe Schwankung des Ertrages in Funktion der Niederschläge und dann in den meisten Fällen eine einwandfreie Qualität, da der Grundwasserträger als natürlicher Filter wirkt.

Man kann also in dieser Beziehung keinen prinzipiellen Unterschied machen zwischen Schuttquellen und Grundwasserströmen. Die Schuttquelle ist nur der zufällige Austritt eines Grundwasserstromes an die Oberfläche. Durch die Schuttquelle wird man automatisch auf die Grundwasserversorgung hingewiesen, wenn man dazu übergeht, nicht nur die zufälligen Austritte des Wassers aus den Schuttablagerungen, das heißt die Schuttquellen, sondern auch die unterirdisch sich fortbewegenden Grundwasserströme, die zufällig nicht an die Oberfläche kommen, zur Wassergewinnung heranzieht. Die Grundwasserversorgung ist eine der bedeutendsten Neuerungen, die in den letzten Jahrzehnten auf dem Gebiete der Wasserversorgung Platz gegriffen hat. Sie zu besprechen, wird im heutigen Vortrage eine Hauptsache sein.

Es ist natürlich, daß infolge der zahlreichen in unserem Lande vorhandenen Seen auch die Seewasserversorgung eine wichtige Rolle spielt. Der Vorteil dieser Wassergewinnung liegt in dem Umstand, daß die Seen eine unbeschränkte Wassermenge zur Verfügung stellen können. Weiter ist zu erwähnen, daß die Seen als natürliche Ablagerungsbecken das Wasser von allen mitgerissenen, mechanisch fortbewegten mineralischen Bestandteilen befreien, so daß also a priori angenommen

werden darf, daß bei der Anordnung einer Wasserversorgung in einem größeren See und bei geeigneter Wahl der Fassungsstelle, das Wasser frei ist von sogenannten suspendierten mineralischen Verunreinigungen. Im Gegensatz zu den Grundwassern hat das Seewasser auch den Vorteil geringerer Härte, indem gerade das langsame Durchsickern des Grundwassers durch die Grundwasserträger die chemische Auflösung von Salzen zur Folge hat, namentlich Kalkverbindungen wie Calcium carbonat, Magnesium carb., die dem Wasser für gewisse industrielle Zwecke unbequeme Eigenschaften erteilen. Dagegen ist, wie gesagt, das Seewasser weich. Eine andere Frage ist nun diejenige der Verunreinigung des Seewassers durch organische Fremdkörper. Namentlich in den letzten Jahrzehnten hat sich in vielen Seen, deren Ufer dicht bewohnt sind, eine zunehmende Verschmutzung des Seewassers gezeigt. Sie ist zu begründen durch die Einführung der Schwemmkanalisation, sowie auch durch die zunehmende Industrialisierung. Während also bei einigen Seewasserversorgungen, wie z. B. in Genf und St. Gallen, jahrzehntelang eine Reinigung des Wassers nicht erforderlich war, hat sich beispielsweise im Zürichsee, der in bezug auf die Uferanstöße und auch auf die Dimensionen des Seebeckens ganz andere Bedingungen aufweist, von Anfang an die künstliche Reinigung des Wassers als erforderlich erwiesen. Ob nun im Einzelfalle, beispielsweise für eine Gemeinde, die am Ufer eines Sees liegt und für die vorausgesetzt wird, daß neben der Seewasserbeschaffung auch die Beschaffung von Grundwasser möglich ist, der einen oder der andern Methode der Vorzug gegeben werden soll, kann nur auf Grund ausführlicher Vergleichsprojekte entschieden werden, wobei die Eigenschaft des Seewassers und namentlich die Notwendigkeit einer besonderen Reinigungsanlage bei der Aufstellung der Erstellungs- und Betriebskosten eine ganz wesentliche Rolle spielen wird.

II. Fortschritte auf dem Gebiete der Grundwasserbeschaffung.

1. Voruntersuchungen.

Die erforderlichen Untersuchungen, die vor dem Entscheid über die Errichtung einer Grundwasserversorgung durchzuführen sind, sind mannigfacher Art:

a) In erster Linie handelt es sich um eine geologische Frage. Die geologische Untersuchung hat festzustellen, welches die Natur des Grundwasserträgers ist. Am besten geeignet für die Anordnung einer Grundwasserfassung sind die vorher schon erwähnten diluvialen Ablagerungen in den sogenannten Urstromtälern. Für schweizerische Verhältnisse liegen seit vielen Jahren Karten vor, die die Vorkommnisse von Grundwasserströmen in unserem Lande zur Darstellung bringen. Es sei hier u. a. an die Arbeiten des Geologen Dr. Hug erinnert.

Neben diesen Grundwasserströmen in den Urstromtälern kommen die ebenfalls erwähnten diluvialen Ablagerungen, die unter dem Namen Schötterterrassen (Deckenschotter) bekannt sind, in Frage. Ist das Vorhandensein eines solchen Grundwasservorkommnisses durch die geologi-

sche Untersuchung festgestellt, so handelt es sich um die Bestimmung der Ergiebigkeit des Grundwasserstromes.

b) Wir kommen damit auf das Gebiet der sogenannten hydrologischen Untersuchungsmethoden.

Sie bestehen in der Hauptsache in der Durchführung von Sondierbohrungen und Pumpversuchen.

Die Sondierbohrungen haben den Zweck, den Charakter des Grundwasserträgers festzustellen. Erfahrungsgemäß ist die Ergiebigkeit einer Grundwasserfassung um so größer, je durchlässiger das Terrain ist. Die Durchlässigkeit hängt in allererster Linie vom sogenannten Porenverhältnis ab. Es bestehen zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen über die Abhängigkeit der Durchlässigkeit vom Porenverhältnis. Es sollen hier in erster Linie diejenigen von Hazen und Slichter erwähnt werden. Die Praxis wird sich aber selten mit rein theoretischen Berechnungen der Durchlässigkeit begnügen, sondern diese sehr wichtige Eigenschaft des Grundwasserträgers durch Versuche bestimmen wollen. Als derartige Untersuchungsmethoden kommen in Frage die Entnahme von Materialproben aus den Sondierbohrungen und die laboratoriums-mäßige Bestimmung des Porenverhältnisses. Für praktische Schlüsse empfehlenswerter als diese Methode ist aber die direkte experimentelle Bestimmung des Durchlässigkeitskoeffizienten. Die kann wiederum auf verschiedene Art erfolgen, nämlich durch Entnahme von Materialproben und Bestimmung des Durchlässigkeitskoeffizienten im Laboratorium. Eine solche Methode ist von der Abdichtungskommission des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes in jahrelangen Untersuchungen befolgt worden. Die Resultate sind in einer Veröffentlichung der Kommission im Jahre 1927 unter dem Titel „Bericht der Kommission für Abdichtungen des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, bearbeitet von Ingenieur W. Hugentobler“ nachzulesen. Das Büchlein ist im Verlag des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes zu beziehen. Der Sprechende hat Gelegenheit gehabt, in einem Vortragskurs der Konferenz Schweiz. Kulturingenieure im April 1926 auf diese Methoden hinzuweisen. Der Vortrag befindet sich in der „Sammlung der Vorträge“ im Verlag der Konferenz Schweiz. beamteter Kulturingenieure 1927. Es wurde damals vom Sprechenden namentlich darauf hingewiesen, daß für schweizerische Verhältnisse das sogenannte Darcy-Dupuis'sche Filtrationsgesetz, welches in der Literatur über diese Fragen den Hauptraum einnimmt, schlecht erfüllt ist. Das genannte Gesetz gibt an, daß die Filtergeschwindigkeit in einem Grundwasserstrom proportional ist dem Oberflächengefälle des Grundwasserspiegels. Die erwähnten Versuche haben gezeigt, daß an Stelle dieses linearen Gesetzes ein anderes zu treten hat, welches das Gefälle des Grundwasserspiegels proportional einer bestimmten Potenz der Filtergeschwindigkeit setzt. Der Exponent schwankt, je nach den auftretenden Bodenarten, zwischen 1 und 2, und zwar liegt er für feines Material sehr nahe bei 1 und nähert sich um so mehr dem Wert 2, je gröber das Material ist, das heißt, je größer die Poren zwischen den einzelnen Bestandteilen des Grundwasserträgers sind. Bekanntlich

hat Smreker in seiner an der Hochschule in Zürich im Jahre 1914 verfaßten Dissertation: „Das Grundwasser, seine Erscheinungsform, Bewegungsgesetze und Mengenbestimmung“ auf die in vielen Fällen nicht bestehende Gültigkeit des Darcy-Dupuis'schen Gesetzes hingewiesen. Er macht den Vorschlag, für die praktische Behandlung der Aufgaben den Exponent $\frac{3}{2}$ zu verwenden, so daß seine Formel lautet $J = k \cdot v^{3/2}$ anstatt $J = k \cdot v$. Dieser Wert des Exponenten ist bei den Versuchen des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes in sehr vielen Fällen bestätigt worden. Die unter der Anwendung des Darcy-Dupuis'schen Gesetzes abgeleiteten Formeln, zum Beispiel für einen Grundwasserbrunnen, haben neben einigen theoretischen Unzulässigkeiten, die hier im einzelnen nicht behandelt werden sollen, den großen praktischen Nachteil, daß die Lage des Absenkungstrichters um den Brunnen herum nicht eindeutig berechnet werden kann. Die Theorie liefert vielmehr eine ganze Schar von Flächen. Angesichts dieser Unbestimmtheit des Problems hat sich die Praxis bis dahin damit geholfen, daß sie den Begriff der sogenannten Reichweite des Brunnens eingeführt hat. Es wird dabei die Hypothese aufgestellt, daß der Aktionsradius des Brunnens (Reichweite) von der Wasserentnahme unabhängig sei. Hat man durch einen Versuch die Reichweite bestimmt, so wird der gefundene Wert als konstant angenommen. Es ist ganz klar, daß diese Hypothese falsch ist und daß sie nur dann brauchbare Werte liefern kann, wenn man bei den sogenannten Versuchsbrunnen ungefähr die gleiche Wasserentnahme vornimmt, wie bei der definitiven Anlage.

Die Smreker'sche Theorie hat neben der bessern Uebereinstimmung ihrer Grundlagen mit den Erfahrungen der Praxis den Vorteil, daß sie das Problem nicht unbestimmt läßt, sondern für eine bestimmte Wasserentnahme eine ganz bestimmte Lage des Absenkungstrichters ergibt, die nicht abhängig ist von dem hypothetischen Begriff der Reichweite des Brunnens. Schon das bloße Gefühl muß einem ja sagen, daß einer bestimmten Entnahme aus einem gegebenen Brunnen bei gegebenen Verhältnissen nur eine Form des Absenkungstrichters entsprechen kann, nicht aber unendlich viele Formen, wie die Theorie von Darcy-Dupuis ergibt, und es ist eigentlich nicht recht zu begreifen, warum die theoretischen Untersuchungen von Smreker, trotzdem sie schon lange veröffentlicht sind, nicht mehr Eingang in die Praxis gefunden haben. Es ist hier nicht der Ort und die Zeit, um auf theoretische Untersuchungen näher einzugehen, aber der Sprechende wollte doch die Gelegenheit benützen, um auf die Unzulänglichkeit der bisherigen Theorien hinzuweisen, sowie auf die Möglichkeit, die bisher aufgetretenen Schwierigkeiten bei den Untersuchungen für eine Grundwasseranlage wesentlich zu verringern.

c) Pumpversuche.

Nachdem die Sondierbohrungen über das Terrain Aufschluß gegeben haben und namentlich auch über die Lage der undurchlässigen Bodenschichten auf denen der Grundwasserträger aufrucht, wird die Er-

giebigkeit einer geplanten Fassung am besten durch einen Pumpversuch festgestellt. Derselbe besteht in der Installation einer provisorischen Pumpenanlage in dem durch die Sondierung erstellten Rohrbrunnen und in der Ermittlung der Absenkung des Grundwasserspiegels in der Umgebung des Brunnens bei ununterbrochener längerer Entnahme einer konstanten Wassermenge mittelst der erwähnten Pumpe. Theoretische Betrachtungen zeigen, daß bei geeigneter Durchführung des Pumpversuches auch die Durchlässigkeit des Bodens experimentell bestimmt werden kann. Dazu ist allerdings nicht nur die Beobachtung des Grundwasserspiegels in direkter Nähe des Brunnens oder im Brunnen selbst, sondern auch die Beobachtung an 2 bis 3 in weiterer Umgebung des Brunnens liegenden Punkten erforderlich. In der Literatur sind die für die Auswertung des Durchlässigkeitskoeffizienten verwendbaren Formeln sowohl nach der Theorie von Darcy-Dupuis, als nach derjenigen von Smreker zu finden. Eine besondere Methode der Bestimmung des Durchlässigkeitskoeffizienten gibt Porchet. Diese besteht darin, daß man nach Vornahme eines kurz dauernden Pumpversuches die Zeit mißt, die das Grundwasser braucht, um den Absenkungstrichter um den Brunnen herum wieder auszufüllen. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, daß die Versuchsdauer abgekürzt werden kann. Da leider die von Porchet entwickelten Formeln auf der Theorie von Darcy-Dupuis beruhen, so haften dieser Methode die gleichen Nachteile an, die alle auf derselben Basis entwickelten Formeln überhaupt besitzen.

d) Bestimmung der Ergiebigkeit des ganzen Grundwasserstromes.

Kennt man, durch vorgenommene Versuche, den Durchlässigkeitskoeffizienten des Materials, so genügt noch eine Bestimmung des Gefälles des Grundwasserspiegels, sowie eine Ermittlung des vom Grundwasser durchflossenen Querschnitts (durch Sondierbohrungen), um die Ergiebigkeit des ganzen Grundwasserstromes zu ermitteln. Eine andere, von A. Thiem entwickelte Methode beruht darin, durch Versuche das Porenverhältnis des Grundwasserträgers zu bestimmen und weiter die effektive Geschwindigkeit des Wassers in den Poren, wodurch bei bekanntem Bruttoquerschnitt des Grundwasserträgers die Ergiebigkeit des Stromes ohne weiteres gegeben ist. Zur Bestimmung der effektiven Geschwindigkeit des Wassers in den Poren sind zum mindesten zwei Versuchsbrunnen in der Richtung des Grundwasserstromes erforderlich, von denen der obere mit einer Salzlösung oder einer gewissen Menge Fluorescin beschickt wird. Im untern der beiden Brunnen wird dann der Moment festgestellt, in dem das durch das Grundwasser aufgenommene Salz bzw. Fluorescin vorbeistreicht. Aus dieser Beobachtung kann die Geschwindigkeit des Grundwassers direkt ermittelt werden. Eine ausführliche Darlegung dieser Methode findet sich im Handbuch der Hydrologie von Prinz veröffentlicht.

Es ist eigentlich erstaunlich, wie in der Schweiz von diesen Methoden verhältnismäßig wenig bekannt ist. Während zum Beispiel in Deutschland bei sämtlichen größeren Grundwasserversorgungen außerordentlich umfangreiche Versuche durch Spezialisten auf dem Gebiete der Hydro-

logie regelmäßig durchgeführt werden, so befindet sich nach meiner Ueberzeugung die wissenschaftliche Untersuchung von Grundwasserfragen in der Schweiz, trotz der vorhandenen Literatur, noch im Rückstand. Die hier in der kurzen Zeit möglichen Andeutungen, welche in den Vorlesungen des Sprechenden ausführlich behandelt werden, haben den Zweck, eine weitere Oeffentlichkeit auf das Vorhandensein wissenschaftlicher Methoden hinzuweisen, deren Anwendung allerdings dem Ingenieur und nicht dem Geologen vorbehalten ist.

2. *Ausbildung der Brunnen.*

Betrachtet man die ursprünglichen Grundwassergewinnungsanlagen, so findet man am Anfang fast ausschließlich die sogenannten Kesselbrunnen, das sind gemauerte Hohlkörper, welche gewöhnlich nur einige Meter tief in den Grundwasserträger abgesenkt wurden, entweder nach der Methode der sogenannten Senkbrunnen, wie sie auch bei Gründungen üblich ist, oder dann mit Hilfe von Druckluft. Die Wände der Brunnen werden mit großen rechteckigen Oeffnungen versehen, welche durch jalousieartige Abschlüsse eine gewisse Durchlässigkeit der Brunnenwandungen hervorbringen. Zur Vermeidung des Eindringens von feinen Bestandteilen werden die Jalousieöffnungen mit feinem Kies umschüttet, der gewissermaßen als Filter für die feinen Sande des Grundwasserträgers wirken soll. Bei der Konstruktion dieser Kesselbrunnen ist damit gerechnet, daß eine bedeutende Wassermenge auch von unten her durch den offenen Boden des Senkbrunnens eintritt. Man kann nun theoretisch nachweisen, daß die Ergiebigkeit eines Kesselbrunnens von der Wahl seines Durchmessers sehr wenig abhängt. Die Darcy-Dupuis'sche Theorie z. B. zeigt, daß die Abhängigkeit der Ergiebigkeit eines Brunnens vom Durchmesser fast vernachlässigbar ist. Eine bedeutend bessere Annäherung an die Wirklichkeit ergibt die Smreker'sche Theorie. Aber auch sie zeigt, daß es im allgemeinen nicht wirtschaftlich ist, zur Erhöhung der Ergiebigkeit eines Brunnens dessen Durchmesser zu erweitern. Was das Wasser anbetrifft, das durch den offenen Boden des Brunnens gewonnen werden kann, so zeigen auch hier theoretische Untersuchungen, daß ihr Wert nicht dem früher erwarteten entspricht. Die Erfahrung hat die Richtigkeit dieser Untersuchungen erwiesen und man ist deshalb im Laufe der Zeit dazu gekommen, die Ergiebigkeit der Brunnen nicht mehr durch Vergrößern des Durchmessers in erster Linie, sondern durch Erhöhung der Abtäuftiefe der Brunnen zu erreichen.

Einer der ersten Grundsätze einer Wassergewinnungseinrichtung lautet dahin, daß man verhindern soll, daß Wasser unter der Fassung ungenützt hindurchfließt. Bei Quellfassungen ist dieses Prinzip eigentlich schon längst Allgemeingut, indem man weiß, daß man die Fassungseinrichtung, sei es eine Brunnenstube, oder ein Fassungsstollen, oder ein Schlitz, bis zu der undurchlässigen Schicht unter dem Grundwasserträger abtäufen muß. Dieses Prinzip, das also für die horizontale Fassung schon längst bekannt war, hat sich nun im Laufe der letzten Jahre auch auf die vertikalen Fassungen ausgedehnt. Auf die abgeänderten Verhältnisse umgedeutet, lautet dieses Prinzip so, daß die Grundwasserbrunnen

bis auf die undurchlässige Schicht abgetäuft werden müssen. Ein sehr interessantes Beispiel für den Umbau einer alten Grundwasserfassung mittelst Kesselbrunnen zeigt die Erweiterung der Grundwasserfassung der Stadt Basel im Tal der Wiese, die im folgenden bestand:

- a) Abtäufung von Rohrbrunnen als Verlängerung der bestehenden Kesselbrunnen.
- b) Anordnung neuer Rohrbrunnen in gewissen Entfernungen der bestehenden Kesselbrunnen.

Nach Angaben des Wasserwerkes Basel wurde die Ergiebigkeit seiner Grundwasserfassung von 46,000 auf 81,000 m³ Tag vergrößert, also nahezu verdoppelt. Dieses Prinzip der Aufschließung der ganzen Tiefe des Grundwasserträgers bis zur undurchlässigen Schicht ist nun auch bei einer größeren Anzahl von Neubauten und Umbauten in der Schweiz angewandt worden, wie durch die ausgehängten Pläne der beiden Firmen Tiefbohr- und Baugesellschaft A.-G. Zürich und Bern und A.-G. Guggenbühl Zürich veranschaulicht. Was nun den bereits erwähnten Durchmesser dieser Brunnen anbelangt, so ist der heute in Frage kommende verhältnismäßig große Durchmesser der Bohrungen von 1—2 m nicht so sehr wegen der Frage der Ergiebigkeit der Brunnen, als durch andere Gründe bedingt. Hiezu gehören:

- a) Die Notwendigkeit der Anordnung einer Filterkiesschicht um das Filterrohr herum zur Vermeidung der Versandung der Brunnen.
- b) Zur Verhütung zu großer Eintrittsverluste in den Brunnen. Dieser Eintrittsverlust ist umgekehrt dem Quadrat des Durchmessers bei gleicher Länge des Filterrohrs.
- c) Die Installationen von Saugrohren eventuell von Bohrlochpumpen.

Ueber die Ausführung der modernen Rohrbrunnen soll in Kürze nur folgendes angedeutet werden:

Sind nicht wasserführende Schichten zu durchfahren, so empfiehlt es sich, den ersten Teil des Brunnens im offenen Schacht auszuführen. Diese Teile müssen ja nachher sowieso durch wasserdichte Brunnenwandungen abgeblendet werden, da das Eintreten von Oberflächenwasser verhindert werden muß. Die eigentliche Bohrung setzt also möglichst tief an. Bei großen Bohrtiefen ist das sogenannte Teleskopieren üblich, das heißt, die Bohrrohre werden in ihrem Durchmesser nach unten stufenweise verengt. Dies ist erforderlich, um die Reibung gegen die Rohrwandungen sowohl beim Abtäufen, als beim Herausziehen der Bohrrohre zu verringern.

Das eigentliche Filterrohr, welches einen definitiven Bestandteil des Bauwerkes bildet, während das Bohrrohr wieder herausgezogen wird, wird in neuerer Zeit in verschiedenartiger Weise ausgeführt. Die ursprüngliche einfachste Ausbildung, die in der Verwendung von schmiedeisernen Filterrohren mit senkrecht gestellten Langlöchern bestand, hat den Nachteil des Anrostens in gewissen Grundwassern. Ferner ist auch bei den gewöhnlichen gelochten Filterbrunnen, trotz der außerhalb angeordneten Filterkiesschicht, ein Versanden des Brunnens nicht vollkommen ausgeschlossen, und zwar ist diese Gefahr um so größer, je

stärker der Brunnen forciert wird. Um diesen beiden Nachteilen zu begegnen, hat man zunächst andere Materialien verwendet. Punkto Kosten steht den gewöhnlichen flußeisernen Filterrohren das galvanisierte Material am nächsten. Vorzuziehen sind dagegen feuerverzinkte Filterrohre. In neuerer Zeit wird von der Firma Guggenbühl in Zürich ein Spezialrohr vertrieben, bei dem das Blech bei den Schlitten nicht vollständig herausgestanzt, sondern nur ausgebaucht wird, so daß das Wasser in unmittelbarer Nähe des Filterrohres nicht senkrecht, sondern parallel zum Filterrohr einströmen muß. Einen ähnlichen Gedanken verfolgen alle diejenigen Filterrohre, bei denen die Schlitze in der Rohrwandung etwa unter 45° nach oben geneigt sind. Diese letzteren können aber nur aus Gußeisen hergestellt werden. Schließlich sind noch zu erwähnen die sogenannten Ringfilter und Glockenfilter, sowie auch die Taschenfilter. Bei allen diesen Systemen fließt das Wasser nicht senkrecht zu den Erzeugenden des Filterrohres, sondern in einem Winkel von etwa 45° in das Filterrohr ein, wodurch die Versandungsgefahr vermindert werden soll. Gußeiserne Filterrohre neigen weniger zum Verrosten als schmiedeiserne unter gleichen Bedingungen. Es sind auch schon Versuche gemacht worden, gußeiserne Filterkörbe zu emaillieren. Neuerdings werden auch Steingutfilterkörbe erzeugt, z. B. von der Steinzeugfabrik Embrach. Teurer sind die Filterkörbe aus Rotguß oder Kupferblech. Die richtige Verwendung der Filterrohre und die Ummantelung derselben mit Filterkies unter gleichzeitigem Herausziehen des Bohrröhres bedarf in der Ausführung eines geschulten Personals, und es ist zu empfehlen, diese Arbeiten nur durch Spezialfirmen ausführen zu lassen. Ist das Material des Grundwasserträgers sehr feinkörnig und enthält es feine sandige Bestandteile, so ist auf die Anbringung des Filterkieses ganz besondere Sorgfalt zu verwenden. Dies kann dadurch erfolgen, daß man den Schutzfilter in zwei konzentrischen zylindrischen Schichten anbringt, natürlich das feinere Material nach außen.

3. Pumpen.

Bei den ursprünglichen Grundwasseranlagen, die aus technischen Gründen eine geringe Absenkungstiefe aufwiesen und sich nur solchen Grundwasservorkommnissen zuwandten, bei denen der Wasserspiegel wenig tief unter der Erdoberfläche angetroffen wurde, kamen ursprünglich Kolbenpumpen, bald darauf aber Zentrifugalpumpen zur Anwendung, letztere mit horizontaler oder vertikaler Axe und direkt mit dem Motor gekuppelt, schöpfen das Wasser direkt aus dem Brunnen, worauf die Absenkungstiefe von der Pumpenaxe an gemessen, auf etwa 5 m im Maximum beschränkt ist. Zu diesem Zwecke ist erforderlich, in den Brunnen noch ein weiteres Rohr, nämlich das Saugrohr der Pumpe einzubauen. Charakteristisch bei den neueren Ausführungen ist, daß dieses Saugrohr nur wenig unter den beabsichtigten abgesenkten Wasserspiegel herunterzugehen braucht, während der Brunnen aus den bereits erwähnten Gründen heute noch viele Meter tiefer abgetäuft wird. Die Saugleitung ist in den meisten Fällen mit einem Saugkorb mit Rückschlagklappe angeordnet, vorausgesetzt, daß man nicht vorzieht, das für die

Inbetriebsetzung der Zentrifugalpumpe erforderliche erstmalige Füllen der Pumpe durch besondere Wasserstrahlpumpen vorzunehmen. Letztere Anordnung ist wegen des möglichen Undichtwerdens der Rückschlagklappe vorzuziehen, namentlich wenn keine beständige Beaufsichtigung der Anlage vorhanden ist.

Im Falle der Ausnützung mehrerer Brunnen wäre die Einrichtung besonderer Pumpenanlagen in jedem Einzelbrunnen unwirtschaftlich geworden. Man entschloß sich zur Erstellung zentraler Pumpenanlagen, bei denen die Ausschöpfung des Wassers in einem sogenannten Sammelbrunnen erfolgt. Von diesem Sammelbrunnen aus gehen nach den Einzelbrunnen Heberleitungen. Die Erstellung der letzteren ist natürlich auch nur wirtschaftlich möglich, wenn die Absenkungstiefe des Grundwasserspiegels, von der Erdoberfläche an gemessen, gering ist, weil sonst entweder die Saughöhe der Heber zu groß wird, oder aber die Heberleitung in einem zu tiefen Schlitz angeordnet werden muß.

Diese schon seit vielen Jahrzehnten bekannte Anordnung (Beispiel: Grundwasserversorgung der Stadt Basel, deren Anfänge auf das Jahr 1878 zurückzuführen sind) hat nun, infolge einer Neuerung in der Konstruktion der Pumpen, eine wesentliche Umgestaltung erfahren. Diese neuen Pumpen sind unter dem Namen *Bohrlochpumpen* bekannt und ihre ursprüngliche Anordnung ist ungefähr die folgende: Die Wellen der Zentrifugalpumpe und des direkt mit ihr gekuppelten Motors sind senkrecht gestellt. Dadurch wird es möglich, die Pumpe im Filterrohr beliebig weit unten anzuordnen, während der Elektromotor über dem natürlichen Grundwasserspiegel und bei einzelnen Anlagen sogar in bedeutender Höhe über diesem Niveau steht. Die Saughöhe der Pumpe kann bei dieser Anordnung sogar noch geringer sein als die praktisch möglichen 5—6 m, wenn es sich nicht darum handelt, sehr große Schwankungen des Grundwasserspiegels hervorzurufen, was ja im allgemeinen vermieden wird. Bei normalen Schwankungen, die etwa 5 m nicht überschreiten, ist es möglich, die Pumpe so anzuordnen, daß deren Laufrad beständig unter Wasser liegt, wodurch jedes künstliche Füllen der Pumpe wegfällt und eine Rückschlagklappe oder ein Ejektor unnötig wird. Letztere Organe braucht man nur einzubauen, wenn es sich um große Spiegelschwankungen handelt. Das Verbindungsrohr zwischen der Pumpe und der Erdoberfläche bzw. dem Pumpenhaus wird durch die Neuordnung zum Druckrohr. Je nach der totalen Förderhöhe werden diese Bohrlochpumpen mehrstufig angeordnet. Die Antriebswelle zwischen Motor und Pumpe befindet sich in der Axe des senkrechten Druckrohrs und kann infolgedessen verhältnismäßig einfach geführt werden. Die Firma Sulzer baut diese Führungslager aus Pockholz, wobei das von der Pumpe gelieferte Wasser als Schmiermittel dient. Es werden aber auch Lager aus Gummi erstellt, die die Eigenschaft haben, im Falle der Mitführung von Sand nicht angegriffen zu werden.

(Schluß folgt.)
