

Über die Verwertung von Talsperren  
für die Wasserversorgung vom Standpunkte der  
öffentlichen Gesundheitspflege.

Von

Dr. med. **Heinrich Gräf**  
in Cuxhaven.

Eine Lebensfrage für jedes Gemeinwesen ist die Frage der Trinkwasserversorgung. Je nach den örtlichen Verhältnissen ist diese leichter oder schwerer zu lösen. Galt früher speziell das Quellwasser als das beste Wasser zur Versorgung von Ortschaften, so kam man aus mancherlei Gründen von dieser Anschauung ab, und heute gilt Grundwasser im allgemeinen für das beste Trinkwasser. Hygieniker wie Schattenfroh (36) und andere wollen überhaupt nur Grundwasser für Trinkwasserversorgungsanlagen zulassen. Diese Forderung läßt sich aber nicht überall verwirklichen, vor allem nicht in Gebirgsgegenden. Hierselbst wird die Beschaffung von Grundwasser oft zu teuer, wenn nicht überhaupt unmöglich sein. In anderen Gegenden ist das Grundwasser wiederum infolge von Salzgehalt nicht derartig, daß es sich zum menschlichen Genuß eignet. Regen-, Fluß- und Seewasser wurde und wird als Ersatz für Grundwasser gebraucht. Namentlich sah man das Regenwasser immer als besonders rein an und sammelte es in Zisternen. In Indien, wo ungefähr 8 Monate im Jahre ohne Regen sind und andererseits wieder in einer Nacht manchmal 50 bis 60<sup>cm</sup> Regenhöhe fallen, hat man schon seit Jahrtausenden Staubecken für das Regenwasser gebaut. Auch die alten Ägypter speicherten sich Wasser für die trockene Jahreszeit auf und legten etwa um 2000 v. Chr. den Mörissee an. Von den Indiern lernten die Engländer den Nutzen der Stauweiher kennen, und so hat man in England, Frankreich und Amerika schon lange Staubecken in Gestalt von Talsperren.

In Deutschland haben wir Talsperren erst seit etwa 40 Jahren, und zwar dienten sie anfangs meist nur technischen Zwecken, besonders der Erzeugung von elektrischer Kraft. Über ihre Verwertbarkeit zur Wasserversorgung gehen die Ansichten noch ziemlich auseinander. Diese verschiedenen Ansichten kennen zu lernen und zu sichten soll im folgenden versucht werden.

Welch wichtiger Faktor die Talsperren für die Volkswirtschaft sind, geht wohl am deutlichsten aus ihrer Verbreitung und Zunahme hervor. Wir wollen hier ganz kurz die wichtigsten Talsperren Deutschlands erwähnen. Trinkwasserversorgung durch Stauweiher haben in Deutschland: Königsberg i. Pr., Chemnitz, die meisten Städte des rheinisch-westfälischen Industriegebietes wie Remscheid, Barmen, Lüdenscheid, Soest, Solingen, Altena, Ronsdorf, Milspe, Haspe, ferner Plauen i. V., Nordhausen, Stuttgart. Dazu kommen nun noch viele Ortschaften, von denen immer eine ganze Reihe durch eine gemeinsame Sperre versorgt werden. Im Elsaß bestanden schon einige Talsperren aus der Zeit der Zugehörigkeit zu Frankreich. Die erste deutsche Talsperre ist die von Alefeldsee im Elsaß. In den Jahren 1889 bis 1903 entstanden Sperren im Wuppergebiet im Eschbachtal (1 065 000 <sup>cbm</sup>), Panzertal (1 170 000 <sup>cbm</sup>), Bevertal (3 300 000 <sup>cbm</sup>), Salbachtal (300 000 <sup>cbm</sup>), Lingesertal (2 600 000 <sup>cbm</sup>), Hebringhaustal (2 500 000 <sup>cbm</sup>), später im Sengbachtal (3 000 000 <sup>cbm</sup>). Im Ruhrgebiet entstanden die Sperren in der Fülbecke (700 000 <sup>cbm</sup>) und in der Heilenbecke (450 000 <sup>cbm</sup>), als mächtigste die Urfttalsperre (45 500 000 <sup>cbm</sup>), die Sperren im Haspertal (2 000 000 <sup>cbm</sup>), im Hennetal (9 500 000 <sup>cbm</sup>) und im Ennepetal (10 000 000 <sup>cbm</sup>). Die Urfttal- und die Haspertsperre dienen vorwiegend der Aufspeicherung von Wasser zu Kraftzwecken. Zu erwähnen sind noch im Sauerlande die Glörtalsperre bei Dahlerbrück und die Jubachtalsperre bei Volme für die Stadt Lüdenscheid, ferner die Möhnetalsperre für Soest. Zum Schutze gegen Hochwasser und zu Kraftzwecken sind bestimmt die Sperren im Neissetal, im Bovertal, die Queistalsperre bei Marklissa, die ein Niederschlagsgebiet von 306 <sup>qkm</sup> umfaßt. Sperren im Okertal, Harztalsperren, die Wölfeltalsperre im braunschweigischen Lande dienen vorwiegend Kraftzwecken. In Thüringen besteht seit 1906 die Tambachtalsperre bei Gotha (800 000 <sup>cbm</sup>), projektiert ist eine Saaletalsperre bei Ziegenrück mit einem Niederschlagsgebiet von 1250 <sup>qkm</sup> und über 100 000 000 <sup>cbm</sup> Inhalt. Geplant sind ferner Sperren im Oberlaufe der Oder, im Gebiete der Mulde, der Wiese, der Weisseritz bei Dresden, eine Trinkwassertsperre für den ganzen Landkreis Aachen usw.

Talsperren sind nach der Erklärung von Olshausen (32) „quer durch die Täler aufgeführte Mauern oder Dämme, welche die oberhalb entspringenden Quellen oder Bäche sammeln und aufspeichern, so daß die

unregelmäßigen Zuflüsse zu den durch die Talsperren geschaffenen Seen in regelmäßige, gleichförmige Abflüsse verwandelt werden, welche ganz nach Bedarf jederzeit verfügbar sind.“ Man schaltet also im Oberlauf eines Baches oder Flusses durch Errichtung einer starken Staumauer einen künstlichen See ein und erreicht dadurch folgende Vorteile:

#### I. Allgemeiner Nutzen der Talsperren:

1. Man begegnet durch Bau von Talsperren den Gefahren des Hochwassers. Das bei heftigen Gewittergüssen oder bei plötzlich eintretender Schneeschmelze schnell und in großen Mengen zum Flusse hinabströmende Wasser, das sonst leicht durch Überfluten der Ufer unberechenbaren Schaden anrichten kann, wird in dem großen Becken aufgefangen und zurückgehalten. Daraus wird es allmählich abgelassen, so daß Überschwemmungen verhindert werden. Das Hochwasserschutzgesetz vom 3. Juli 1900 schreibt den Bau von Talsperren für durch Hochwasser bedrohte Flußläufe vor.

2. Die Aufspeicherung von Wassermengen ist für die Schifffahrt von Vorteil; denn im Sommer führen viele Flüsse für diese zu wenig Wasser. Durch Staubecken kann der Wasserstand des Flusses erhöht und dadurch die Schifffahrt ermöglicht werden.

3. Talsperren sind ausgezeichnete Quellen für Wasserkraft für gewerbliche Anlagen wie Mühlen, Elektrizitätswerke u. dgl. Einmal kann das abfließende Wasser als solches als Kraftwasser abgegeben werden und dann kann das aufgestaute Wasser im Sommer ebenso den Betrieb mancher Werke ermöglichen wie die Schifffahrt.

4. Durch Talsperren wird die Versorgung von großen Gemeinwesen und ganzen Gegenden mit Trinkwasser durchführbar, die vorher entweder sehr kostspielig oder gar unmöglich war. Die Trinkwasserversorgung durch Talsperren ist wohl als wichtigster Vorteil dieser Staubecken anzusehen.

Über den volkswirtschaftlichen Nutzen der Sperren mit Rücksicht auf Beseitigung der Hochwassergefahr, zur Hebung der Schifffahrt und als Kraftquelle herrscht Einstimmigkeit. Recht verschieden wird über die Brauchbarkeit des Talsperrenwassers als Trinkwasser geurteilt.

#### II. Freunde der Talsperren.

Kruse (22) spricht sich darüber ungefähr folgendermaßen aus. Wichtig ist die Herkunft des Talsperrenwassers, denn es ist Oberflächenwasser und steht dadurch in natürlichem Gegensatz zu Grundwasser. Als Oberflächenwasser ist es einer Infektionsgefahr ausgesetzt, es können Keime hinein-

gelangen. Darum müssen Talsperren möglichst in unbewohnten Gegenden angelegt und vor Verunreinigungen gut geschützt sein. Hierzu gehört auch, daß man landwirtschaftliche Kultur entweder ganz vermeidet oder wenigstens nur Kunstdünger anwendet. Verunreinigte Zuflüsse soll man von vornherein ableiten; denn das ist billiger, als daß man sie einer Berieselung unterzieht, die außerdem im Winter meist versagt. Jedenfalls ist das Talsperrenwasser, wenn es auch Oberflächenwasser ist, einwandfreier als Flußwasser, da letzteres viel mehr Verunreinigungen ausgesetzt ist. Ferner ist wichtig, daß das Wasser eine Selbstreinigung durchmacht. Diese Selbstreinigung geschieht nach Kruse durch Sedimentierung von schweren Bestandteilen, dann durch Absterben der Bakterien infolge von Nahrungsmangel und den schädigenden Einfluß von Licht und Luft. In reinem Wasser leben Bakterien nur einige Wochen. Kommen sie durch die Zuflüsse in den Stauweiher, so werden sie durch die großen Wassermassen erheblich verdünnt. Wichtig für die Selbstreinigung ist, daß Zuflüsse nicht in der Nähe der Sperrmauer münden, und daß das Becken genügend groß ist. Die Mündung vom Becken muß gegebenenfalls nach oben verlegt werden. Kruse fordert, daß zur Reinhaltung des Wassers Schifffahrt, Fischerei und Baden im Staubecken verboten ist. Ein gewissenhafter Wärter hat die ständige Aufsicht über die Sperre zu führen. Wenn außerdem für Ableitung der Abwässer gesorgt wird, so ist die Infektionsgefahr nicht groß, besonders da das Becken und die Wassermasse zu groß und zu schwer durchmischt ist. Als Beweis dafür möge das Talsperrenwasser von Verviers dienen, das seit 20 Jahren ohne Nachteil unfiltriert genossen worden ist. Auch in Remscheid hat der Genuß von unfiltriertem Talsperrenwasser keine gesundheitlichen Nachteile gebracht. Dazu scheint im Gegensatz zu stehen, daß in Verviers wie in Remscheid einmal Typhus geherrscht hat. Wie Kruse nachweist, sind beide Epidemien nicht auf das Talsperrenwasser zurückzuführen. In beiden Fällen wurde nämlich in Zeiten von Wassernot Wasser aus einem Bach entnommen, der nicht zur Talsperre gehörte und an dem vorher Typhuserkrankungen vorgekommen waren. Kruse bringt als Beweis für die Reinheit des Sperrenwassers eine Reihe von Keimzahlen, die er zum Teil selbst bestimmt hat. Aus ihnen geht hervor, daß sich im Bachwasser, das das Sperrbecken speist, meist über hundert, ja Tausende von Keimen finden, im Winter manchmal unter hundert. In dem Stauweiher selbst ist die Keimzahl an der Oberfläche bei trockenem Wetter klein, nach Regen ist sie größer. Im Sohlenwasser der Sperre sind einmal 110 Keime vorhanden, dreimal über 50 und 65 mal unter 50. Also ist die Selbstreinigung gut. Sie kann allerdings durch sehr starke Hochwässer und durch plötzliche Schneeschmelze leiden; aber einmal dauert es nicht zu lange, bis der

normale Zustand wieder hergestellt ist und dann wird auch Grundwasser in der Nähe von Flüssen durch die gleichen Ereignisse ebenso beeinflusst. Das Sohlenwasser ist schon länger im Becken, daher sind die pathogenen Keime entweder geschwächt oder abgestorben. Bei Grundwasser gelangt jedoch oft das infektionsverdächtige Hochwasser schlecht filtriert in den Grundwasserstrom, also ist auch das Grundwasser ebenso Verunreinigungen ausgesetzt. Nach Kruse ist deshalb Talsperrenwasser nicht als verdächtiges Oberflächenwasser anzusehen und braucht nicht filtriert zu werden.

Was nun die Appetitlichkeit des Talsperrenwassers anbetrifft, so sind Geschmack und Geruch im allgemeinen gut. Das Wasser ist sehr rein und weich, deshalb ökonomisch wertvoll, allerdings nicht ganz so wohl-schmeckend wie hartes Wasser. Die Temperatur schwankt ziemlich und zwar in Remscheid zwischen 2 bis 17°, im Mittel 4 bis 12°. Das Wasser ist klar und farblos. Gelbliches Wasser verliert bei Aufenthalt in Stauweihern seine schlechte Farbe infolge von Belichtung.

Manchmal ist jedoch auch das zufließende Wasser klar, das abfließende dagegen trübe und von schlechtem Geschmack. Es ist das ein Punkt von großer Wichtigkeit, da diese Erscheinung Talsperrenwasser vielfach in Mißkredit gebracht hat. Dies wurde besonders im Remscheider Stauweiher beobachtet und erklärt sich dadurch, daß man das Wasser in diese Sperre hineinließ, ohne vorher Boden und Wände des Beckens von der Humusschicht mit Pflanzenresten, Wurzeln usw. zu reinigen. Besonders in der warmen Jahreszeit trat dann eine Zersetzung der organischen Substanz ein, zugleich entstanden Algenvegetationen, das Wasser wurde trübe und enthielt etwas Ammoniak. Bakterien waren anscheinend bei dieser Erscheinung wenig beteiligt. Man hat aus den Erfahrungen von Remscheid die Lehre gezogen, Boden und Seitenwände von Stauweihern vor Inbetriebnahme sorgfältig von Baumstämmen, Wurzeln und der bedeckenden Humusschicht zu befreien. Daß man bei dem Remscheider Stauweiher diese Säuberung unterließ, erklärt sich aus der Unkenntnis, die man bis dahin in Deutschland von Talsperren hatte.

Über die hier angeführten Vorgänge bei der Zersetzung organischer Substanz hat man eingehende Untersuchungen in Massachusetts gemacht mit 37 natürlichen Wasserbecken und 28 künstlichen Stauweihern und zwar mit folgenden Ergebnissen:

1. „Die Veränderungen des aufgestauten Wassers beginnen gewöhnlich in der wärmeren Jahreszeit und können bis in den Winter hinein reichen. Sie sind bei weitem am stärksten in den unteren Schichten des Beckeninhalts ausgeprägt.“

2. „Natürliche und künstliche Becken zeigen die Erscheinung regelmäßig, wenn ihnen verunreinigtes Wasser zuströmt.“

3. „Je flacher die Becken sind, desto häufiger ist die Erscheinung. Becken, die durchschnittlich eine geringere Tiefe haben als 3 m, unterliegen fast immer der Störung.“

4. „Tiefe natürliche Becken mit reinen Zuflüssen bleiben in der Mehrzahl der Fälle von der Trübung verschont.“

5. „Tiefe künstliche bleiben nur dann ohne Störung, wenn ihr Boden gründlich von organischen Resten (Baumstämmen, Wurzeln, Humusschicht gesäubert ist.“

6. „Die Erscheinung kann sich Jahr für Jahr wiederholen, nimmt aber gewöhnlich an Intensität ab. In Ausnahmefällen tritt sie erst in späteren Jahren hervor.“

7. „Ein zu seltener Wechsel des Wassers im Becken erleichtert unter sonst schon ungünstigen Bedingungen das Auftreten der Störung.“

Daraus folgert Kruse, daß die Wahl des Ortes für Talsperren und daß eine Säuberung des Beckenbodens sehr wichtig ist. Wird das Talsperrenwasser regelmäßig kontrolliert, so kann man das Oberflächenwasser zur Wasserversorgung benutzen und das Tiefenwasser ablassen. Will man das nicht, so muß man das Tiefenwasser durch Rieselung oder Sandfiltration reinigen. Die Voraussetzung für Rieselung ist, daß gute Rieselwiesen vorhanden sind, die sandigen Untergrund haben und keinen Ton- und Moorboden. Kruse schließt seine Arbeit mit folgenden Worten: „Die Frage, ob Grundwasser oder Talsperrenwasser für die Versorgung einer Stadt vorzuziehen ist, läßt sich nur im einzelnen Falle beantworten. Unzweifelhaft ist aber das Wasser gut angelegter und betriebener Talsperren dem Wasser vieler Grundwasserwerke durchaus gleichzustellen.“

In ihrem Vortrage über „Wasserversorgung mittels Talsperren in gesundheitlicher Beziehung“ haben Fraenkel und Intze (6) ihre Ansichten ausgesprochen. Zunächst machte Intze als Ingenieur auf die Schwierigkeit aufmerksam, große Plätze mit Grundwasser zu versorgen. Es sind große Pumpwerke erforderlich, da der Widerstand in der Leitung erheblich mit der Mehrbelastung des Rohrnetzes wächst und die Betriebskosten beträchtlich werden. Der Grundwasserstrom in der Nähe von Flüssen erleidet Veränderungen, er senkt sich bei starkem Pumpen und steigt bei starkem Hochwasser so, daß das Grundwasser infiziert werden kann. Im Gebirge ist eine Beschaffung von Grundwasser meist oder oft unmöglich oder unangebracht.

Der Pflanzenwuchs der Gebirgstäler verschlechtert das Wasser nicht, das geschieht nur durch Menschen, Tiere und gewerbliche Einrichtungen. Hat man beim Bau die Wahl zwischen zwei Tälern, so wähle man das

besser bewaldete, da gute Bewaldung die sekundlich abfließende Hochwassermenge vermindert und die sekundlich abfließende Niedrigwassermenge erhöht, also zum Ausgleiche des Abflusses beiträgt. Fehlt Bewaldung, so soll künstlich aufgeforstet werden. Grundstücke müssen zu diesem Zwecke zwangsweise enteignet werden können.

Die Temperatur in der Tiefe der Talsperren schwankt nach Intze zwischen 5 und 8° C. Der Sauerstoffgehalt des Wassers nimmt in der Tiefe ab. Der Gehalt an organischer Substanz ist unten größer, ebenso die Zahl der Bakterien. Es ist deshalb ratsam, das Leitungswasser nicht aus den tiefsten Schichten zu entnehmen, sondern mehrere Ablaßvorrichtungen in verschiedener Höhe vorzusehen. In seinen sonstigen Ansichten über Ableitung von Abwasser im Niederschlagsgebiete usw., sowie über die Remscheider Typhusepidemie vertritt Intze dieselben Anschauungen wie Kruse. Er schließt seine Ausführungen, indem er sagt, „daß eine Wasserversorgung durch Talsperren aus günstig gelegenen Gebirgstälern wesentlich vorteilhafter ist als eine solche durch künstlich zu behebendes Grundwasser“.

Die Ausführungen des Ingenieurs Intze ergänzte Fraenkel als Hygieniker durch folgende Angaben. Der Wohlgeschmack des Wassers ist vorhanden wegen der richtigen Temperatur. Dies ist für den Geschmack wichtiger als die Härte, freie Kohlensäure und Gehalt an Sauerstoff. Richtiges Regenwasser ist wegen seiner wechselnden Temperatur als minderwertig anzusehen. Talsperrenwasser ist nach Fraenkel „im wesentlichen Oberflächenwasser“, es ist ein „Gemisch der sämtlichen, für unsere Zwecke überhaupt brauchbaren Wassersorten“. Seine Ergiebigkeit genügt hohen Ansprüchen, es hat beständige mittlere Temperatur und damit Wohlgeschmack. Die beobachteten Fäulnisprozesse des Wassers sind vermeidbar, wenn vor der ersten Füllung Boden und Wandung des Beckens gehörig gereinigt werden. Eine Infektionsmöglichkeit des Wassers liegt vor und diese wird auch nicht durch die einfache Keimzählung beseitigt. Letztere ist wertlos, wenn sie sich nicht auf Vorgänge, die eine Reinigung bezwecken, erstreckt. Das Niederschlagsgebiet ist nirgends unbebaut; das Wasser hat teilweise Mühlen getrieben und Dorfteiche durchflossen, auf denen sich Gänse und Enten tummeln und in die sich die Abgänge, besonders Jauche aus den Gehöften ergießen. Stauweiher liegen hier und da an belebten Straßen. Man hat Wirtschaften in ihrer Nähe angelegt und Bahnverbindungen nach Talsperren geschaffen. Außerdem ist die Krone der Sperrmauer nicht genügend nach dem Wasserspiegel hin gesichert. Dadurch ist es möglich geworden, daß sich Selbstmörder in die Stauweiher gestürzt haben und daß die Leiche manchmal erst hat gesucht werden müssen. Was also die Infektionsmöglichkeit anbetrifft, so ist Tal-

sperrenwasser echtes Oberflächenwasser. Von diesem unterscheidet es sich jedoch auch vorteilhaft; denn da Schiffsverkehr fehlt und keine Abwässer in die Sperren gelangen, ist die Verunreinigung viel geringer. Um die Infektionsgefahr zu mindern, empfiehlt Fraenkel außer den gleichen Vorschlägen wie Kruse und Intze die Ufer noch mit einer Hecke aus Nadelholz und festem Gestrüpp zu umziehen. Der Weg auf der Sperrmauer soll nach der Wasserseite zu mit einem Gitter versehen sein, um Selbstmördern den Sprung ins Wasser unmöglich zu machen. Auch die Wirtschaften sind zu verbieten. Man lockt dadurch nur Menschen in Gegenden, die völlig abgeschlossen sein sollen, gewissermaßen ein „Heiligtum der Göttin Hygieia“. Von einer nachträglichen Verbesserung des Sauerstoffgehaltes und Geschmackes durch Springbrunnen verspricht sich Fraenkel wenig. Er fordert eine Filtration des Talsperrenwassers: „Das rohe Talsperrenwasser ist zum menschlichen Gebrauch oder Genuß ungeeignet und bedarf einer wirksamen, gegen seine kleinsten Bewohner und Schädlinge gerichteten Behandlung.“ Am besten ist nach Fraenkel die Sandfiltration, jedoch soll bei dieser die Filtrationsgeschwindigkeit nicht beschleunigt werden. Wenn aber das Gebiet der Talsperre gegen jede Berührung von menschlicher oder tierischer Seite geschützt ist, so hält Fraenkel die Filtration zum Zwecke der Entfernung von Bakterien für eine übertriebene Forderung.

In der Diskussion über den Vortrag nannte Kruse das Talsperrenwasser „Oberflächenwasser, das gereinigt ist“.

Erst kürzlich hat Fraenkel (5) wiederum seine Ansichten über Talsperrenwasser auf dem XIV. internationalen Hygienekongreß in Berlin ausgesprochen. Auch hier sagte er, daß Talsperrenwasser im wesentlichen Oberflächenwasser ist, es enthält aber mitunter nicht unerhebliche Mengen von Grund- und Regenwasser. Das Wasser aus 2 $\frac{1}{2}$  bis 3<sup>m</sup> Tiefe hat im Sommer wie im Winter den für Trinkwasser angenehmen Jahresdurchschnitt von Wärme. Sandfiltration oder Berieselung ist erforderlich, wo keine vollständige Gewähr dafür vorhanden ist, daß das Talsperrenwasser aus einer einwandfreien Gegend stammt und keinen Verunreinigungen ausgesetzt ist. Jedenfalls ist Talsperrenwasser dem Inhalt von Flüssen und Seen für die Versorgung von Menschen erheblich vorzuziehen; denn es ist ärmer an verunreinigenden Stoffen und infolge gleichmäßigerer Temperatur besser von Geschmack.

Intze hat durch eine Anzahl von Vorträgen und Schriften über Talsperren viel dazu beigetragen, daß neue Sperren erbaut worden sind. Noch folgende Gesichtspunkte aus Intzes Schriften verdienen bemerkt zu werden. Er macht mit Recht (18) darauf aufmerksam, daß der Hauptwert auf die Qualität des Wassers zu legen ist neben der Sorge für die



Quantität. In Amerika dagegen legt man vor allem Wert auf Wassermenge, weniger auf seine Beschaffenheit. Was genügender Wasservorrat für eine Stadt bedeutet, erhellt daraus, daß bei Wassermangel keine Bevölkerungszunahme, vielfach sogar eine Auswanderung industrieller Betriebe erfolgt. Und bei schlechtem Wasser mit hoher Keimzahl spricht ja die große Sterblichkeit besonders an Darmkatarrhen eine beredete Sprache.

Über die „Sicherung von Talsperren“ (17) hat sich Intze im Abgeordnetenhaus in der Kommission zur Beseitigung von Hochwassergefahren ausgesprochen. Er führte unter anderem aus, daß die Mauern von vorn herein so stark gemacht würden, daß sie den Wasserdruck aushielten. Die „Gewölbewirkung“ betrachte nur als Reserve, die einen größeren Grad von Sicherheit gewähren solle. Über die ferneren Vorsichtsmaßregeln für die Sicherheit und Wasserdichtigkeit von Sperrmauern werden wir weiter unten sprechen.

Kruse hat verschiedene Gutachten über die Brauchbarkeit von Talsperrenwasser zur Wasserversorgung abgegeben, die alle günstig für das Talsperrenwasser lauten. Das Gutachten für die Stadt Barmen (24) führt aus: Talsperrenwasser ist unschädlich, appetitlich und für häusliche und technische Zwecke geeignet. Für die hygienische Brauchbarkeit sind drei Garantien vorhanden

1. die verhältnismäßig reine Beschaffenheit des rohen Sperrenwassers,
2. die Selbstreinigung und der Temperatenausgleich,
3. die Reinigung durch Sandfilter.

Das Talsperrenwasser kann nach Kruse dazu dienen, das Leitungswasser abzukühlen, seine Härte herabzusetzen und bei Hochwasser die Zuleitung des bakterienreichen Ruhrwassers einzuschränken. Als Forderungen stellt Kruse für Barmen auf.

1. „Die Erbauung eines zweiten Fallrohrstranges, damit der Stadt von der Sperre genügende Wassermengen zugeführt werden können.“
2. Drei neue Filter,
3. ständige bakteriologische Kontrolle des rohen und filtrierten Sperrenwassers.

In einem Briefe vom 28. Juni 1901 schreibt Kruse: „Man kann also sagen, das Talsperrenwasser hat sich glänzend bewährt, es steht hygienisch auf gleicher Höhe wie das Grundwasser, das in den meisten Städten Rheinlands und Westfalens zur Wasserversorgung benutzt wird“.

Borchardt (1), der Direktor des Remscheider Wasserwerks, bringt an neuen Gesichtspunkten noch folgendes. Er hält einen Schlammfang vor der Sperre für erforderlich, damit besonders bei Hochwasser erst eine gewisse mechanische Klärung und Sedimentierung der suspendierten

Schlammteilchen stattfinden kann. Außerdem verlangt er einen Reservestauweiher wegen Reinigung des Hauptstauweihers. Die Gefahr der Verunreinigung hält er für größer als beim Grundwasser, jedoch auch beim Grundwasser nicht für ausgeschlossen. Für gelegentlich verunreinigtes Wasser sollen Umlaufkanäle vorhanden sein. Sind dafür jedoch die Kosten zu hoch, so soll eine besondere Filteranlage oberhalb des Stauweihers angelegt werden. Die Verunreinigungen des Wassers durch Düngen machen sich meist nur bei niedrigem Wasserstande bemerkbar. Wesentlich ist eine gewissenhafte Beaufsichtigung der ganzen Anlage. Aus der Tatsache, daß sich im Lenneper Stauweiher zeitweise eine hohe Bakterienzahl fand, so daß das Wasser nur gekocht genossen werden durfte, zieht Borchardt die Lehre, das Wasser regelmäßig bakteriologisch zu kontrollieren und für gut funktionierende Filteranlagen zu sorgen. Nachher könne ja das Wasser durch Überfälle möglichst viel mit der freien Luft in Berührung gebracht werden, wie es in Chemnitz geschieht. Das Wasser in der Tiefe ist keimärmer wie an der Oberfläche, gerade umgekehrt wie in natürlichen Wasserbecken. Ist ein Reservestauweiher vorhanden, so ist auch Fischhaltung möglich. Die Wassertemperatur von 11 bis 12° C ist niedriger als manchmal anderswo beim Grundwasser.

In der ausführlichen Beschreibung der Remscheider Stauweiheranlage (2) berichtet Borchardt über die Entstehung und den Betrieb dieser Talsperre. Auch hier kann bei lange anhaltender Trockenheit das Wasser aus dem Stauweiher nicht ohne Filtration benutzt werden und ebenso nach starkem Gewitterregen. Deshalb ist eine Filtrationsanlage unbedingt erforderlich. Im Remscheider Stauweiher hat man erfolgreiche Fischzucht betrieben und gute Einnahmen damit erzielt. Nach Borchardt eignen sich zur Fischzucht in Stauweihern besonders Forellen. Zur Erzielung weiterer Einnahmen empfiehlt Borchardt den Stauweiher zu Kahnfahrten, zur Eisgewinnung und als Eisbahn zu verwenden. Die Restauration am Remscheider Stauteich bringt 8000 Mark jährlich an Pacht ein. Weiter unten werden wir uns noch mit der Zulässigkeit aller dieser Einrichtungen vom Standpunkte der Hygiene befassen.

Hervorzuheben ist, was Olshausen (32) an Gesichtspunkten über Talsperren bringt. Er betont vor allem ihren Nutzen im Interesse einer rationellen Wasserwirtschaft durch die Aufspeicherung eines großen Wasservolumens, das auch über trockene Jahre hinweghelfen kann. Die Kosten betragen nach seiner Berechnung nur den 80. bis 100. Teil der Kosten für gewöhnliche Hochreservoirs der städtischen Wasserversorgungsanlagen, d. h. 20 bis 80 Pf. anstatt 25 bis 45 Mark pro Kubikmeter des aufzuspeichernden Wassers. Außerdem ist die gleichzeitige Versorgung mehrerer

Ortschaften möglich, und der Wasserpreis wird dadurch sehr gering. Die Wasserversorgung geschieht mit natürlichem Druck, es sind keine Pumpmaschinen erforderlich. Das Wasser ist hygienisch direkt ohne Filtration verwertbar, „weil nur solche Gebiete durch Talsperren für die Wasserversorgung abgeschlossen werden, welche von menschlichen Ansiedelungen frei sind“. Die Keimzahl ist am Zulaufe nicht hoch, am Abflusse beträgt sie infolge der Selbstreinigung 20 bis 120 im Kubikzentimeter. Pathogene Keime fehlen. Talsperrenwasser hat also viele Vorzüge vor Fluß- oder Seewasser. Die Beschaffenheit des Wassers ist vorzüglich, d. h. es ist weich, wohlschmeckend, gut temperiert zwischen 4 und 12° C, weil es aus verschiedenen Tiefen entnehmbar ist. Die Wasserversorgung in der heißesten und trockensten Zeit ist gesichert wegen der Größe der Reservoirs, während in dieser Zeit Quellen oft versagen. Eine Absenkung des Grundwasserspiegels wird vermieden, dagegen eine Erhöhung bewirkt, was in Gebirgsgegenden von großem Vorteil ist. Das kleinste Niederschlagsgebiet liefert relativ große Wassermengen, weil Talsperren hoch liegen und mit je 100<sup>m</sup> Steigung die Regenmenge um ungefähr 10 Prozent wächst. Die oberen Gebirgsbäche liefern den größten prozentualen oberirdischen Abfluß. Die Versickerung des Regenwassers im Gebirge ist nur sehr gering. Das Terrain für Talsperren ist billiger als das der sogenannten Quellengebiete der Hochquellwasserleitungen. Die Ergiebigkeit nimmt nicht ab wie so oft bei Grundwasserleitungen. Die Erweiterung einer Wasserversorgung ist bei Talsperren viel leichter möglich als bei Grundwasser. Als Nachteil ist zu erwähnen, daß wegen Lage der Talsperren im Gebirge sehr lange Zuleitungen erforderlich sind.

Recht interessante Angaben macht Räuber (33) über die Brunnen in Felsengegenden besonders im bergischen Lande. Er sagt wörtlich: „Ich habe schon Brunnen gesehen, in welche die Jauche von der Düngergrube über 10<sup>m</sup> weit hineingelangt war.“ Räuber kannte Brunnen, die in Felsen geschlagen waren und häufig mit Felsspalten in Verbindung standen. Dabei sah das Wasser der Wupper nach Eintritt industrieller Abwässer direkt aus wie Tinte. Bezüglich der Lebensdauer von Talsperren weist er auf die älteste gekrümmte Sperrmauer hin. Sie besteht bei Almansa in Spanien seit 1586, faßt 1400000<sup>cbm</sup> Wasser und hat dem hohen Drucke schon drei Jahrhunderte stand gehalten.

Der Sauerstoffgehalt von Sperrenwasser ist nach Räuber in der Tiefe von 15<sup>m</sup> fast Null. Der Gehalt an organischer Substanz und Ammoniak nimmt zu.

Auch nach Lueger (27) findet in Staubecken eine Klärung des Wassers statt. Es leben in dem Becken Tiere und Pflanzen. Es findet ein Austausch von Gasen zwischen dem Wasser und der Atmosphäre statt. Durch all diese

Vorgänge verbessert sich das Stauwasser. Verunreinigungen können erfolgen durch Rauch, Staub, Abschwemmungen von Feldern und nicht gefestigtem Boden. Der Wellenschlag beeinflußt das Wasser bis zu 5 bis 6 m Tiefe. Das Becken soll darum tiefer sein als 5 bis 6 m, dann liefert es brauchbares Wasser, im anderen Falle tritt leicht Versumpfung ein. Die Winde wirken günstiger auf das Wasser. Schmutzwasser schädigt große Sammelbecken kaum. Die Bakterien vermehren sich in reinen Wasserbecken kaum, außerdem werden sie durch Wassertiere vernichtet. Kalk oder kieseliger Untergrund ist günstig. Die Terrains müssen imstande sein, Pressung, Durchfeuchtung des Untergrundes und Wasserdruck zu ertragen. Wegen Gefahr des Bruches von Staumauern soll man die Nähe bewohnter Ortschaften vermeiden. Lueger stellt eine ganze Reihe von Forderungen zum Schutze von Talsperren auf. Wir wollen sie weiter unten näher besprechen.

Rubner (35) sagt über Talsperren, daß sie von Vorteil sind, wenn sie vor Verunreinigungen geschütztes Wasser auffangen. „Solches Wasser zeigt einen hohen Grad von Reinheit und ist auch zum Trinken vollkommen geeignet.“ Gut hergestellte Staumauern hält auch Rubner für vollkommen verläßlich. Wenn das Gebiet der Talsperre nicht vor Verunreinigungen geschützt ist, so muß nach Rubner das Trinkwasser vorher filtriert werden.

Gärtner (8) steht auf dem Standpunkte, daß ein Wasser, bloß weil es Oberflächenwasser sei, nicht filtriert zu werden brauche. Die Beschaffenheit des Niederschlagsgebietes sei ausschlaggebend. Dies sei bisweilen so frei von menschlichen Ansiedelungen, daß man eine Filtration des Wassers umgehen könne.

Reese (zitiert nach Gärtner [8]), der Direktor des Dortmunder Wasserwerkes, meint dazu, „in der Regel wird man Talsperrenwasser filtrieren müssen“.

Gruner (13) macht Angaben über die Festigkeit von Sperrmauern. Die Mauern zweier Stauweiher zur Wasserversorgung von Konstantinopel wurden 15 m tief fundiert, so daß die Erdbeben in der Zeit vom 10. bis 18. Juli 1894 gar nichts schadeten, obgleich der Zement noch nicht erhärtet sein konnte. Das Talsperrenwasser erfreute sich bei den Eingeborenen großer Beliebtheit trotz seiner anfänglich bräunlichen Farbe.

Nach Mattern (28) nehmen die Talsperren für Trinkwasserbeschaffung eine Sonderstellung ein. Die Wasserabgabe und Bemessung des Vorrates im Becken muß ganz unabhängig von anderen Ansprüchen lediglich nach eigenem Bedarf geleitet werden. Mattern sagt von Talsperren im Interesse der Volkswirtschaft, „ihre Ausbreitung fördert die Gesamtwohlfahrt“.

Die langjährige Wasserversorgung aus Stauweihern von Königsberg i. Pr., Remscheid und Chemnitz bestand zur vollen Zufriedenheit.

Stroebe (37) sagt von Talsperrenwasser „das von Talsperren stammende Wasser ist nicht als hygienisch einwandfrei zu bezeichnen; es muß unter allen Umständen als Oberflächenwasser betrachtet, d. h. vor dem Gebrauche durch Sand filtriert bzw. durch Wasserrieselung gereinigt oder durch Ozon sterilisiert werden“.

Hempel (15) sagt: „das Talsperrenwasser ist in seiner Qualität dem Flußwasser überlegen, dem Grund- und Quellwasser als gleichwertig zu schätzen“. Wegen der Temperatur hat man es vollständig in der Hand, das Wasser in beliebiger Tiefe (15 bis 20 m) zu entnehmen. „Da das Plankton aber erst in der Tiefe von etwa 20 m verschwindet, so wird man vorsichtiger Weise eine solche von 20 bis 30 m wählen.“ Eine Vermehrung der Keimzahl aus der Trockenlegung der Ränder der Sammelbecken im heißen Sommer ist nicht zu befürchten.

Wichtig ist für die Beurteilung von Talsperrenwasser auch der Standpunkt des Biologen.

Von diesem Gesichtspunkte aus beurteilt Kolkwitz (21), der mit Thiesing zusammen seine Untersuchungen gemacht hat, Talsperren sehr günstig. Nach seinen Untersuchungen sind Talsperren, wenn sie gut gebaut und gut geleitet werden, eine sehr segensreiche Einrichtung. Die beste Reinigung eines nicht ganz reinen Flußwassers geschieht durch einen eingeschalteten See. Allerdings muß der See ausreichend groß und vor allem tief sein. Den Beweis dafür liefert der Genfer See. Sein Wasser ist doch blau, wenn auch das Wasser der Rhone schmutzig in ihn hineintritt. Das Flußwasser wandelt sich im See nicht in Sumpfwasser um. „Dasselbe gilt für Talsperren mit ihren immer reinen Zuflüssen.“ Mit hinein gelangender Schmutz setzt sich zu Boden. So findet zunächst eine mechanische Sedimentation statt. Die Vermehrung von Bakterien ist im Wasser gering, allerdings leben die Keime oft monatelang. Es findet eine wesentliche Verdünnung derselben in der Talsperre statt. Das Licht wirkt keimtötend. Dieser Faktor ist aber nicht so zuverlässig, wie die Verdünnung, da die abtötende Wirkung des Lichtes nur an der Wasseroberfläche und auch da nur am hellen Tage zur Wirkung kommen kann. Auch der Sedimentierungsprozeß wirkt reinigend. Ferner befinden sich aber im Wasser noch Lebewesen, die das Wasser verbessern und veredeln. Es sind das einmal die Kleinwesen, die man als „Plankton“ bezeichnet, meist sind es Rädertiere. Diese Kleinwesen werden mit dem Staub hineingeweht oder durch Enten oder andere Wasservögel an den Füßen verschleppt. Die Rädertiere sind Bakterien- und Algenfresser, bewirken also auch die Zerstörung pathogener Keime. Außerdem finden sich im Wasser

andere Lebewesen, besonders solche, die imstande sind, im Tageslichte Sauerstoff zu produzieren. Das Wasser kann also ruhig lange Zeit stehen und wird doch sauerstoffreich sein. Im Schlamm finden sich Regenwürmer (Tubificiden), die den Schlamm lockern, Sauerstoff hinzu treten lassen und deshalb die anaerobe Fäulnis des Schlammes vermindern. Dazu bewirken sie in Gemeinschaft mit bakteriellen Erregern der Sumpfgasbildung eine gewisse Schlammverzehrung. Das alles trägt mit zur Selbstreinigung bei. Eine allzu üppige Entwicklung von Plankton belastet allerdings die Filter; auch kann das Wasser durch bestimmte Planktonalgen der Gattung *Asterionella* einen fischigen Geschmack bekommen. Manchmal finden sich auch schleimbildende Algen in einer Sperre, mit Vorliebe in einer kleinen Sperre. Je größer eine Sperre ist, um so besser. Fischzucht kann ruhig stattfinden, nur dürfen die Fische nicht gefüttert werden, damit das Wasser nicht verunreinigt wird und die Fische gezwungen sind, die schädlichen Sachen im Weiher selbst aufzufressen. Man tut gut, nur wenig Fische zu halten und die Sperre von sachverständigen Fischern befischen zu lassen. Fischparasiten sind bis jetzt noch nicht in Talsperrenwasser gefunden worden. Werden keine Fische gehalten, so wird die Freßtätigkeit durch die kleinen Organismen ausgeübt. Kolkwitz fordert, daß Talsperrenwasser filtriert wird; denn die Niederschlagsgebiete sind vielfach sehr groß und deshalb nicht einwandfrei. Außerdem sprechen auch ästhetische Gründe für eine Filtration. Ratsam ist es jedoch, die Sandfilter und auch Rieselwiesen hinter der Sperre anzubringen. Bringt man die Filter vor ihr an, so werden sie einmal zu sehr belastet und außerdem bilden die Keime aus dem Bachwasser, darunter vielleicht pathogene, eine Filterhaut und können dann gelegentlich mitgerissen werden. Was das Plankton anbetrifft, so findet es sich in geringer Menge in den meisten Wässern und hat wenig Bedeutung. Ist es reichlich vorhanden, so kann es leicht zur Verstopfung von Sandfiltern führen. Dies vermeidet man erfolgreich durch Einschaltung von Vorschaltfiltern aus Filtertuch nach Borchardt (3).

### III. Gegner der Talsperren.

Nach diesen Ausführungen von Talsperrenfreunden wollen wir die Gründe der Gegner näher kennen lernen.

Oesten (31) bezweifelt die guten Eigenschaften des Talsperrenwassers, die es nach Kolkwitz haben soll. Die Sedimentierung dürfte nicht so glatt vor sich gehen, da durch Wind und Sturm Wellen entstehen, die Umwälzungen des Wassers im Becken hervorrufen. Außerdem finden im Wasser stets Störungen statt, besonders Vertikalzirkulation zum Ausgleiche

der Temperatur. Diese Zirkulation ist in den einzelnen Jahreszeiten verschieden, sie geht einmal von oben nach unten und umgekehrt von unten nach oben. Dadurch wird die Temperatur, auch in der Tiefe, also sehr beeinflußt und das Wasser hat nicht immer die richtige Temperatur des Trinkwassers. Im Winter unter der Eisdecke ist nach Oesten der Sauerstoffgehalt des Wassers gleich Null. Die bakterienvernichtende Kraft des Lichtes ist unter der Eisdecke ausgeschlossen und an Stelle von Leben tritt überall Verwesung. Es ist nach Oesten wenig wahrscheinlich, daß im Talsperrenwasser immer genügend Sauerstoff vorhanden ist. Seiner Meinung nach können sich die Keimgehaltverhältnisse bei der Schneeschmelze und bei Sturm sehr ändern. Gerade wegen seiner Klarheit ist nach Oesten das Talsperrenwasser gefährlich; denn es kann deshalb von den Menschen als einwandfrei angesehen und getrunken werden. Gegenüber der Infektionsgefahr bieten auch die Filter noch nicht genügend Sicherheit.

Gegen die Talsperren als Quelle der Trinkwasserversorgung spricht sich Glass (10) in zwei Vorträgen aus. Zunächst geht er auf die oben ausgeführten Ansichten von Fraenkel ein. Die gleichmäßige Temperatur des Wassers, die bei einer Wasserentnahme aus bestimmter Tiefe vorhanden sein soll, trifft nach Glass nicht bei sämtlichen Stauweihern zu. Im Sommer und Herbst ist oft nur so wenig Wasser darin, daß es von der Lufttemperatur beeinflußt wird. Was die Infektionsgefahr anbelangt, so ist Talsperrenwasser ein Oberflächenwasser wie jedes andere, nicht etwa wie Fraenkel sagt „im wesentlichen“ Oberflächenwasser. Also muß es vor dem Gebrauch filtriert werden. Man fordert für Talsperren gute Bewaldung und möglichst geringe menschliche Besiedelung. Wie steht es mit diesen beiden Punkten im Niederschlagsgebiete der Hebringhausener Talsperre? Es finden sich in diesem 6 geschlossene Ortschaften mit etwa 500 Menschen, 700 Stück Großvieh, 600 Stück Kleinvieh. Alle diese Menschen und Tiere produzieren im Jahre „bei niedriger Berechnung“ 16380 <sup>cbm</sup> an Exkrementen und Abfallstoffen. Berechnet man, daß diese Menge in die Talsperre abgeführt wird, so kommt auf 1 <sup>cbm</sup> Talsperrenwasser 9 Liter Unrat. In dem Orte Ober-Garschhagen wird ein Dorfteich durchflossen, wo Gänse und Schweine sich tummeln und wo die Frauen Wäsche spülen, die oft von Typhuskranken stammt. An der Sperre hin führen einige Kilometer Chausseen, von denen der Straßenstaub hineingeweht und bei Regen der Straßenschmutz ab gespült wird. Zudem sind jederzeit mutwillige Verunreinigungen möglich. Tierleichen sind darin gefunden worden, selbst Wasserleichen von Selbstmördern, dadurch kommt auch noch Leichengift in das Trinkwasser und macht es gefährlich und unappetitlich. Die Sperren sind nicht immer gefüllt. So war die Remscheider Sperre bis auf 180 000 <sup>cbm</sup> aufgebraucht, die Gevelsberger Sperre

im Herbst einmal völlig leer. An die Selbstreinigung glaubt Glass nicht, im Gegenteil, meint er, sei das stagnierende Wasser der beste Boden für krankheitserregende Bakterien. Es finden sich nach seiner Meinung in der Tiefe des Beckens noch mehr Keime wie an der Oberfläche. Es treten Wucherungen und Trübungen im Weiher auf, auch die sogenannte Wasserpest, selbst dann, wenn aller Humusboden, Wurzeln, Baumstämme usw. von Boden und Wänden entfernt wird. Die vielbesprochene „Verdünnung“, die die Keime im Becken erfahren sollen, ist nach Glass minimal. Man vergleiche mit dem Inhalte eines Stauweihers nur einmal die Wassermenge des Rheines. Glass hält die Verwendung von Talsperrenwasser zu Trinkzwecken nur dann für berechtigt, wenn ein Gemeinwesen sich in Notlage befindet und Grundwasser nicht zu beschaffen ist. Für industrielle Zwecke ist Talsperrenwasser wegen seiner Weichheit großartig geeignet. Also macht Glass den Vorschlag, für Barmen getrennte Trink- und Brauchwasserleitungen zu bauen, wie sie auch schon in Stuttgart, Posen, Frankfurt a. M. und Hannover beständen. Dem Einwand gegen die Gefährlichkeit getrennter Trink- und Brauchwasserleitungen begegnet er mit folgenden Worten: „wer will verhindern, daß jemand verseuchtes Brunnen- oder Brauchwasser trinkt, was seiner Gesundheit schaden kann, oder wer will überhaupt einen Menschen mit Erfolg hindern, sich zu vergiften?“

Andere Gründe wie Glass führen Nussbaum und Hagen (30) „wider den Stauteich“ ins Feld. Hagen behauptet, dieses Wasser sei deshalb gefährlich, weil es Zahnkaries verursache. Das weiche Wasser bewirke eine „fortgesetzte, dauernde Benachteiligung und Schädigung der Gesundheit“. Diese Nachteile und Schädigungen beständen in der verminderten Salzzufuhr aus dem Trinkwasser und in den dadurch erzeugten Krankheiten der Zahnkaries, der Dyspepsie, der Rachitis, der Knochen-erweichung, der Bleichsucht u. dgl. Als Beweis führt er an die Untersuchungen des Hofzahnarztes Dr. Röse in München sowie eine Stelle aus dem Lehrbuch der Physiologie von Bunge. Röse soll den Beweis geführt haben, daß in Gegenden mit hartem Wasser die Menschen gelbe harte Zähne hätten mit wenig Karies und in Gegenden mit viel weichem Wasser weiß bläuliche Zähne mit viel Zahnkaries. Er weist hin auf die Wichtigkeit von Kalk bei Gravidität und Laktation. Hagen hält Leute, die weiches Wasser trinken, für weniger widerstandsfähig gegen Infektionskrankheiten. Er sucht das an dem Beispiel seiner Vaterstadt Nordhausen zu beweisen, wo in der Periode mit hartem Wasser bessere Gesundheitsverhältnisse geherrscht hätten, wie in der nachfolgenden Periode mit weichem Wasser. Hagen sagt „Trinkwasser soll kalkhaltig und hart sein, es ist der beste Schutz, die beste Stütze der Gesundheit“.



Nussbaum, der Hagens Ansichten referiert, stimmt dessen Ausführungen zu.

#### IV. Sichtung der verschiedenen Ansichten.

Sehen wir uns nun einmal kritisch die Meinungen für und wider die Talsperren an. Um bei den Ausführungen von Nussbaum und Hagen stehen zu bleiben, so sei hier gleich die darauf bezügliche Entgegnung von Gaertner (30) vermerkt. Gaertner führt aus, die Ansicht, daß der „Kalkgehalt eines Wasser für den Knochenaufbau notwendig ist, ist nicht nur nicht bewiesen, sondern wahrscheinlich irrig“. Unabhängig von Gaertner hat die Ärzteschaft von Nordhausen gegen ihren Kollegen Hagen das gleiche Urteil abgegeben. Der Kalkbedarf für Erwachsene findet sich nach Gaertner unter allen Umständen in der Nahrung z. B. schon in  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  Liter Kuhmilch und zwar in verdaulicher Form. Bei der Laktation hat also die Frau bei richtiger Ernährung keinen Kalkmangel auszuhalten. Als Beweis dient Hagens zweiter Gewährsmann Bunge an einer anderen Stelle seines Lehrbuchs: „Bedeutende Kalkmengen finden sich im Leitungswasser, wir wissen jedoch nicht, ob diese assimilierbar sind.“ Es ist irrationell, Kalk in Form anorganischer Verbindungen zu verordnen. Schädigungen der Gesundheit, die in der chemischen Beschaffenheit des Wassers begründet wären, sind noch nicht beobachtet worden. Die von Hagen angenommene geringere Widerstandsfähigkeit gegen Infektionskrankheiten bei Genuß weichen Wassers ist von Hagen nicht bewiesen. Im Gegenteil betrug die Sterblichkeit in Nordhausen in der „kalkreichen“ Zeit 26.1 Prozent, in der „kalkarmen“ Zeit 19.4 Prozent. Gaertner kommt zu dem Schlusse: „Kalkarmes und kalkreiches Wasser ist gesundheitlich gleichwertig.“ Diesen Ausführungen Gaertners wird man sich anschließen. Richtig ist, daß im allgemeinen hartes Wasser von den meisten Menschen lieber getrunken und für wohl-schmeckender gehalten wird als weiches. Gesundheitsstörungen werden höchstens durch chemisch abnorm zusammengesetztes Wasser veranlaßt und zwar meist durch zu hartes Wasser. Beim Übergang vom harten zum weichen Wasser beobachtet man bei vielen Menschen leichte Verdauungsstörungen, aber auch umgekehrt beim Übergang von weichem zu hartem Trinkwasser. Über den ökonomischen Nutzen weichen Wassers besteht wohl nur eine Meinung, die von Freunden und Gegnern der Talsperren geteilt wird.

Über die Zulässigkeit von Talsperrenwasser zu Trinkzwecken gehen, wie wir sehen, die Meinungen der einzelnen Autoren auseinander und ebenso sind die gestellten Anforderungen mehr oder weniger streng. Einig sind sich alle Autoren darin, daß Talsperrenwasser als Oberflächenwasser

anzusehen ist und diese Tatsache sei hier auch noch besonders betont. Gewiß ist es mit Quell-, Grund- und Regenwasser gemischt, ist aber doch als Oberflächenwasser anzusehen. Der natürliche Gegensatz dazu ist Grundwasser. Wie stehen nun Oberflächen- und Grundwasser zueinander? Der Hygieniker verlangt vom Wasser: Es muß klar, farblos, geruchlos sein, einen angenehmen Geschmack haben, in ausreichender Menge vorhanden sein und darf nicht zur Krankheitsursache werden. Das ideale Grundwasser erfüllt diese Bedingungen, aber auch das Grundwasser in Gebirgsgegenden und in der Nähe von Flußläufen? Daß in felsigen Gegenden schlecht oder unfiltriertes Regenwasser zum Grundwasser gelangen kann, sahen wir schon oben. Grundwasser von Flußläufen kann nach Neumann (29) sowohl durch Hoch- wie durch Niedrigwasser verunreinigt werden. Nach Mattern (28) ist Grundwasser im Talgrunde „soweit es unter dem Hochwasser des angrenzenden Flußlaufes liegt, nicht als Grundwasser anzusehen, sondern als ein auf natürlichem Wege — infolge Durchsickerung durch Kies-, Sand- und andere Bodenschichten — gereinigtes Oberflächenwasser, welches der Infektionsgefahr ausgesetzt ist“. Schwankungen des Flußwasserstandes genügen, „um die Güte des Grundwassers zu beeinträchtigen“. Kruse (25) sagt, „daß unter normalen Bedingungen, d. h. bei den gewöhnlichen Wasserständen eine Schädigung der Grundwasserwerke durch die Flüsse nicht eintritt“. Als Beispiel für Beeinflussung des Grundwassers durch Flüsse führt Kruse das Wasser von Barmen an. „Das Barmer Leitungswasser, sagt er, ist so gut wie ausschließlich natürlich filtriertes Ruhrwasser.“ „Die bakteriologische Beschaffenheit des Barmer Wassers ändert sich mit dem Steigen der Ruhr, während ein Fallen des Flusses gar keinen Einfluß ausübt.“ Die Keimzahl des Grundwassers steigt in Barmen bei Hochwasser enorm an. Bei Essen, wo die Grundwasserbrunnen 75 bis 200 m von der Ruhr entfernt sind, ist der Einfluß von Hochwasser nicht so erheblich, aber immer noch zu merken. Bei den Rheingrundwasserwerken liegen die Verhältnisse günstiger, weil „alle Werke des Rheintales aus sehr mächtigen Grundwasserreservoirs schöpfen“.

Entgegen den Ansichten von Neumann, Mattern und Kruse leugnet Glass fast jede Beeinflussung von Grundwasser durch Flüsse. Nach Glass speist das Grundwasser an den Ufern das Flußwasser, und der Stand des Grundwassers ist höher als der eines Flusses. Wenn bei Hochwasser umgekehrt Flußwasser in das Grundwasser übertreten soll, so „verlegt es sich sehr rasch durch die abgelagerten und neu mitgeführten Schlammteilchen selbst die Wege dazu“. Als zweites Hindernis kommt in Betracht, daß Flußwasser „in die feinen Bodenteilchen eindringen und die darin enthaltene Luft verdrängen muß“. Das verursacht bedeutende

Widerstände. Flußwasser kann Grundwasser also nur in sehr geringem Maße beeinflussen. Kruses Gründe, daß Grund- und Flußwasser

1. gleiche chemische Zusammensetzung und
2. gleiche Temperatur

zeigen, läßt Glass nicht gelten. Den Einwand, daß bei Hochwasser ein Anstieg der Keimzahl stattfindet, widerlegt Glass damit, indem er sagt, daß ein Anstieg der Keimzahl „eine geradezu gesetzmäßige, regelmäßige Erscheinung sei“. Diese nichtssagende Entgegnung beweist natürlich gar nichts. Ebenso hat die von Hof und Niedner ausgesprochene Ansicht, „daß ein plötzliches Ansteigen des Hochwassers eine Luftpressung im Erdboden bedinge, durch welche die in oberflächlichen Schichten vorhandenen Bakterien aufgerührt und mitgerissen worden sind,“ wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Auf jeden Fall findet ein Anstieg der Keimzahl im Grundwasser bei Hochwasser statt und damit ist eine Infektionsmöglichkeit gegeben. Das Grundwasser in der Nähe von Flüssen und in bergigen Gegenden hat also in dieser Hinsicht nichts vor dem Oberflächenwasser voraus. Die Infektionsmöglichkeit des Grundwassers ist aber unstreitig geringer, als die von Oberflächen-, also auch von Talsperrenwasser. Von den Waldgegenden, aus denen das Sperrenwasser stammt, ist eine Infektion nicht zu befürchten. Hingegen sind menschliche Ansiedelungen und Gewerbebetriebe in Niederschlagsgebieten von Talsperren zu vermeiden. Darüber sind sich alle Autoren einig. Für ganz große Niederschlagsgebiete läßt sich das aber entweder gar nicht oder nur mit sehr großen Opfern durchführen. Es muß eine zwangsweise Enteignung stattfinden, einmal um das Niederschlagsgebiet von Bebauung frei zu bekommen und dann, um, wo nötig, künstliche Aufforstung vornehmen zu können. Wo das Niederschlagsgebiet von Ansiedelungen nicht frei zu halten ist, muß vor allem für eine genügende Ableitung und Reinigung der Abwässer gesorgt werden, besonders der Abwässer aus gewerblichen Anlagen. Ferner muß künstliche Düngung von Feldern und Wiesen stattfinden und gelegentlich verunreinigtes Wasser durch Umlaufgräben von der Talsperre ferngehalten werden. Landstraßen sollen nicht im Gebiete von Stauweihern, oder doch wenigstens nicht in der Nähe liegen. Es wird sich empfehlen, den Stau-  
teich mit einer breiten und dichten Hecke zu umziehen, um mutwillige Verunreinigungen zu verhindern. Von vielen Seiten wird darauf hingewiesen, daß eine Talsperre viel dazu beiträgt, die Landschaft zu verschönern. Das ist ja richtig und als eine angenehme Zugabe anzusehen. Nur vergesse man nicht, zu welchem Zwecke ein Stauweiher gebaut ist. Wenn sein Wasser als Trinkwasser dienen soll, so mache man ihn nicht noch allen möglichen anderen Zwecken dienstbar. Besondere Bahnen zu Talsperren zu bauen, sollte man unterlassen. Man veranlaßt einen Zu-

strom von Menschenmassen zu Gegenden, die möglichst kein menschlicher Fuß betreten sollte. Die Umgebung von Talsperren soll ja, wie Fraenkel so richtig sagt, „ein Heiligtum der Göttin Hygieia“ sein. Wenn man deshalb auch, wie bei der Remscheider Talsperre, 8000 Mark Pacht an der Restauration verdient, so ist es doch wohl hygienisch richtiger, auf eine derartige Einnahmequelle zu verzichten, als dadurch die Gesundheit der Wasserkonsumenten aufs Spiel zu setzen. Auch die übrigen Geldquellen, die Borchardt aus der Talsperre zu erschließen sucht, wie Schlittschuhlaufen, Eisgewinnung und Kahnfahrten, sind zu verwerfen; denn durch all das kann eine Verunreinigung eintreten und diese ist doch wohl höher zu bewerten als der genannte Geldgewinn. Auch die Fischhaltung gehört hierher. Den Fischen dienen ja manche Verunreinigungen als Nahrung; nach Kolkwitz treten aber beim Fehlen von Fischen andere Lebewesen, besonders Planktontierchen an ihre Stelle. Auch sollen Fische nicht gefüttert werden, um Verunreinigungen zu vermeiden. Allzu großer Nutzen dürfte also aus der Fischzucht doch nicht zu erzielen sein. Da außerdem das Abfischen wieder mit einer Verunreinigung verbunden ist, scheint es ratsamer, keine Fischzucht in Talsperren zuzulassen.

Wie Glass und Fraenkel ganz richtig hervorheben, sind die Niederschlagsgebiete doch wohl selten oder nie völlig einwandfrei und gegen jede Verunreinigung geschützt. Wird man auch die Annahme von Glass, daß auf 1 <sup>cbm</sup> Talsperrenwasser 9 Liter Unrat kommen, als übertrieben bezeichnen müssen, so macht doch Fraenkel, der Talsperrenfreund, fast auf die nämlichen Übelstände aufmerksam wie Glass, der fanatische Talsperrengegner. Die Tatsache, daß das Wasser erst durch Dorfteiche geflossen ist, daß es Mühlen getrieben hat, daß man in ihm Tierkadaver und Leichen von Selbstmördern gefunden hat, trägt nicht gerade zur Appetitlichkeit von Stauteichwasser bei. Vor allem muß der Stauweiher gegen Verunreinigung mit Tierkadavern sicher geschützt sein, ebenso vor dem Hineinspringen von Selbstmördern. Das mutwillige Hineinwerfen von Tierkadavern müßte streng bestraft werden. Den Selbstmördern soll der Sprung in das Wasserbecken durch die obenerwähnte Hecke verwehrt werden, außerdem muß die Sperrmauer nach der Wasserseite ein Gitter tragen. Sind nun auch Verunreinigungen der Talsperrenzuflüsse nicht ausgeschlossen, so gibt es dagegen doch mancherlei Schutz.

Einmal kommt hier in Betracht die Selbstreinigung des Wassers. Von Glass wird diese ja abgestritten, daß sie aber existiert, unterliegt keinem Zweifel. Sie ist von vielen Forschern experimentell nachgewiesen. In Talsperren kommt als Hauptfaktor der Selbstreinigung die Sedimentierung in Betracht. Das mit raschem Fall herabströmende Bachwasser tritt in das Staubecken ein, kommt hier bald zur Ruhe, und dann senken

sich suspendierte Teile und auch Bakterien bald zu Boden. Daß das Licht eine keimtötende Kraft besitzt, ist bekannt. Kruse (22) und ebenso Weyl (38) legen besonders Wert darauf. Kruse (26) hält in einer zweiten Arbeit dies für wesentlicher als den Sauerstoff der Luft. Auch Kolkwitz (21) schreibt dem Lichte eine gewisse Rolle zu, hält aber die Verdünnung für das Wesentlichste. Licht wirkt ja allerdings nur an der Oberfläche des Wassers. Goldschmidt, Luxemburger, Franz, Hans und Ludwig Neumayr und Prausnitz kommen unter anderem zu folgenden Schlüssen über die Selbstreinigung: Das Verschwinden der Bakterien erfolgt während der Tag- und Nachtstunden, ist also nicht durch Belichtung bedingt, die jedoch das Absterben derselben zu befördern scheint. Das Absterben der Bakterien verläuft sehr schnell, nach einem Laufe von 20 Kilometern in 8 Stunden sind 50 Prozent der Keime abgestorben.

Nach den von Weyl (38) erwähnten Versuchen von C. Fraenkel, Bordoni-Uffreduzzi, Abel, Uffelmann und anderen wirkt die Temperatur abtötend auf die Bakterien ein, besonders auf die pathogenen. Nach ihm soll auch die Bewegung des Wellenschlages einen vernichtenden Einfluß haben. Sehr wesentlich ist wohl die Verdünnung, die die Keime in der Sperre erfahren, wie auch Kruse, Weyl und Kolkwitz mit Recht betonen. Ganz kurz seien die von Kolkwitz erwähnten „Hilfstruppen zur Selbstreinigung“ nochmals genannt, das Plankton als Bakterienfresser und die Tubificiden, die in Gemeinschaft mit den Bakterien der Sumpfgasbildung eine Schlammverzehrung bewirken. Außerdem ist ja das Wasser der Talsperren recht rein, und in reinem Wasser halten sich bekanntlich Bakterien nur Tage oder höchstens einige Wochen lebendig. Im Schlamm ist ihre Lebensfähigkeit allerdings länger. Daß Talsperrenwasser recht rein ist, beweisen die vielen Analysen, die davon gemacht sind. Überall ist besonders bemerkt, daß der Gehalt an organischer Substanz sehr gering ist. Und die Keimzählungen von Kruse sind auch recht günstig, nur selten sind über 100 Keime im Kubikzentimeter enthalten, meist unter 100. Nun beweist ja allerdings nach Fraenkel (6), Kruse (23) und Neumann (29) die Keimzahl im Kubikzentimeter nicht viel für die Güte oder Gefährlichkeit eines Wassers, jedoch ist es nicht berechtigt, eine Selbstreinigung überhaupt zu leugnen, wie Glass es tut. Kruse (22) fand im Zuflusse der Remscheider Sperre 100 bis mehrere 1000 Keime; dagegen im Sperrenwasser, wie mehrfach erwähnt, nur viel kleinere Zahlen, also muß eine Keimvernichtung stattgefunden haben. Die Analysen, die Talsperrenwasser als sehr rein bezeichnen, widerlegen auch die Annahme von Glass, daß in jedes Kubikmeter Sperrenwasser 9 Liter Unrat abgeschwemmt werde. Und wenn sich wirklich nicht vermeiden läßt, daß bisweilen schmutziges Wasser hineingelangt, so begegnet man dem erfolgreich durch

den Bau eines Schlammfanges vor der eigentlichen Sperre. Dadurch hält man schon mancherlei Schmutz von dem Stauteich ab. Wird nun auch noch durch Selbstreinigung einiges erreicht, so ist es doch unbedingt erforderlich, Talsperrenwasser nachträglich durch Sandfiltration oder Berieselung zu reinigen.

Für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration bestehen gesetzliche Vorschriften, die hier zur Anwendung gebracht werden müssen, Rundschreiben des Reichskanzlers vom 13. Januar 1899 (12): Das Filtrat darf nicht mehr wie 100 Keime im Kubikzentimeter haben. Das Filtrat muß täglich untersucht werden, das Filtrat eines jeden Filters muß zugänglich sein. Nach der Reinigung eines Filters muß mit der größten Vorsicht verfahren und darauf geachtet werden, daß nachher das erste Wasser abgelassen wird. Es darf nicht mit zu hohem Überdruck filtriert werden. Die Stärke der Sandschicht soll mindestens 30, besser 40<sup>cm</sup> betragen. Frühling (7) verlangt gedeckte Filter, damit das Wasser nicht zu warm wird. Ob sich das allerdings im großen Betriebe durchführen läßt, ist eine andere Frage.

Außer der Sandfiltration kommt noch in Frage die Berieselung durch Rieselwiesen. Hierüber haben Kolkwitz und Thiesing (20) Untersuchungen gemacht und bezüglich der Stadt Haspe am Hasperbach ein Gutachten abgegeben. Vor allem verlangen sie, daß die Rieselwiesen auch zur Berieselung geeignet sind. Bei ihren Bodenuntersuchungen fanden sie verschiedene Wiesen, die wenig zur Berieselung taugten. Einige enthielten ziemlich viel Ton, und Tonboden ist ebenso wie Torfboden für Berieselung absolut ungeeignet. Einige Wiesen bewirkten nur eine Abnahme des Plankton, die Keimzahl dagegen nahm sogar noch etwas zu. Wenn auf Sandboden gerieselt wird und die Drainröhren in der erforderlichen Tiefe von 2 bis 3<sup>m</sup> liegen und womöglich noch mit einer dicken Schicht Feinsand umgeben sind, so arbeitet die Berieselung gut. Durch die Rieselung soll das Wasser einen frischeren Geschmack bekommen, jedoch ist nach Kolkwitz und Thiesing das Abfangen von Keimen weniger ergiebig; denn es fehlt die zusammenhängende Schlammsschicht, wie wir sie bei Sandfiltern haben. Sie würde auch im Frühling durch die Schossen durchstoßen werden. Außerdem dürfte die Rieselung im Winter oft versagen. Zum Schutze gegen Verunreinigungen umzäune man Rieselwiesen. Man arbeite auf eine gleichmäßige Entwicklung der Grasnarbe hin. Sowohl die Leistungen der Rieselwiesen wie die der Sandfiltration sind durch regelmäßige Keimzählung zu kontrollieren. Das ist eine sehr wichtige Forderung. Treten doch nach Kruse (25) bei hoher Keimzahl des Trinkwassers leicht Darmkatarrhe auf, auch bei Erwachsenen. Bei Kindern steigt die Mortalität an Magendarmaffektionen gewöhnlich.

Pathogene Keime werden durch die übliche Keimzählung nicht gefunden. Jedoch braucht man deren Anwesenheit bei all den besprochenen Vorsichtsmaßregeln nicht zu befürchten.

Oesten zweifelt, wie wir sahen, an der Zuverlässigkeit der Sandfiltration, wie überhaupt an den von Kolkwitz dargelegten guten Eigenschaften des Talsperrenwassers. Diese Zweifel sind nicht berechtigt. Die Umwälzungen durch Wind und Sturm sind nicht so bedeutend wie Oesten annimmt. Sturm beeinflusst das Wasser durch Wellenschlag nach Lueger bis zu einer Tiefe von 5 bis 6 m und meist sind die Becken doch über 20 m tief. Außerdem ist die Wassermasse viel zu groß und viel zu schwer durchmischbar. Gewiß findet eine Vertikalzirkulation statt und damit ein Temperatúrausgleich, aber in der Tiefe schwankt die Temperatur nur sehr wenig. Nach Fraenkel hat sie schon bei 2 bis 3 m Tiefe den Jahresdurchschnitt und alle Erfahrungen geben an, daß in der Tiefe nur Schwankungen von 4 bis 5° C, nämlich zwischen 8 und 12° C vorkommen. Es entspricht nicht den Tatsachen, daß im Winter unter der Eisdecke sich ausschließlich Verwesungsvorgänge abspielen; denn es hört auch im Winter nicht alles organische Leben im Wasser auf. Nicht berechtigt ist ferner Oestens Mißtrauen gegen die Sandfiltration. Daß damit bei genauer Befolgung der staatlichen Vorschriften einwandfreies Trinkwasser erzielt werden kann, beweist die Wasserversorgung einer Stadt wie Hamburg.

Die Talsperren muß man darauf einrichten, daß sie auch im trockensten Sommer allen Ansprüchen gerecht werden. Im Hochsommer ist es z. B. in Lennep vorgekommen, daß bei einer verhältnismäßig geringen Wassermenge im Staubecken sich ständig eine so hohe Keimzahl fand, daß öffentlich vor dem Genuß ungekochten Wassers gewarnt wurde. Man hat in den letzten Jahren verschiedentlich Talsperren wegen Zunahme des Wasserverbrauches und der Bevölkerung vergrößern müssen, also auch deshalb soll man Stauweiher von vornherein möglichst groß und tief anlegen. Sind auch dann die Niederschlagsgebiete nicht mehr ganz von Besiedelung frei zu halten, so ist ja die Filtration da, um einwandfreies Trinkwasser herzustellen. Wichtig sind Kruses (22) Forderungen an die Größe von Staubecken. Er verlangt

1. eine gewisse absolute Größe des Beckens, damit Selbstreinigung stattfinden kann. Diese richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen. Es darf kein zu großer Wasserverbrauch stattfinden.

2. ist wichtig die relative Größe des Beckens im Verhältnis der Wasserentnahme zum Wasserzufluß. Je länger sich das Wasser im Becken aufhält, ferner je tiefer die Sperre ist, um so besser für die Selbstreinigung.

Die Stelle der Wasserentnahme für Trinkzwecke soll am unteren Ende der Sperre am tiefsten Teile des Beckens liegen. Das Oberflächenwasser und das Wasser vom Anfang der Sperre verwende man für Kraftzwecke. Ratsam ist die Anlage eines Vorbeckens, um die ungünstigen Einflüsse der Schneeschmelze zu verbessern. Auch der Bau von Querwänden im Becken ist ganz gut, allerdings technisch schwierig.

Kolkwitz, Borchardt und andere sind derselben Ansicht wie Kruse: je tiefer das Staubecken, um so besser. Auch die Versuche in Massachusetts geben Kruse recht. Glass sagt dagegen, daß das stehende Wasser in Stauteichen stets durch Stagnation zu Sumpfwasser werde. Beweise bringt er für seine Behauptung allerdings nicht.

Unbedingt erforderlich ist jedenfalls, daß Boden und Wände des Beckens sehr sorgfältig von der Humusdecke und von Pflanzenresten, von Baumwurzeln und Stämmen befreit werden. Hat man außerdem noch einen kalk- oder kieselhaltigen Untergrund, der nach Kruse und Lueger für Talsperren am günstigsten ist, und ist für die nötige Tiefe gesorgt, so ist nach den Versuchen von Massachusetts keine „Wasserpest“, Trübung und Versumpfung von Talsperrenwasser zu fürchten. Sehr empfehlenswert ist es, durch Gliederrohre es so einzurichten, daß man je nach Belieben Trinkwasser aus verschiedenen Tiefen des Beckens entnehmen kann. Überhaupt kommt uns die Technik vielfach zu Hilfe, um die Wasserentnahme möglichst einwandfrei einzurichten. So sind bei der Ronsdorfer Talsperre 4 Quellen am Hange des Tales oberhalb des Staubeckens unterirdisch durch Sickerrohre abgefaßt. Durch Rohre wird das Wasser in eine Quellenstube geleitet, wo Klärung durch Sand erfolgt. Von daher wird das Wasser durch Rohre in ein 400<sup>cbm</sup> fassendes Hangreservoir geleitet. Durch Gliederrohre ist das Wasser des Weihers an drei verschiedenen Stellen zu entnehmen. Es wird stets das Wasser aus dem Hangreservoir benutzt — auch dieses kann, wenn es verunreinigt sein sollte, noch durch Rieselung gereinigt werden — und nur wenn dieses nicht ausreicht, wird das Beckenwasser zu Hilfe genommen.

In Remscheid (18) wird das zufließende Wasser am oberen Ende des Talsperrentales aufgefangen und in Rohren in einen Sammelturm geleitet. Aus diesem tritt das überschüssige Wasser selbsttätig in die Sperre ein und umgekehrt bei Wassermangel das Sperrenwasser in den Turm über. Nach gründlicher Durchmischung von Turm- und Sperrenwasser wird dies den Konsumenten zugeführt. Überall sind Filtrationsanlagen und Rieselwiesen vorgesehen. Verschiedentlich finden wir Ausgleichsweiher und bei manchen Staubecken Reservestauweiher, die benutzt werden, wenn die eigentliche Talsperre gereinigt wird.



Die Anlage einer Talsperre mit ihren Bauten und Einrichtungen ist recht kostspielig und für ein Gemeinwesen eine große Sache. Meist bilden sich jedoch zum Bau von Talsperren Genossenschaften, wozu ja das Zwangsgesetz für Talsperrenbau vom 19. Mai 1891 veranlaßt. Durch die gleichzeitige Ausnutzung des Sperrenwassers für Kraftzwecke rentiert sich jedenfalls die Anlage recht gut. So ist trotz der hohen Anlagekosten Talsperrenwasser sehr billig, bedeutend billiger als Grundwasser. Haben auch die industriellen Werke ihr Recht an der Abgabe von Kraftwasser, so muß sich diese jedoch ganz nach der vorhandenen Wassermenge richten und bei Wassermangel möglichst oder ganz eingeschränkt werden. Das Allgemeinwohl geht unbedingt vor.

Wir müssen hier noch etwas näher auf die technische Seite des Talsperrenbaues eingehen. Unsere Ingenieure haben hier manche schwierige Aufgabe zu lösen gehabt und bei jeder neuen Sperre wieder zu lösen. Bahnbrechend hat auf diesem Gebiete der schon mehrfach erwähnte verstorbene Prof. Intze in Aachen gewirkt, dem viele Sperren Deutschlands ihre Entstehung verdanken. Seine Verdienste wurden geehrt durch ein Denkmal bei der Hennetalsperre in der Eifel.

Es hat eine Hauptaufgabe der Ingenieure zu sein, dafür zu sorgen, daß ein Bruch der Staumauer ganz ausgeschlossen ist. Die Sicherheit der Mauer liegt im volkswirtschaftlichen, wie im gesundheitspolizeilichen Interesse. Werden doch, wie nachstehende Fälle von Sperrmauerbrüchen lehren, durch derartige Unfälle große volkswirtschaftliche Schädigungen herbeigeführt. Räufer (33) führt folgende Brüche von Sperrmauern an: 1802 bei Puentos in Spanien, Sperre von 53 Millionen Kubikmeter Inhalt, Verlust von 680 Menschenleben, 809 Häusern; 12. März 1864 bei Sheffield, Sperre von 3400000 Kubikmeter Inhalt; 1889 bei Johnstown in Pennsylvanien, Sperre von 20 Millionen Kubikmeter Inhalt, Verlust von 4000 Menschenleben. Weniger schwere Dammbrüche sind vorgekommen in Algier, Sperrmauer von Habra, in Frankreich usw. Die gebrochenen Staudämme waren meist Erddämme. Lueger hält bis zu einer Dammhöhe von 20<sup>m</sup>, König bis zu 30<sup>m</sup> auch heute noch Erddämme für zulässig. Im allgemeinen errichtet man heute aber Steinmauern. Aus der Höhe des zu stauenden Wassers und aus der Breite des Tales muß der Ingenieur die erforderliche Dicke und den Krümmungsradius der Mauer berechnen. Die Steine entnimmt man gewöhnlich einem Steinbruch in der Nähe. Sie müssen sorgfältig behauen werden und der Mörtel muß eine bestimmte Zusammensetzung haben. Die Bauausführung muß mit größter Sorgfalt geschehen, damit die Mauer möglichst wasserdicht ist. Für eine wasserdichte Isolierschicht nach der Wasserseite zu, sowie für Ableitkanäle für Sickerwasser, Einsteigeschächte für Ausbesserungen usw. ist Sorge zu tragen.

Kurz, es muß eine sichere Gewähr gegen Bruch der Sperrmauer gegeben sein. Dadurch, daß man die Mauern gekrümmt anlegt, die konvexe Seite nach dem Wasser zu, wird diese noch größer. Wird doch durch den Wasserdruck eine Komprimierung des Mauerwerkes und dadurch wie bei einem Gewölbe eine weitere Festigung erreicht. Bei sachverständiger und zuverlässiger Bauausführung bieten also die Sperren genügende Sicherheit gegen Damnbrüche.

Für überschüssiges Wasser bei Schneeschmelze oder Hochwasser sind Überfallwehre und Notauslässe vorzusehen. Außerdem hat nach Lueger der Ingenieur für Schutzvorkehrung gegen Frost und Wellenschlag zu sorgen, damit dadurch die Staumauer nicht beschädigt wird. Zur Reinigung muß ein Grundablaß vorhanden sein. Dieser muß sehr sorgfältig angebracht und überwacht werden, da er sonst bei Undichtwerden eine große Gefahr darstellt. Es muß für einen Entnahmebrunnen mit Ablaufrohr gesorgt sein. Alle Einrichtungen zur Besichtigung der Sperre in ihren einzelnen Teilen müssen vorgesehen sein. Die Krone der Sperre kann als Verkehrsweg dienen. Ferner ist die Sperre durch einen ständigen, zuverlässigen Wärter genau zu beaufsichtigen. Er hat mutwillige Verunreinigungen des Beckens zu verhüten, hat die Sperrmauer auf Sickerwasser zu kontrollieren und kann, wenn er recht anständig ist, auch mit Entnahme der Proben zur Keimzählung betraut werden. In einer besonderen Bauhütte neben dem Wärterhaus soll Werkzeug für Reparaturen aufgehoben werden, sie kann auch Arbeitern als Unterschlupf dienen. Das Wärterhaus muß mit Telephon und Telegraph ausgerüstet sein, damit der Wärter im Notfalle telephonisch oder telegraphisch der Behörde bedenkliche Vorkommnisse melden kann. Droht der Bevölkerung Gefahr, so muß der Wärter Alarmsignale geben. Die Oberaufsicht über die Talsperre steht der Behörde zu. Sie muß sich durch ein- oder zweimalige jährliche Besichtigungen von der Sicherheit der Mauer, der Güte des Wassers und der gewissenhaften Beobachtung ihrer Vorschriften überzeugen. Außerdem sind der Behörde regelmäßig Berichte über die chemische und bakteriologische Beschaffenheit des Sperrenwassers einzureichen. Am besten geschieht dies durch einen bakteriologisch ausgebildeten Chemiker. Wichtig ist die gesundheitliche Kontrolle des Talsperrengebietes durch den zuständigen Medizinalbeamten. Er hat einmal besondere jährliche Besichtigungen vorzunehmen, außerdem ist es nötig, daß er jeden Fall von Cholera, Ruhr oder Typhus im Niederschlagsgebiet einer Talsperre eingehend untersucht.

Sind alle die erwähnten Forderungen erfüllt, so ist ein Talsperrenwasser wohl unbedenklich der Bevölkerung als Trinkwasser zu überlassen. Die eine Forderung, daß Wasser nicht zur Krankheitsursache werden

soll, ist dann erfüllt. In der nur schwer durchmischbaren großen Wassermasse werden pathogene Keime, wenn sie trotz aller peinlichen Vorsicht doch einmal ins Wasser gelangen sollten, keinen guten Nährboden finden und außerdem werden die Filter sie dann ja mit größter Wahrscheinlichkeit zurückhalten.

Klar, farblos und geruchlos wird das Wasser sein, wenn der Weiher tief genug ist und vorher Boden und Wände des Beckens gesäubert worden waren.

Angenehmen Geschmack wird es haben, wenn man es aus der richtigen Tiefe entnimmt. In der Tiefe des Beckens ist zwar der Sauerstoffgehalt gering, doch läßt er sich dadurch wieder erhöhen, daß man das Wasser in ausgiebige Berührung mit der Luft bringt, indem man entweder das Wasser über Überläufe leitet oder durch Springbrunnen treten läßt.

In ausreichender Menge wird das Wasser vorhanden sein, wenn man die Talsperren genügend groß und tief anlegt. Man muß hier stets mit einer Zunahme der Bevölkerung rechnen. Man wird vor Beginn des Baues genau die dortige Niederschlagsmenge und die Ergiebigkeit etwaiger Quellen in Betracht ziehen. Aber auch nach der Größe der zur Verfügung stehenden Täler wird man sich richten. Hierbei ist auch besonders an trockene Jahre zu denken.

Viele und verschiedene Gesichtspunkte sind also beim Bau einer Talsperre zu beachten. Ingenieur und Hygieniker müssen getreu zusammen arbeiten, um ein Werk zu fördern, das dem Wohle der Allgemeinheit dienen soll. An ein Trinkwasser sind die strengsten Anforderungen zu stellen, deshalb wird man die Versorgung mit Trinkwasser aus Talsperren nur zulassen, wenn eine sichere Gewähr für Ausführung aller Forderungen gegeben ist. Das Niederschlagsgebiet der Sperre vor Verunreinigungen nach Möglichkeit zu schützen und für eine exakte Sandfiltration zu sorgen, das sind die Hauptbedingungen. Wenn diese gegeben sind, so ist Talsperrenwasser ebenso gut wie Grundwasser in bergigen Gegenden oder an Flußläufen.

#### V. Schlußfolgerungen.

1. Talsperrenwasser ist als Oberflächenwasser anzusehen, das der Infektionsgefahr ausgesetzt ist.

2. Bei sachgemäßer Anlage der Sperre, die tief genug sein muß und bei der Boden und Wände sorgfältig von Humus, Wurzeln usw. gereinigt sein müssen, erfüllt es die Bedingungen, daß es klar, farblos, geruchlos und in ausreichender Menge vorhanden ist.

3. Die Infektionsgefahr läßt sich beseitigen dadurch, daß im Niederschlagsgebiete der Sperre keine Ansiedelungen und Gewerbebetriebe geduldet werden; eventuell müssen zu diesem Zwecke zwangsweise Enteignungen stattfinden.

4. Ist das wegen Größe des Niederschlagsgebietes undurchführbar, so muß für Beseitigung der Abwässer gesorgt werden, sowie für künstliche Düngung von Feldern und Wiesen.

5. Das Talsperrenwasser ist durch Umlaufgräben für verunreinigtes Wasser, durch eine dichte, breite Hecke und ein Gitter auf der Sperrmauer vor mutwilligen Verunreinigungen, besonders auch vor Selbstmördern zu schützen.

6. Das Gebiet der Talsperre soll keine Landstraßen und Bahnen enthalten; Restaurationen in der Nähe sind unstatthaft.

7. Eine Trinkwassertalsperre soll nicht Nebenzwecken wie Fischzucht, Kahnfahrten, Eisgewinnung usw. dienen. Die Abgabe von Kraftwasser hat sich ganz nach der vorhandenen Wassermenge zu richten und ist bei Wassermangel einzustellen.

8. Das Wasser in den Stauweihern erfährt durch Licht, Sedimentierung, Verdünnung und die Mitwirkung von mancherlei Lebewesen eine gewisse Selbstreinigung.

9. Trotzdem ist zu fordern, daß das Wasser durch Berieselung und besonders durch Sandfiltration einer Reinigung unterzogen und dadurch zum einwandfreien Trinkwasser gemacht wird.

10. Das Sperrenwasser ist täglich chemisch und bakteriologisch zu kontrollieren.

11. Der Bau von Talsperren muß sehr sorgfältig ausgeführt werden und zur unbedingten Sicherheit der Anlage muß ein gewissenhafter Wärter die ständige Aufsicht führen, außerdem müssen regelmäßige Kontrollen der Behörde erfolgen.

---

### Literatur-Verzeichnis.

1. Borchard, Beschaffenheit des Wassers aus Stauweihern (Talsperren). *Journ. für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*. 1901 S. 9.
2. Derselbe, *Die Remscheider Stauweiheranlage, sowie Beschreibung von 450 Stauweiheranlagen*.
3. Derselbe, Vorschaltfilter aus Filtertuch. *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*. 1904. 47. Jahrg. S. 210.
4. Ebermayer, *Einfluß der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit, auf das Sickerwasser, auf das Grundwasser und auf die Ergiebigkeit der Quellen*. Stuttgart 1900.
5. Fraenkel, Erfahrungen über Talsperrenwasser. *Vortrag auf dem 14. internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie*.
6. Fraenkel und Intze, Wasserversorgung mittels Talsperren in gesundheitlicher Beziehung. *Deutsche Vierteljahresschrift für öffentl. Gesundheitspflege*. 1901. Bd. XXXIII. S. 30.
7. Frühling, Die Wasserversorgung der Städte. *Der Wasserbau*. Bd. III.
8. Gärtner, Zur Hygiene der Wasserversorgung. *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*. 1904. 47. Jahrg. S. 762.
9. Über Talsperren. *Gesundheits-Ingenieur*. 1890—1907.
10. Glass, Gegen die Talsperren als Quellen der Trinkwasserversorgung der Städte. Zwei Vorträge, gehalten im Verein für Technik und Industrie in Barmen. *Ebenda*. 1901. 24. Jahrg. S. 207.
11. Goldschmidt, F. H. Luxemburger u. L. Neumayer und Prausnitz, Das Absterben der Mikroorganismen bei der Selbstreinigung der Flüsse. *Hygien. Rundschau*. 1898. Nr. 4.
12. Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration zu Zeiten der Cholera-gefahr. Rundschreiben des Reichskanzlers vom 13. Jan. 1899. *Veröffentlichungen des Kaiserl. Gesundheitsamtes*. 1899. S. 107.
13. Gruner, Die Wasserversorgung von Konstantinopel. *Gesundheits-Ingenieur*. 1901. 24. Jahrg. S. 123.
14. Günther u. Smrecker, Gutachten der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, betreffend das Projekt der Wasserversorgung der Stadt Magdeburg aus dem Fiener Bruch. *Mitteilungen aus der Königl. Prüfungsanstalt usw.* 1902. Hf. 1. S. 115.
15. Hempel, Wasserversorgung aus den Talsperren des Bodetals im Harz. Vortrag im Magdeburger Verein für öffentl. Gesundheitspflege. Referiert von Peters im *Gesundheits-Ingenieur*. 1900. S. 40.
16. Intze, *Entwicklung des Talsperrenbaues in Rheinland und Westfalen von 1893—1903*.

17. Intze, Sicherung von Talsperren. Ref. eines Vortrages, gehalten im Abgeordnetenhaus in der Kommission zur Beseitigung der Hochwassergefahren in Schlesien. *Gesundheits-Ingenieur*. 1900. S. 283.
  18. Derselbe, Über Talsperrenwasser als Trinkwasser. *Centralblatt f. allgem. Gesundheitspflege*. 1900. 19. Jahrg. S. 1.
  19. König, *Anlage und Ausführung von Wasserleitungen und Wasserwerken zur Wasserversorgung von Städten, Ortschaften und Privatgebäuden*. 1901. 3. Aufl.
  20. Kolkwitz u. Thiesing, Chemisch-biologische Untersuchungen über Verwendung von Rieselwiesen zur Reinigung des Talsperrenwassers für Genußzwecke. *Mitteilungen a. d. Königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung*. Berlin 1904. Hft. 4. S. 130.
  21. Dieselben, Die Beurteilung der Talsperrenwässer vom biologischen Standpunkte. *Journal für Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung*. 1905. 48. Jahrg. S. 934.
  22. Kruse, Hygienische Beurteilung des Talsperrenwassers. *Centralblatt für allgem. Gesundheitspflege*. 1901. 20. Jahrg. S. 145.
  23. Derselbe, Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurteilung des Wassers. *Diese Zeitschrift*. 1894. Bd. XVII. S. 1.
  24. Derselbe, Über die Brauchbarkeit des Talsperrenwassers zur Wasserversorgung der Stadt Barmen. Ref. im *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*. 1902. S. 271.
  25. Derselbe, Über die Einwirkung der Flüsse auf Grundwasserversorgungen und deren hygienische Folgen. *Centralblatt f. allgem. Gesundheitspflege* 19. Jahrg. 1900. S. 113.
  26. Derselbe, Über Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. *Ebenda*. 1899. 18. Jahrg. S. 16.
  27. Lueger, *Die Wasserversorgung der Städte*. I. Abteilung. Der städtische Tiefbau. Bd. II.
  28. Mattern, *Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserwirtschaft*. 1902.
  29. Neumann, Typhus, Keimzahl u. Trinkwasser nach Erfahrungen im Ruhrgebiet. *Deutsche med. Wochenschrift*. 1901. S. 769.
  30. Nußbaum u. Hagen, Wider den Stauteich. Gärtner, Erwiderung darauf. *Gesundheits-Ingenieur*. 1902. S. 96 u. 175.
  31. Oesten, Zur Beurteilung der Talsperrenwässer. *Journal f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*. 1905. 48. Jahrg. S. 1142.
  32. Olshausen, Vortrag. Ref. im *Gesundheits-Ingenieur*. 1895. S. 247.
  33. Räuber, Über Talsperren. *Zeitschrift für Medizinalbeamte*. 1900. S. 1.
  34. Roechling, Einige Bemerkungen über Grundwasser u. Oberflächenwasser. *Gesundheits-Ingenieur*. 1896. S. 325.
  35. Rubner, *Lehrbuch der Hygiene*. 8. Aufl. Leipzig u. Wien 1905.
  36. Schattenfroh, Die Grundlagen der hygienischen Wasserbegutachtung. *Vortrag auf dem XIV. internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie*.
  37. Stroebe, *Wie gewinnt man gutes Trinkwasser?* Karlsruhe 1901.
  38. Weyl, Flußverunreinigung, Klärung der Abwässer, Selbstreinigung der Flüsse. *Handbuch der Hygiene*. Jena 1897.
-