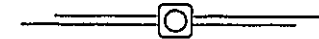

DER WASSERBAU

GEMEINVERSTÄNDLICHE
ÜBERSICHT SEINER GEBIETE UND
PROBLEME

VON

+

DR.-ING. ROBERT WEYRAUCH
PROFESSOR AN DER TECHN. HOCHSCHULE STUTT GART



STUTT GART UND BERLIN :: FR. GRUB, VERLAG

1908

9335



Vorwort.

Die folgenden Zeilen, eine akademische Antrittsvorlesung in erweiterter Form, sollen zunächst namentlich jüngeren Ingenieuren einen Überblick über die Gebiete des Wasserbaus geben, um sie zu befähigen, beim Studium der Einzelfächer den Blick aufs Ganze nicht zu verlieren.

Vielleicht kann aber auch die kleine Arbeit in weiteren Kreisen dazu beitragen, die meist nur sehr oberflächliche Kenntnis technischer Fragen auf dem Gebiete des Wasserbaus in etwas zu vertiefen.

Stuttgart, Neujahr 1908.

Der Verfasser.

Wer schon in freien Stunden sich die Mühe nahm, auch abseits von der großen Heerstraße unsere Alpenländer kennen zu lernen, der wird hier und dort einen Einblick erhalten haben in die bedeutenden Arbeiten, welche zum Schutze gegen Lawinen und Steinschläge und zur Bändigung der Wildbäche in diesen Ländern unternommen werden. Solche Bauten dienen dem Schutz von Mensch und Tier, von Häusern, Eisenbahnen, Straßen und Weiden. Jedoch wäre kein menschliches Bauwerk imstande, dem unmittelbaren Ansturm einer Lawine standzuhalten, wenn sie erst einmal sich entwickelt hat. Darum sucht sie der Mensch auf in den höchsten Lagen, wo sie entsteht, und verhindert dort ihre Bildung. Wo dies aber nicht möglich ist, baut er Hindernisse, an welchen die Lawine gleichsam abgelenkt und in unschädliche Bahnen abgelenkt wird.

Jeder Alpenreisende hat schon solche Bauten gesehen; wenn man auch leicht geneigt ist, diesen in der sommerlichen Reisezeit scheinbar zwecklosen, oft hoch an den Bergen hängenden Pfahlreihen, Bohlenwänden und niederen Mauern wenig Beachtung zu schenken.

Um Beispiele zu geben, erinnere ich an die Galerien der Albulabahn und der Bahnen im amerikanischen Felsengebirge, an die künstlichen Tunnels und Tunnelverlängerungen auf der Südseite des Simplon und bei Amsteg am Gotthard, an die Schutzbauten vor dem Westausgang des Arlbergtunnels, bei Airolo und an der Albulabahn.

Charakteristisch für die meisten Gebirgsgegenden sind ihre häufig außerordentlich starken Regenfälle. Ihnen und der Schneeschmelze verdanken die Wildbäche Entstehung, Ausbildung und ihren oft verheerenden Charakter.

Während zu trockenen Zeiten das Bett der meisten Wildbäche nur wenig Wasser führt, bringt bei unverbauten Bächen jeder starke Regen oft ganz unglaubliche Mengen von Wasser zu Tal, aufs

innigste vermischt mit Boden, Sand, Kies, Felsblöcken, Gesträuch und entwurzelten Bäumen.

Dieses breiartige Gemenge stürzt in die Tiefe und der kleinste, auch nur momentane Widerstand im Bett, z. B. das Festklemmen eines großen Steinblocks genügt, um den Murgang, denn so nennt man vielfach die Erscheinung, zum plötzlichen, verheerenden Ausbruch über die Ufer des Bachbettes zu bringen.

Ungeheure Schuttmengen führen diese Wildbäche alljährlich bergab; wo sie in die Haupttäler münden, bildeten sich im Lauf der Jahrhunderte weit ausgedehnte, teils kahle, teils spärlich überwachsene Schuttkegel, auf welchen in manchen Fällen sogar Dörfer stehen, deren Bewohner auf diese Weise Schutz vor den drohenden Hochwassern des Haupttalstromes gefunden haben. Wer die Alpen bereist, wird häufig auf solche Plätze stoßen.

Das charakteristische Bild eines Wildbaches bietet der Eybach bei Oberstdorf. In trockenen Zeiten ein unscheinbares Gerinne mit wenig Wasser war er vor der Verbauung so gefährlich, daß bei jedem starken Regen das benachbarte Dorf Schöllang — oft mitten in der Nacht — geräumt werden mußte. Heute — wenige Jahre nach Vollendung der nur 60 000 Mk. kostenden Verbauung — ist jede Gefahr beseitigt.

Speziell im Allgäu sind zahlreiche Bauten dieser Art zu sehen. Die Steigbachkatastrophe, welche im Jahre 1873 einen Teil von Immenstadt zerstörte, war der Anlaß zur Aufnahme solcher Arbeiten in Bayern.

Die Nolla bei Thusis wälzte noch im Jahre 1870 öfters so viel Schutt in den Rhein, daß dieser seeartig zurückgestaut wurde. Heute ist die Nolla dank der Verbauung vollkommen ungefährlich geworden.

Große Summen sind für Verbauungszwecke während der letzten hundert Jahre vornehmlich in den Alpenländern Frankreichs, der Schweiz, Österreichs und Deutschlands verausgabt worden.

Die Art der Verbauung ist denkbar einfach und geschieht grundsätzlich mit den an Ort und Stelle gefundenen Baustoffen. Sie besteht in einer Befestigung der Bachsohlen durch Pflasterung, einer Sicherung der Böschungen durch Faschinen, Strauchwerk und Baumwuchs und einer Verminderung des, beim Eybach z. B. bis zu 50% steigenden, Bachgefälls durch eingelegte Schwellen und Abstürze.

Wenn einige Jahre nach der Verbauung Bach und Gelände zur Ruhe gekommen sind, so wird mit der Anpflanzung fortgefahren

und zwei bis drei Sommer später erblickt der Wanderer inmitten des dichten, jungen Buschwerks kaum mehr eine Spur von dem Eingriff des Menschen; der einst so gefürchtete Wildbach führt Hoch- und Niederwasser geordnet zu Tal.

Dieser Kampf mit den Elementen wird nicht vom grünen Tisch aus, sondern Auge in Auge mit der Natur gekämpft. Nicht nur die Unterlagen zum Verbauungsprojekt, sondern das ganze Projekt entsteht draußen an Ort und Stelle und noch während des Baues wird es umgewandelt und verbessert, soweit es irgend sich als nötig herausstellt.

So wenig wie beim Lawinenbau ist hier der Mensch imstande, entfesselten Naturkräften plumpe Gewalt entgegenzusetzen; auch hier gilt es gewissermaßen die Natur zu überlisten, die schwachen Stellen des Baches herauszufinden und ihn ohne Ecken und Kanten, an denen er seine Kraft betätigen könnte, sanft und sicher dem Tale zuzuführen.

Der glänzende Erfolg der systematischen Wildbachverbauung besteht neben dem unmittelbaren Schutz der Gebirgstäler vor allem in der Möglichkeit der Wiederaufforstung der Berghänge, in der gleichmäßigen Abfuhr der Geschiebe und in der allmählichen Verminderung ihrer Menge.

Die Folgen dieser Tätigkeit machen sich bemerkbar bis weit in den Mittellauf der Ströme, besonders dort, wo nicht wie in unseren Alpenseen große Klär- und Absitzbecken vorhanden sind. Die Wichtigkeit dieser Becken kann man ermessen an der Tatsache, daß jedes Jahr die Maggia 200 000 cbm Geschiebe im Lago maggiore, die Reuß über 150 000 cbm im Vierwaldstätter See zur Ablagerung bringen.

Die natürliche kulturelle Entwicklung der Länder bringt es mit sich, daß die Korrekturen der Flüsse beim Unter- und Mittellauf einsetzen und zuletzt an den Oberlauf und etwaige ihn speisende Wildbäche gedacht wird. Der umgekehrte Weg würde billiger zum gewünschten Ziele führen. Denn die riesigen Ausgaben, welche die Flußkorrekturen verursachen, haben zunächst die Verminderung der Hochwassergefahren zum Ziel gehabt, diese aber sind in den meisten Fällen durch die Sohlenerhöhungen der Flüsse und diese wieder durch übermäßige Geschiebeführung verursacht worden. Könnte man also zunächst letztere vermindern, und dieses geschieht durch die Wildbachverbauung, so wäre für die Korrektur im weiteren Flußlauf eine wichtige Vorarbeit geleistet.

Wir werden natürlich niemals in der Lage sein, den Geschiebetransport der Flüsse gänzlich zu verhindern. Damit bleibt aber eine Hauptursache bestehen für die bei jedem sich selbst überlassenen Fluß eintretende Verwilderung.

Beispiele solcher Verwilderungen sind jedem bekannt, der einmal alte Stromkarten z. B. des Rheins gesehen hat.

Wie entsteht und worin äußert sich die Verwilderung eines Flusses? Genauere Untersuchungen zeigen, daß die Lage der Flüsse in den Tälern durchaus unbeständig ist. Schon die geringste Unregelmäßigkeit in einer geraden Flußstrecke kann genügen, um das Wasser mehr gegen das eine Ufer zu treiben und dieses anzugreifen. Wirkt dieser Angriff dauernd, so verliert der Fluß seine gerade Richtung: er beginnt zu serpentinieren; dadurch nehmen Gefälle und Geschwindigkeit ab, der Fluß verliert die Kraft, sein Geschiebe zu bewegen, es bleibt liegen und die Flußsohle erhöht sich, der Fluß überströmt hier und dort seine Ufer, bildet neue Arme und verläßt stellenweise sein altes Bett. So können nur ganz wenige sich selbst überlassene Flußstrecken fortschreitender Verwilderung entgegen.

Hiegegen suchte sich der sesshaft gewordene Mensch zu schützen. Er baute Dämme und organisierte — oft unter drakonischen Gesetzen — durch Deichgenossenschaften oder Wasserwehren den Verteidigungsdienst in Hochwasserzeiten. Doch war der Kampf stets auf die Dauer erfolglos, er brachte sogar neue Gefahren. So haben an der Iller und am Oberrhein die fortgesetzte Sohlenerhöhung im Verein mit der stetigen Erhöhung der Dämme durch den Menschen bewirkt, daß bei Oberstdorf an der Iller und bei Buchs am Rhein der höchste Hochwasserspiegel mit der Zeit bis zu 9 m, also um doppelte Stockwerkshöhe über dem tiefsten Talpunkt emporstieg. Angesichts der zunehmenden Hochwässer des Rheins bestand denn auch am Anfang des letzten Jahrhunderts in der Ostschweiz die vielleicht nicht ganz unbegründete Furcht, der Rhein könnte bei einem großen Hochwasser die flache Wasserscheide nach dem Wallensee bei Sarganz durchbrechen und seinen Lauf nach Zürich hin nehmen: ein Ereignis, das geradezu unabsehbare Folgen gehabt hätte.

Wenn wir mit unseren heutigen Kenntnissen über die subtile Behandlung, welche jeder Fluß nach seiner Eigenart verlangt, zurückblicken auf frühere naive Versuche, die Ströme einzudämmen,

auf die Bestrebungen der Deichgenossenschaften, ohne gegenseitiges Zusammenarbeiten nur das eigene Dorf, die eigenen Felder zu schützen, so müssen wir uns wundern, daß diese Bemühungen nicht noch mehr Unheil angerichtet haben, als ohnehin der Fall war. Heute noch bestehen die Folgen weiter in solchen Fällen, wo die Besitzverhältnisse verbieten, verkehrt angelegte Dämme zu entfernen.

Erst allmählich, mit dem Erstarren des Staatsgedankens, beschäftigt sich die Öffentlichkeit mit solchen Arbeiten. Die Zugehörigkeit der Flüsse zu verschiedenen Ländern verzögerte jedoch die Inangriffnahme der Arbeiten und erschwerte ihre richtige Durchführung. So verursacht die Mangelhaftigkeit der russischen Flußbauten der preußischen Strombauverwaltung unaufhörliche Schwierigkeiten. Es ist kaum auszudenken, welche Vorteile eine politische Einheit Mitteleuropas für solche Arbeiten geboten hätte, eine Einheit, wie sie z. B. die Vereinigten Staaten besitzen.

Aber auch dem Staat fehlte zunächst jede Erfahrung auf diesem heiklen Gebiet. Die Theorie, die hier nur von der Praxis ausgehen kann, ermangelte eben dieser Praxis. Aber die Anwohner der Flüsse drängten, es mußte etwas geschehen, also suchte man dem größten Übelstand, der Hochwassergefahr, abzuweichen: man begradigte die Flüsse mit Durchstichen und beschleunigte damit den Ablauf der Hochwasser, ohne zu ahnen, welche schwere Nachteile dieses Vorgehen im Gefolge haben kann. Man zwängte die Hochwasser der Flüsse durch Dämme in „Normalprofile“, von denen man annahm, daß sie einen Beharrungszustand im Flußregime herbeiführen werden. Man bedachte aber nicht, daß, was für Hochwasser gut ist, noch lange nicht für Mittelwasser oder Niederwasser paßt. Die Folgen sind denn auch nicht ausgeblieben.

Wir müssen es heute zugeben: Man hat im Anfang die Schwierigkeiten des Flußbaus weit unterschätzt: unter dem Druck der durch die zunehmende Hochwassergefahr erregten öffentlichen Meinung hat man Arbeiten begonnen, ehe genügend Beobachtungen zur Verfügung standen, man hat geglaubt die Flüsse reglementieren zu können, denn man wußte noch nicht, daß jedem Fluß nicht mit Gewalt, sondern nur mit verständnisvollem Eingehen auf seine Besonderheiten etwas abzurufen ist. Als man anfang, Flüsse zu korrigieren, da wußte man nichts oder wenig von Geschiebewegung, von den in Betracht kommenden Regen- und Abfluß-

mengen, von den Gesetzen, nach welchen ein Fluß sein Bett bildet und verändert, von dem ungeheuren heute zusammengetragenen Beobachtungsmaterial. Kein Wunder, wenn die anfänglichen Erfahrungen schlimme waren und wir teilweise heute noch darunter leiden. Die Übelstände wurden noch verschlimmert durch den zufälligen Umstand, daß (nach Gravelius) am Ende des letzten Jahrhunderts die meteorologischen Verhältnisse für das Auftreten von Hochwasserkatastrophen anscheinend besonders günstig lagen.

Die furchtbarste Lehre über die Folgen verkehrter Flußkorrekturen war die Zerstörung Szegedins durch die Hochflut des Theiß in der Nacht vom 11. zum 12. März 1879, wobei von 6000 Häusern der Stadt nur 314 unversehrt blieben.

Es ist — namentlich im Hinblick auf die Rheinstrecke zwischen Mannheim und Basel — der Vorwurf erhoben worden, man habe bei Ausführung der Korrekturen im Anfang des letzten Jahrhunderts durch alleinige Rücksichtnahme auf die Hochwasser die Einführung der Schifffahrt so erschwert, daß heute sogar die Frage auftreten konnte, ob man zur Ermöglichung dieser Schifffahrt nicht am besten einen besonderen Kanal neben dem freien Rhein bauen sollte.

Diese Vorwürfe sind von unserem heutigen Standpunkt aus nicht unberechtigt, allein wenn man bedenkt

1. daß damals alle Erfahrungen und Versuche an korrigierten Flüssen fehlten,
2. daß man nur wenig Mengen- und Geschwindigkeitsmessungen an Flüssen besaß, auch die Messungsmethoden noch nicht so ausgebildet waren wie heute,
3. dass man gezwungen war rasch zu handeln, um sich gegen zunehmende Versumpfung und Hochwassergefahr zu schützen,
4. daß damals die Hochwassergefahren das Nächstliegende waren und an Schifffahrt nach heutigen Begriffen wohl überhaupt nicht gedacht werden konnte,

so wird man die Entwicklung zwar bedauern, aber man wird sie verstehen und sich sagen müssen, daß es damals nicht wohl anders gehen konnte. Um Erfahrungen zu sammeln braucht man an Flüssen nicht Jahre, sondern Jahrzehnte und enorme Geldopfer. Auch der Gedanke, flußbauliche Versuche in Laboratorien anzustellen, konnte so lange nicht auftauchen, als man nicht auf die zu lösenden Probleme in der Wirklichkeit draußen gestoßen war.

Wenn eine frühere Zeit sich vornehmlich die Bekämpfung der Hochwassergefahren zur Aufgabe machte, so ist heute die sogenannte Niederwasserregulierung das wichtigste Problem. Ihr Ziel ist, den Geschiebetransport der Flüsse auch bei Niederwasser aufrecht zu erhalten durch Ausbildung einer geeigneten Niederwasserrinne, welche bei den schiffbaren Strömen zugleich den Zwecken des Wasserverkehrs zu dienen hat.

Die neueste Zeit hat uns eine Reihe großer Erfolge auf dem Gebiet der Flußkorrektur beschert; hervorzuheben sind die Rhone-regulierung durch Girardon, die Unterweserregulierung durch Francius und die Korrekturen von Flüssen nach der Wolfschen und verwandten Bauweisen.

* * *

Die bisher besprochenen Wasserbauten besitzen eine hohe Bedeutung für die Landeskultur. Von diesem Gesichtspunkt aus werden sie vielfach dem Gebiet der Meliorationen oder Kulturtechnik zugerechnet. Die Bedeutung dieses Gebiets ist mit der immer intensiver werdenden Bewirtschaftung des Bodens und der scharfen Konkurrenz im Absatz landwirtschaftlicher Erzeugnisse in andauerndem Wachsen begriffen.

Die Kulturtechnik im engeren Sinn umfaßt in der Hauptsache die Verfahren zur Entwässerung und Bewässerung des Bodens.

Unter den Entwässerungsarbeiten nennen wir die Anlage von Gräben und Drainagen zur Senkung des Grundwasserspiegels unter Wiesen und Feldern. Große Landstriche Deutschlands sind auf diese Verfahren angewiesen, namentlich im Norden, Osten und Südosten. Ferner kommt in Betracht die Senkung von Seespiegeln. Eine der größten Arbeiten dieser Art war die Senkung des Neuchâteller-, Bieler- und Murtenersees, wobei neben anderen Vorteilen die Entsumpfung von 24 000 ha Land erreicht wurde. Die Regulierung der Bodenseewasserstände ist heute noch ein schöner Traum, trotz der bewiesenen Lösbarkeit des Problems; die Wasserstände des Zürichersees, des Wallensees, des Chiemsees sind verbessert, oft unter großem Gewinn an Land. Besondere Bedeutung gewinnt in der Nähe der Meere die Trockenlegung tief liegender Land-

striche durch künstliche Hebung des Wassers, wie wir sie besonders in den holländischen Poldern kennen, mit ihren zahllosen Kanälen und ihren für die holländische Landschaft charakteristischen Windmühlen zur Hebung des Wassers aus tiefer liegenden in höher gelegene Kanäle. Ihre größten Beispiele, die Trockenlegung des Harlemer Meers und eines Teils der Zuidersee, sind jedermann bekannt.

Dazu kommt schließlich noch die Kultur der Moorlandschaften. So wird zurzeit unter anderen das Isarmoor entwässert durch ein 140 km langes Netz von Kanälen, ebenso in Ostfriesland das 25 000 Morgen große Königsmoor durch ein 40 km langes Kanalnetz. Ein großes Elektrizitätswerk mit Torffeuerung soll dort auf 50 km im Umkreise Licht und Kraft für elektrisch bewegte Pflüge und landwirtschaftliche Maschinen liefern.

Noch bedeutender als die Entwässerungsarbeiten erscheinen die in vielen Fällen mit ihnen kombinierten Bewässerungsanlagen. Die Bewässerung gewinnt ihre größte Bedeutung in heißen und trockenen Klimaten. Während z. B. bei uns im Jahre 700 mm Regen in günstiger zeitlicher Verteilung fallen, beträgt der jährliche Niederschlag in Merw (Transkaspien) nur etwa 36 mm in sehr ungleichmäßiger zeitlicher Verteilung. So besitzen wir schon aus alten Zeiten in Indien, Ägypten, Nordafrika und Spanien große Bewässerungsanlagen, weil dort genügende Wassermengen für die Ernte und damit für die Bevölkerung geradezu die Lebensfrage bedeuten.

Die Größe der Aufgaben verlangt meist Ausführung durch den Staat oder durch Genossenschaften. Auch die Bedeutung der Arbeiten und die Gefahr unrationellen Vorgehens oder einer Raubbauwirtschaft seitens Privater zwingt dazu. Deshalb schenken neuerdings die Regierungen dem Meliorationswesen erhöhte Aufmerksamkeit, indem sie die Bildung der Genossenschaften anregen und die Projektierung und Ausführung solcher Arbeiten finanziell und technisch fördern.

Die Konkurrenz, der Zwang, im Wettstreit der Nationen alle Hilfsmittel anzuwenden, hat auch auf diesem Gebiet zu den größten Anstrengungen Anlaß gegeben.

So sind z. B. in russisch-Turkestan um die Wende des Jahrhunderts über 3 Mill. Hektar Land unter Bewässerung gestanden.

Die Anatolischen Bahnen sind z. B. damit beschäftigt, ein Gebiet von 50 000 ha in der Gegend von Konia durch Bewässerung kulturfähig zu machen.

Eine wahrhaft großzügige Fürsorge zeigt für Bewässerungsanlagen die Regierung der Vereinigten Staaten. Die bewässerte Fläche betrug dort

im Jahre 1870	8 000 ha
„ „ 1880	400 000 „
„ „ 1889	1 452 500 „
„ „ 1899	3 015 300 „

sie stieg also in 29 Jahren auf den 375 fachen Betrag. Am 1. Januar 1907 waren in den Vereinigten Staaten neben den privaten Anlagen 26 staatliche Meliorationen mit zusammen 1 263 000 ha Fläche in Ausführung begriffen. Das größte dieser Gebiete, 64 000 ha, wird von einem einzigen Stausee, der Roosevelt-Sperre in Arizona, gespeist. Sie besteht aus einem über 80 m hohen Staudamm, der ein Wasserbecken mit 6500 ha Wasseroberfläche und 1 1/2 Milliarden Kubikmeter Inhalt zurückhält. Der Bewässerungsstaudamm von Assuan in Ägypten wird nach seiner Erhöhung 1,7 Milliarden Kubikmeter zurückhalten können. Bei dem Trukee-Carson-Bewässerungsprojekt in Nevada handelt es sich um ein großes Bewässerungsgebiet von 180 000 ha (die preussische Provinz Hohenzollern umfaßt 114 000 ha).

Solche Bewässerungsanlagen verwandeln in dem „Arid West“ der Vereinigten Staaten Wüsten in Gärten, in denen Pfirsiche, Äpfel, Birnen, Aprikosen, Pflaumen, Kirschen, Erdbeeren und Himbeeren für den Export gezogen werden. In den Bewässerungsgebieten bezahlt man den Hektar unapptierten Landes mit 1000 Mark, eingerichtetes und erprobtes Land mit dem 10fachen Betrag.

Wenn man noch an die 40 Millionen Hektar sumpfigen Landes denkt, welche in den Vereinigten Staaten der Entwässerung harren, dann kann man sich eine Vorstellung machen von den landwirtschaftlichen Kulturmöglichkeiten dieses gewaltigen Landes, gegen dessen Export im Lauf der Jahre keine Zollschranke mehr schützen wird.

Zum Schluß dieser Aufzählung ist noch zu erwähnen die Bewässerung tiefliegender und deshalb versumpfter Landstriche mit schlammhaltigem Wasser zum Zweck der Kolmation d. h. der allmählichen Aufhöhung. Diese oft Jahrzehnte währenden Arbeiten werden besonders in Südfrankreich und Italien zahlreich ausgeführt.

Die Rieselung von Feldern, Wiesen und Gemüßebeeten durch städtisches Abwasser gehört teils zur Kulturtechnik teils zur Stadtreinigung.

* * *

Verfolgen wir die Ufer eines Stromes in der Richtung nach seinem Ursprung, so kommen wir an eine Stelle, wo der Strom nicht mehr imstande ist mit seinem natürlichen Bett der Schifffahrt zu dienen. Soll er also weiterhin noch Schiffe tragen, so muß künstlich eingegriffen werden: Der Fluß wird kanalisiert, d. h. durch Wehre in einzelne Haltungen mit genügender (mindestens $2\frac{1}{2}$ m) Wassertiefe zerlegt und der Verkehr von einer Haltung zur andern durch Schleusen bewirkt.

Künstliche Wasserstraßen, Kanäle, schon seit dem Altertum bekannt, verbinden die einzelnen Flußsysteme und wenden auch den vom Strom entfernten Landstrichen die Segnungen der natürlichen Wasserstraßen zu.

Bedeutende wirtschaftliche Verschiebungen sind die Folge, neue Absatzgebiete eröffnen sich, altgewohnte Monopolstellungen werden erschüttert, neue Preisbildungen werden nötig. Mit erbitterter Feindschaft bekämpfen einzelne Gruppen von Sonderinteressenten den Bau der Kanäle. Doch läßt sich ihr Siegeszug nur aufhalten, nicht auf die Dauer verhindern; es ist noch nie gelungen, einen in der natürlichen Kulturentwicklung begründeten technisch und wirtschaftlich ausführbaren Fortschritt auf die Dauer zu verhindern; diese Lehre sollte heute jedem klar sein, für den die Geschichte nicht nur aus einer Aneinanderreihung von Namen, Zahlen und Schlachten besteht.

Große Kanalprojekte sind im Bau, ebenso große harren der Ausführung und werden speziell in Süddeutschland bedeutende Umwälzungen im Gefolge haben. Die Neckar- und Donau-Kanalisation, die Schifffahrtsstraßen Basel—Lindau und Basel—Aare—Westschweiz sind nicht mehr uferlose Pläne, sondern technisch-finanziell realisierbar und Errungenschaften einer nahen Zukunft. Schon spricht man von einer Wasserstraße Bodensee—Mittelländisches Meer!

Auch die Flußkanalisation und der Bau künstlicher Wasserstraßen bedarf einer gewissen Mindestwassermenge der Flüsse.

Wo diese nicht mehr vorhanden und auch künstlich, etwa durch Talsperren, nicht mehr zu beschaffen ist, da bieten die Flüsse in ihrem zunehmenden Gefälle dem Menschen immer noch eine Gabe, und nicht die geringste, dar: die Kraft des fallenden Wassers.

Der angenäherte Wert einer Wasserkraft ergibt sich direkt in Pferdestärken, wenn man die Anzahl der verfügbaren Kubikmeter Wasser pro Sekunde mit der 10fachen Fallhöhe des Wassers (in Metern gemessen) multipliziert; führt also z. B. ein Bach pro Sekunde 3 cbm und läßt sich durch Stau eine Fallhöhe des Wassers von 2,5 m erzielen, so sind 75 Pferdestärken gewinnbar. So sind in der Schweiz 270 000 Pferdestärken bereits gewonnen. 500 000 harren noch der Verwendung. Für Italien sind 2 800 000 Pferdestärken als gewinnbar berechnet. Vom Rheinfall bis zum Kaiserstuhl stellt der Rheinstrom eine Kraftquelle von 430 000 PS dar. Am Niagara-Fall entstand die erste elektrische Zentrale im Jahre 1893 (die erste Anlage überhaupt 1850), mit dem Ausbau der derzeitigen Werke werden dort 645 000 PS gewonnen sein, fast genau so viel als sämtliche Kraftmaschinen des ganzen Königreichs Italien heute zusammen leisten. Die gesamte Leistungsfähigkeit des Niagara-Falls wird zu 3—5 Millionen PS berechnet.

Die Entwicklung der Wasserkraftanlagen war erst möglich, als man gelernt hatte, Wasserkraft in elektrische Kraft zu verwandeln und diese über Land zu leiten. Dies geschah erstmals 1891 durch die 177 km lange Kraftübertragung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt a. M. Dadurch wurde man unabhängig von der zufälligen, oft weit vom Verkehr entfernten Lage der Wasserkraft und konnte große Landstriche gleichmäßig mit einem Versorgungsnetz für Licht und Kraft überziehen.

Während vor 15 Jahren 300pferdige Turbinen zu den Seltenheiten gehörten, bauen wir heute Turbinen von 3—12 Tausend Pferdestärken ohne jeden Anstand.

Das Vorstehende spricht deutlich genug für die Bedeutung der Wasserkraft. Sie werden in bisher schwach besiedelten Gegenden, z. B. in Norwegen, eine mächtige Industrie emporblühen lassen. Sie ermöglichen kohlenarmen Ländern, wie Italien, der Schweiz, Bayern, Baden den Wettbewerb mit den kohlenbesitzenden Staaten erfolgreich aufzunehmen. Die Ausdehnung des elektrischen Betriebs auf die Hauptbahnen Bayerns und Badens ist dank den Wasserkraften dieser Länder nur eine Frage der Zeit. So wird der

Besitz großer Wasserkräfte einen willkommenen Ausgleich für den Mangel an Kohlen und Erzen bilden und mit der Zeit bedeutende wirtschaftliche Verschiebungen im Gefolge haben. Nicht mit Unrecht hat man schon von dem anbrechenden Zeitalter der Wasserkraftkultur gesprochen und diese Anschauung wird an Richtigkeit gewinnen, wenn erst einmal die Erschöpfung einzelner Kohlenfelder beginnt.

Die Wasserkraft ist nicht die einzige Gabe des schifflos gewordenen Flusses. Mit seinen Flößen trägt er den Reichtum waldiger Gebirge zu Tal und mit seinen Fischen gewährt er Lebensunterhalt und Nahrung. Auch der Flößerei und Fischzucht dient daher eine Reihe wasserbaulicher Arbeiten.

* * *

Die Flußkanalisierung, die meisten Anlagen zur Bewässerung und zur Wasserkraftgewinnung sind undenkbar ohne Wehranlagen. Sie haben den Zweck, natürliche Wasserspiegel zu stauen und die Ausnützung des so gewonnenen Gefälls zu ermöglichen.

Die Anlage fester Wehre geht bis in die ältesten Zeiten zurück. An der Entwicklung der Stauanlagen in den letzten hundert Jahren, welche abgesehen von der Talsperre fast allein dem beweglichen Wehre galt, haben die Franzosen hervorragendsten Anteil genommen. Ihnen verdanken wir das bei Flußkanalisierungen beliebte Nadelwehr und die Entwicklung der Klappenwehre, d. h. umlegbarer nebeneinander liegender Klappen als Staukörper. In neuerer Zeit macht sich das Bestreben geltend, statt der zahlreichen im Betriebe nicht immer bequemen Klappen und Nadeln einfache große Wehrelemente zu bauen, die ein rasches sicheres Öffnen und Verschließen der Flußprofile ermöglichen. Aus diesen Bestrebungen heraus sind die beiden Konstruktionen der Stoneyschen Wehre, großer Schützentafeln von bis zu 20 m Breite mit maschineller Hebung, und der Walzenwehre, d. h. walzenförmiger Wehrkörper aufgekomen, die einen bedeutenden Fortschritt, ja man kann vielleicht sagen eine Umwälzung auf dem Gebiete des Baues beweglicher Wehre bringen werden.

* * *

Nachdem im Vorstehenden die Hauptfragen des Wasserbaus am Ober- und Mittellauf der Ströme mit einiger Ausführlichkeit behandelt wurden, können wir uns für die übrigen Teile des Flußbaus und für den Seebau etwas kürzer fassen.

Im Unterlauf der Ströme handelt es sich hauptsächlich um Erhaltung bzw. Herstellung der Fahrtiefe durch Baggern und Sprengen, Leitwerke und Buhnen, ferner um Befestigung der Ufer und den Schutz der angrenzenden Ländereien, schließlich um Hafen- und Kaibauten und um die Bezeichnung der Fahrstraßen.

In den Mündungsstrecken der Flüsse, soweit der Einfluß von Ebbe und Flut reicht, beginnt der eigentliche Seebau. An den Stellen der Flüsse, an welchen der Wechsel von Ebbe und Flut sich noch stark genug bemerkbar macht, finden wir vielfach große Handelsstädte, gewissermaßen die vorgeschobenen Posten des Meeres: Hamburg, Bremen, London sind Beispiele für diese Erscheinung. An den Unterlauf der Ströme und die Hafenstädte knüpfen sich umfangreiche Anlagen für Erhaltung, Bezeichnung und Beleuchtung der Fahrrinnen. Die eigentlichen Hafenanlagen umfassen den Bau von Molen, Schleusen, Docks, von ausgedehnten Kaianlagen mit Ufermauern, Kranen, Eisenbahnan schlüssen, Straßen, Lagerhäusern, nebst den Einrichtungen für den Personenverkehr.

Die Hafenbecken selbst können offene (Tide-) Häfen sein, in welchen der Wasserstand bei Ebbe und Flut fällt und steigt oder geschlossene (Dock-) Häfen, bei welchen die Hafenbecken für gewöhnlich durch Schleusentore geschlossen bleiben und nur bei mittlerem Hochwasser geöffnet werden. Beispiele für die erste Art sind Hamburg und Bremen, für die letzte Bremerhafen, Antwerpen, London, Liverpool.

An der Meeresküste, speziell bei uns an der Nordsee und auf den vorgelagerten Inseln, spielt der Strand- und Uferschutz die Hauptrolle. Die großen Kosten, welche auf den Schutz der Nordseeinseln aufgewendet werden, kommen dem dahinterliegenden Festland zugute, indem die Inseln den stärksten Angriff der See vom Festland abhalten.

Zwischen dem Festland und den vorgelagerten Inseln liegt das seichte bei Ebbe zum Teil wasserfreie Wattenmeer; aus ihm ragen vereinzelt flache Inseln, „Halligen“ hervor, bei Sturmflut überschwemmt bis auf einzelne Hügel, auf welchen der Mensch seine

Wohnstätten errichtet hat. Uferschutz und Buhnen schützen die Halligen und bewirken auf ihrer dem Wind abgewandten Seite Erleichterung des Schlickfalls und damit allmähliche Gewinnung fruchtbareren Landes, das, wenn es genügende Höhe erreicht hat, durch Eindeichung endgültig vom Meere abgeschnitten wird.

An den Küsten, an welchen die Ufer von Dünenzügen begleitet werden, ist die wichtigste Aufgabe die Festlegung der Dünen, der Dünenbau.

Der von der See herwehende Wind hat die feinen Sande längs des Strandes zu hohen Dünenzungen angehäuft und bleibt bestrebt, sie durch die Wellen wieder ins Meer zu spülen oder weiter ins Land zu tragen. Die Dünen „wandern“ landeinwärts und decken erbarmungslos alles zu, was auf ihrem Wege liegt. Hiegegen bietet Schutz systematische Anpflanzung, welche den Sand an der Fortbewegung hindert und damit die Lage der Düne festhält. Auf der 90 km langen kurischen Nehrung ist diese Arbeit seit Jahren im Gange. Ihre Dünen erreichen 100 m Höhe, waren früher bewaldet und wurden im Siebenjährigen Kriege zum großen Teile abgeholzt. Seither datiert die Verödung der kurischen Nehrung, deren grandiose Einsamkeit überwältigende Eindrücke hinterläßt.

* * *

Nachdem wir nun in schnellem Wandern vom Fels zum Meer das Walten des Wassers in der Natur und die Bemühungen des Menschen kennen gelernt haben, des Wassers Herr zu werden, wenden wir uns den Ansiedelungen der Menschen zu, um hier die wichtigen und großen Bauten zu finden, welche dem Menschen das Wasser als vornehmstes Genuß- und Reinigungsmittel zu allen Zwecken häuslichen, gewerblichen und industriellen Verbrauchs zuführen und das verbrauchte Wasser samt Regen und Schnee sowie den Abgängen von Menschen und Tieren aus den Ortschaften entfernen. Es handelt sich um die beiden Gebiete der städtischen Wasserversorgung und Kanalisation. Ohne sie ist die moderne Städteentwicklung undenkbar. Sie wenden mit in erster Linie die hygienischen Gefahren ab, die im engen Beisammenwohnen Hunderttausender begründet sind.

Die städtische Wasserversorgung ist nicht, wie man wohl denken könnte, eine Errungenschaft der Neuzeit. So besaß Rom ums Jahr 100 n. Chr. zehn verschiedene Wasserleitungen mit zusammen 404 km Leitungslänge; Vitruv spricht schon von Hausleitungen. Ja schon um 800 v. Chr. besaß die transkaukasische Stadt Van Wasserversorgung mittelst eines 70 km langen Zuleitungskanals. Diese 2700 Jahre alte Anlage dient heute noch ihrem ursprünglichen Zweck.

Allein solche Bauten waren mehr oder weniger Ausnahmen, welche reichen, besonders begünstigten Ansiedelungen vorbehalten waren. Kleinere Orte mußten sich mit dem Wasser begnügen, wie es ihnen zunächst erreichbar war.

Der große Fortschritt unserer Zeit liegt darin, daß bei uns das kleinste Dorf dasselbe Vertrauen auf die Güte seines Wassers und die Leistungsfähigkeit seines Wasserwerks haben kann, wie die Millionenstadt.

Dabei ist die Beschaffung guten Wassers nicht leichter, sondern viel schwerer geworden als früher. Die Erkenntnis von dem schädigenden Einfluß der Industrie auf die Reinheit der offenen Gewässer, die Fortschritte der Wasseruntersuchung in physikalischer, chemischer, bakteriologischer und neuerdings auch biologischer Hinsicht haben uns gelehrt, ganz andere Ansprüche an ein Trinkwasser zu stellen als frühere Zeiten, welche Epidemien fatalistisch für Züchtigungen Gottes hielten, die Flagellantenzüge mitmachten und dabei eine grauenhafte Unreinlichkeit bestehen ließen.

Auch in neuerer Zeit sind auf dem Gebiet der Wasserversorgung die Anschauungen Änderungen unterworfen gewesen. Die früher meist verbreitete Flußwasserversorgung tritt in den Hintergrund. Nur wenige Städte besitzen sie noch und auch diese streben in ihrer Mehrzahl mit allen Mitteln nach anderen Bezugsorten. Aber auch die Quellen haben in neuerer Zeit viel von ihrem Nimbus, von dem Glauben der Menschen an ihre absolute Reinheit verboren, so daß wir heute auf dem Punkte angelangt sind, unter sonst gleichen Umständen dem Grundwasser den Vorzug einzuräumen.

Schon in alten Tagen war das Bohren von Brunnen bekannt und in unserer Zeit haben namentlich die Franzosen in Afrika Grosses auf diesem Gebiet geleistet, indem sie von 1856—1896 in der Sahara nicht weniger als 722 Bohrungen mit über 34 000 m

Gesamttiefe ausführten. Aber die planmäßige Ausnutzung der Grundwasserströme für städtische Wasserversorgung stellt doch eine besondere Errungenschaft der letzten vierzig Jahre dar.

Leider weist selbst hygienisch sonst einwandfreies Grundwasser bisweilen Eigenschaften auf, die seine Verwendung erschweren, wenn nicht unmöglich machen.

Während man den Eisengehalt des Grundwassers meist bequem und sicher entfernen kann, ist dies mit dem Gehalt an Chlor und Mangan nicht der Fall. Manche Grundwasserströme in Norddeutschland mußten aus diesem Grunde aufgegeben werden.

Die Entfernung der in der Nähe der See im Grundwasser vorkommenden oft sehr lästigen Huminstoffe dürfte mit der Zeit in befriedigender Weise gelingen. Überhaupt liegen die wichtigsten Probleme der Wasserversorgung zurzeit auf dem Gebiet der Wasserreinigung. Die Schwierigkeiten sind groß, weil fast jedes Wasser eine besondere Behandlung verlangt. Daher die vielfachen Enttäuschungen, welche sich nach dem Bau von Reinigungsanlagen ohne vorhergehende genügend ausgedehnte Versuche eingestellt haben. Leider sind der Grundwassertechnik auch sonst Enttäuschungen nicht erspart geblieben.

Schon frühe im letzten Jahrhundert war in Deutschland, ausgehend namentlich von den Franzosen Dupuit und Darcy, die Theorie der Grundwasserbewegung in eleganter Weise entwickelt worden. Man kann sich aber dem Eindruck nicht entziehen, daß man in der Praxis öfter als zulässig die vereinfachenden Annahmen vergaß, die den aufgestellten Theorien zugrunde lagen, namentlich die Annahme eines auf weite Strecken gleichartig wasserdurchlassenden Untergrunds und seiner lokal und zeitlich gleichbleibenden Ergiebigkeit.

Auch ein anderer Punkt erscheint nicht ganz unbedenklich: der Bau allzugroßer Werke. Man sucht heute die Wasserversorgung einer Stadt möglichst aus einem Werk zu bewirken und setzt damit Alles auf eine Karte. Die in Breslau seit zwei Jahren herrschende Wasserkalamität, bei welcher das eben erst für 60 000 Tageskubikmeter erbaute Grundwasserwerk plötzlich versagte, ist ein warnendes Beispiel. Hätte man in Breslau gleich bei der Eröffnung des Grundwasserwerks das alte Oderwasserwerk abgebrochen, so hätten, als das Grundwasserwerk versagte, die Folgen für die Stadt Breslau unabsehbar werden können. Man sollte

dem Gedanken mehr als bisher nahetreten, gegebenenfalls ohne Bedenken die Wasserversorgung einer Stadt aus mehreren Werken durchzuführen.

Neben dem Grundwasser ist in den letzten Jahren als neuer Konkurrent das Wasser aus künstlichen Seen, Talsperren, aufgetreten. Große, möglichst unbewohnte Gebiete werden abgegrenzt, das von ihnen abfließende Wasser in künstlichen Becken, Talsperren, angesammelt und meist nach vorheriger Filtrierung den Städten zugeführt. Die Erfahrungen mit solchem Wasser sind bei richtiger Anlage und vorsichtigem Betrieb durchaus günstige.

Auch die Talsperren sind aus alten Zeiten her bekannt: Indien, Afrika und Spanien besitzen bedeutende Werke. In neuester Zeit sind besonders in Deutschland und den Vereinigten Staaten gewaltige Bauten dieser Art entstanden, für Wasserversorgung und Wasserkraftanlagen, zum Zweck künstlicher Bewässerung, zur Zurückhaltung von Hochwassern und zur Erhöhung der Niederwasserstände der schiffbaren Ströme. Oft werden mehrere dieser Zwecke gleichzeitig erreicht.

Das Vorstehende gab in kurzen Zügen die Fragen, welche heutzutage bei der Wasserbeschaffung eine Rolle spielen. Auf die Maschinen zur Förderung des Wassers, auf die Reinigungsanlagen, die Behälter zur Aufspeicherung, die Mittel zur Verteilung des Wassers einzugehen, würde zu weit führen. Grundsatz bleibt stets die Lieferung eines qualitativ und quantitativ einwandfreien Wassers, wozu der Ingenieur bei Bau und Betrieb aus der Hygiene die leitenden Gesichtspunkte entnimmt, um sie auf Grund seiner Fachkenntnisse im speziellen Fall in die Praxis umzusetzen.

Es herrscht meiner Ansicht nach über die Abgrenzung der Kompetenzen des sogenannten Hygienikers und des Ingenieurs gegenwärtig noch nicht die wünschenswerte Klarheit. Daß beide zusammenarbeiten sollen, ist wohl selbstverständlich, aber es scheint, als ob der Ingenieur weniger zu lernen hätte, um die Lehren der Hygiene anwenden zu können, als der Mediziner oder Bakteriologe, um in technischen Fragen mitsprechen zu können.

Wenn aber von hygienischer Seite in einzelnen Fällen, etwas nach dem Muster der geistlichen Schulaufsicht, mehr als berechtigt in technische Fragen eingegriffen wird, so ist hieran der Ingenieur zum Teil selbst schuld. Es muß unbedingt gefordert werden, daß der Wasserversorgungs- und Kanalisationsingenieur die hygienischen

Forderungen auf seinem Gebiet nach ihrer Berechtigung zu beurteilen und sie mit Bewußtsein in die Praxis umzusetzen verstehe. Auf diesem Gebiet ist also eine Änderung gegenüber dem jetzigen Zustand erwünscht. Denn die Hygiene ist nicht ein Reservatgebiet der Medizin oder Bakteriologie, sondern ein Grenzgebiet zwischen diesen beiden Wissenszweigen, sowie der Chemie, der Physik und der bauenden Technik.

* * *

Der tägliche Wasserverbrauch in deutschen Ortschaften beträgt zwischen 40 und 100 l, auf den Kopf der Bevölkerung gerechnet.

Nehmen wir an, was bei dem heutigen Stand der Wasserversorgung kaum zu hoch gegriffen sein wird, im Deutschen Reich komme pro Tag auf jeden Einwohner ein Wasserverbrauch von durchschnittlich 35 l, so gibt dies bei 60 Millionen Einwohnern eine tägliche Menge von rund 2 Millionen Kubikmeter.

Diese Zahl, die in Zehntausende von Einzelmengen zerfällt, kann uns einen Begriff geben von der Bedeutung der Städtekanalisation.

Ihre Aufgabe besteht darin, alles verbrauchte Wasser aus *Häusern und gewerblichen Anlagen, dazu Regen- und Schneewasser* und die Dejekte von Menschen und Tieren, kurz alle aus dem Zusammenleben der Menschen sich ergebenden mehr oder weniger flüssigen Abfallprodukte auf dem kürzesten und dabei sichersten Weg aus den Wohnorten zu entfernen. Findet diese Abführung der Stoffe in gemeinsamer Leitung statt, so spricht man von Mischkanalisation, sonst von Trennkanalisation.

Längere Zeit bildete die Frage, welches von beiden Systemen den Vorrang verdiene, den Gegenstand heftigen Prinzipienstreits; hier Trennsystem, hier Mischsystem schallte es aus beiden Lagern. Heute ist es davon still geworden, man kennt die Vor- und Nachteile beider Systeme und wendet sie nach Maßgabe der jeweiligen besonderen technischen und hygienischen Verhältnisse an.

Auch die Städtekanalisation ist eine alte Kunst. Vereinzelt, zum Teil großartige Anlagen gehen bis in die ältesten Zeiten der Geschichte zurück. Das kaiserliche Rom kannte einen Luxus auf

diesem Gebiete, wie ihn teilweise erst die letzten Jahrzehnte uns wieder gebracht haben. Aus dem Mittelalter ist von Fortschritten nichts zu berichten.

Was wir heute unter Städtekanalisation oder umfassender unter Städtereinigung verstehen, hat im großen ganzen in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts seinen Ausgang von England genommen.

Es war auch hier wie sonst im Leben der Menschen und Völker die Not, welche zu energischem Auftreten zwang: diesmal die Cholera vom Jahr 1831. Sie veranlasste die englische Regierung zu einer Enquete über die hygienischen Verhältnisse englischer Städte. Das Resultat war niederschmetternd. Gesetzgeberische Maßnahmen waren die Folge. Später kamen englische Ingenieure auf das Festland herüber und verpflanzten zu uns die Errungenschaften ihrer Heimat.

Wenn wir auch heute in Deutschland auf eigenen Füßen stehen, so ist namentlich auf dem Gebiete *sanitärer Hausanlagen* (Bäder und Klosets) bei uns erst der Anfang gemacht. Wirklich moderne Einrichtungen sind heute noch auf die größeren Städte und die sehr wohlhabenden Kreise beschränkt. Während für den Engländer schon längst das schlichte, sachliche Äußere seines Wohnhauses Grundsatz ist, und er dafür im Innern sein Heim mit aller Liebe ausstattet, haben wir erst in den letzten Jahren eingesehen, auf welche Abwege wir im Wohnhausbau gelangt waren und wie hohl die stolzen Fassaden erscheinen, wenn man an die Einrichtung der Wohnungen dahinter denkt. Auch heute noch machen die Badezimmer, auch der besseren der auf Spekulation gebauten Häuser, meist den Eindruck, als seien sie nur eingerichtet, damit sie in der Aufzählung der Räume nicht fehlen und als seien die Badezimmer nicht der Ort, in dem die Körperpflege zu einer Volksgewohnheit, zu einem Genuß, zu einer Freude werden soll für jung und alt. Daß aber auch die sittlich unfreien Anschauungen weiter Kreise hier von schädlichem Einfluß sind, ist bekannt genug.

Wohin aber nun mit dem Abwasser unserer Städte? Der natürliche Weg führt nach den Wasserläufen, nach unseren Bächen, Flüssen und Strömen; nur ganz vereinzelt kommen Binnenseen und das Meer in Betracht. In diese Bäche, Flüsse und Ströme leitete man denn auch von alters her die Abwässer der Städte

und insbesondere auch der Industrie. Die Folge war eine mit der Zeit derartig zunehmende Verschmutzung mancher dieser Flüsse, daß für die Anwohner nicht nur der Genuß des Flußwassers, sondern sogar sein Gebrauch zum Waschen usw. ekelregend und gefährlich wurde, ja daß in manchen derselben das tierische Leben ganz erstarb. Diese Notlage war es, welche die Entwicklung der vielerlei Klärverfahren beförderte, die wir heute besitzen.

Auch hier versuchte man eine Zeitlang zu schablonisieren und je nach dem Standpunkt das eine oder andere Verfahren als das alleinseligmachende anzupreisen oder gar vorzuschreiben.

Wenn wir auch heute noch mitten in der Entwicklung stehen, so ist wenigstens so viel erreicht, daß man für die Wahl des Klärverfahrens prinzipiell die besonderen örtlichen Verhältnisse maßgebend sein läßt und die Entscheidung auf Grund technischer, hygienischer und finanzieller Gesichtspunkte fällt.

Die wichtigsten Klärverfahren sind heutzutage das mechanische Verfahren, die biologische Reinigung und die Anlage von Rieselfeldern.

Beim mechanischen Verfahren fallen die Schmutzteile bei langsamem Durchfluß des Wassers durch Absatzbecken zu Boden. Rechenanlagen dienen zur Vorreinigung. Das Wasser kann dabei 60—75% seiner schwebenden Schmutzstoffe abgeben. Die größten Anlagen besitzen in Deutschland Frankfurt a. M. und Hamburg.

Beim sogenannten biologischen Verfahren vereinigen sich physikalische, chemische und biologische Prozesse zur Reinigung des Wassers. Die Wirkung kann noch über diejenige des mechanischen Verfahrens gesteigert werden. Die größte biologische Anlage der Welt ist vor einigen Jahren für Wilmersdorf bei Berlin gebaut worden. Sie wird nach vollständigem Ausbau das Wasser von 600 000 Menschen zu reinigen vermögen.

Rieselfelder besitzen Berlin, Charlottenburg, Breslau, Danzig, Freiburg i. B. und eine Reihe anderer Städte. Dem Vorteil der nicht ungünstigen landwirtschaftlichen Ausnützung der Abwässer steht der enorme Verbrauch an Gelände in — wegen der teuren Druckrohrleitungen — möglichster Nähe der Städte entgegen. Dieser Punkt wird vielleicht nicht immer genügend berücksichtigt; bei allmählicher Ausdehnung der Städte nach der Seite der Rieselfelder kann der Nachteil ihres nicht immer geruchlosen Betriebs und die Unmöglichkeit, solche Flächen in den Stadtbauplan einzubeziehen, unangenehm werden.

Als weitere Klärverfahren kommen in Betracht die mechanisch-chemischen und die rein chemischen, letztere hauptsächlich für kleinere industrielle Anlagen. Beide Verfahren leiden in den meisten Fällen unter der schwer löslichen Frage der Schlammabfuhrung.

* * *

Die vorausgegangene Schilderung des gesamten Wasserbaus wird genügen, um zu zeigen, daß dieses Feld ausgedehnt ist wie wenige und besonders häufig und einschneidend in die wirtschaftlichen und rechtlichen Verhältnisse aller Bevölkerungsklassen eingreift, vom einzelnen Bürger bis zur Gesamtheit ganzer Völker.

Es ist deshalb nicht zu verwundern, daß von jeher das Recht in bezug auf das Wasser, auf die Quelle, den Bach, die Wasserkraft, kurz all die zahllosen alten und neuen Gerechtsame, welche sich an das Wasser knüpfen, eine große Rolle spielten und zähe festgehalten und verteidigt wurden.

Darum gehören auch die Streitfragen auf diesem Gebiet zu den zahlreichsten im gewerblichen Leben. Ihre Lösung ist oft besonders schwierig, zumal schon kleine unscheinbar aussehende Änderungen an wasserbaulichen Anlagen schwerwiegende Folgen für die Mitbeteiligten haben können und die Natur des Wassers sowie unsere Kenntnis von seinem Verhalten die Voraussicht und Beurteilung dieser Folgen sehr erschweren können.

Die großen Werte, um welche es sich bei solchen Streitfällen oftmals handelt, sowie die schwerwiegenden Folgen der Entscheidung, machen diese Entscheidung in rechtlicher Beziehung besonders wichtig und verantwortungsvoll.

Die zunehmende Bedeutung, welche die wasserrechtlichen Fragen erlangten, haben in den meisten Kulturländern Wassergesetze oder wenigstens Entwürfe zu solchen gezeitigt. Veraltete wasserbauliche Einrichtungen, unvollständige, unklare oder dem neuen Rechtszustand widersprechende Fixierungen alter Rechte sind aber noch immer vorhanden und werden noch auf lange Zeit hinaus die Ursachen stets neuer Schwierigkeiten für die rechtliche Entscheidung bilden.

Andererseits verlangt bei wasserrechtlichen Fragen die technische Entscheidung, welche die Grundlage für die rechtliche bilden muß,

oft außerordentlich umständliche wissenschaftliche Erwägungen, die wesentlich erschwert, manchmal sogar unmöglich gemacht werden durch die Art der Anlagen und — durch den heutigen Stand der sogenannten praktischen Hydraulik, der Lehre vom Verhalten des ruhenden und bewegten Wassers unter den Verhältnissen der Praxis.

Wenn wir den Weg überdenken, welchen wir durch die Gebiete des Wasserbaus gegangen sind, so wird vielleicht manchem der Gedanke kommen, bei einem Feld von solcher Ausdehnung und Wichtigkeit müßten die wissenschaftlich-praktischen Grundlagen ganz besonders eingehend und einwandfrei festgestellt sein.

So ziemlich das Gegenteil ist der Fall. Wenn Dupuit sagt: „Die Formeln sind nur Werkzeuge, welche der Verstand handhaben muß, welche ihn aber niemals ersetzen können“, so gilt dieses Wort von keinem Zweig der Technik so sehr, als eben von dem Wasserbau. Es gibt wohl kein Feld der Technik, auf welchem man den Formeln mit solcher Vorsicht, mit so viel Kritik entgegentreten müßte, wie im Wasserbau. Von sämtlichen hydraulischen Problemen, welche im Wasserbau auftreten, ist heute noch — man muß es offen aussprechen — kaum ein einziges auf wissenschaftlich strengem Wege zu lösen. Wir vermögen wohl Formeln für bestimmte Erscheinungen und Vorgänge aufzustellen, aber nie ohne mehr oder weniger unsichere Annahmen und ohne die Notwendigkeit, Koeffizienten einzuführen, die nur auf dem Wege des Versuchs ermittelt werden können. Nun wird man einwenden: auch andere Teile der Technik, die ganze Festigkeitslehre z. B., müssen mit Koeffizienten arbeiten. Allein die Verhältnisse sind beim Wasserbau doch andere. Beim Eisen, beim Stein, beim Holz können wir durch Kontrollversuche jederzeit und meist auf einfache Weise feststellen, welche besonderen Eigenschaften ein gerade vorliegendes Material besitzt. Das Wasser dagegen, dieser leichtbewegliche Stoff, reagiert auf die kleinsten, unscheinbarsten Einwirkungen oft im stärksten nicht vorherzusehenden Maße. Trotz vieler schöner Arbeiten ist darum das Versuchs- und Beobachtungsmaterial auf den mit dem Wasserbau zusammenhängenden Gebieten noch recht lückenhaft, zumal manche Disziplinen, z. B. die Meteorologie, den Stoff nicht von Anfang ab in der für die Technik unmittelbar verwendbaren Weise bearbeitet haben. Diesem Sachverhalt ist es zuzuschreiben, daß heute nur zu oft dem Dupuitschen Grundsatz entgegen verfahren wird, daß man, statt die Formeln

mit Vorsicht zu benützen, sich freut und sich gedeckt fühlt, wenn man sich in den Schutz einer Formel begeben kann, ohne die Frage zu erheben, ob und wie weit diese Formel in einem bestimmten Fall gültig ist.

Beispiele hierfür lassen sich in Menge beibringen, man denke z. B. an den berüchtigten Verzögerungskoeffizienten in der Stadtekanalisation, an die oft unmöglichen Annahmen über Regenstärke, Regenhäufigkeit und Versickerung in Stadtgebieten¹.

Auch auf anderen Gebieten des Wasserbaus finden wir unsichere Punkte genug. Wie wenig wissen wir von den tatsächlichen Reibungsverhältnissen in einem Flußbett, von den Beziehungen zwischen Profilform und Reibung, von der genauen Beschaffenheit der Grundwasserträger, von dem Vorkommen und der Ausbreitung von Wasseradern usw. usw.

Wie mag es früher ehrlichen umsichtigen Flußbauingenieuren zu Mut gewesen sein, wenn sie für einen Fluß ein „Normalprofil“ entwerfen oder gar ausbauen sollten.

Einige Beispiele werden zur weiteren Klarheit beitragen.

Betrachten wir die Beziehung, welche in einem beliebigen regelmäßigen Gerinne zwischen der mittleren Geschwindigkeit (V_m) der gesamten Wassermasse und der Oberflächengeschwindigkeit (V_o) des Wassers herrscht. Hierfür gibt das Handbuch der Ingenieurwissenschaften eine Reihe von Formeln, welche, für einen bestimmten Fall eines rechteckigen Kanals von 4,35 m Breite und 0,67 m Wassertiefe ausgewertet, nachstehend zusammengestellt sind.

Man erhält

nach Hagen	$V_m = 0,857 V_o$
nach einer zweiten Formel . . .	$V_m = 0,915 V_o$
nach Prony	$V_m = 0,879 V_o$
nach Baumgarten	$V_m = 0,703 V_o$
nach Lahmeyer	$V_m = 0,865 V_o$
nach einer sechsten Formel . . .	$V_m = 0,520 V_o$

Sieht man auch von der letzten Formel ab, so ist zwischen dem kleinsten und dem größten Wert doch noch ein Unterschied von 30 % vorhanden.

¹ Vergl. R. Weyrauch, Unterlagen zur Dimensionierung städtischer Kanalnetze. Stuttgart und Berlin, Fr. Grub, Verlag. 1904.

Ein weiterer Fall: Mittels besonderer Überfallwehre kann man Wassermengenmessungen ausführen. Für solche Überfallmeßwehre gilt die Gleichung:

$$Q = \mu \cdot b \cdot h \sqrt{2gh}$$

worin Q die Wassermenge, b die Breite des Überfalls, h die Höhe des überfallenden Wassers, $g = 9,81$ die Beschleunigung durch die Schwere (alle Größen in cbm, m und Sekunden ausgedrückt) bedeuten. Die Größe μ ist ein durch Versuche zu bestimmender veränderlicher Koeffizient und es könnte scheinen, als ob die ganze Aufgabe der Wassermengenmessung sehr leicht zu lösen sei, da es nur noch auf die Bestimmung von μ ankomme. Allein trotz der Arbeiten von Poncelet, Lesbros, Castel, Weißbach, Bornemann und anderen, welche eine staunenswerte Fülle von Versuchen anstellten (Lesbros allein über 2000), ist das erstrebenswerte Ziel heute noch nicht im vollen Umfang erreicht.

Unsere unvollkommenen Kenntnisse von der Natur der Flüssigkeiten zwingen uns sogar in manchen Fällen zunächst rein empirische — man möchte sagen banausische — Formeln aufzustellen und dann auf dem Weg des Experiments zu versuchen, die nötigen Korrektionskoeffizienten zu finden.

Dies ist z. B. der Fall bei der bekannten allgemeinsten Formel für die Geschwindigkeit des Wassers in einem Gerinne oder einem Rohr:

$$v = k \sqrt{\frac{F}{p}} \cdot \alpha,$$

wo F der Wasserquerschnitt, p den vom Wasser benetzten Umfang des Gerinnes, α das Gefälle des Wasserspiegels, k einen Koeffizienten und v die Geschwindigkeit des Wassers bedeuten.

Zur Ableitung dieser Formel müssen eine Reihe mehr oder weniger willkürlicher Annahmen gemacht werden, schließlich ist noch das sehr stark veränderliche k durch Versuche zu bestimmen. Da kann es nicht wundernehmen, daß es oft schwer fällt, für k im einzelnen Fall den richtigen Wert zu wählen.

Welche Folgen dies haben kann, mag das Beispiel einer in den 90er Jahren im Staat New York verlegten Rohrleitung zeigen. Sie war 34 Kilometer lang und hatte 1200 Millimeter Durchmesser. Sie sollte liefern 190 000 Tageskubikmeter, lieferte aber, in Betrieb genommen, nur 132 000, also um 30% zu wenig.

Der Grund war eine unrichtige Annahme des Koeffizienten k in der oben angeführten Formel und die Mehrkosten, welche durch Verlegung noch eines zweiten Rohrs entstehen mußten, mögen etwa 2 Millionen Mark betragen haben.

Die Beispiele ließen sich wohl vermehren. Alle zeigen mit voller Deutlichkeit, wie vorsichtig der Wasserbauingenieur in seinen Annahmen sein muß.

Speziell bei rechtlichen Streitfällen ist es dem Sachverständigen oft ganz unmöglich, so genaue Angaben, wie sie in Prozessen verlangt werden können, über Wassermengengeschwindigkeiten, Wasserkräfte usw. zu machen.

Aber auch für den projektierenden Ingenieur sind die Schwierigkeiten ganz erhebliche. Er soll mit einem Minimum von Kosten auskommen, dabei aber die volle Verantwortung für seine Maßnahmen tragen. So ist es nicht zu verwundern, wenn immer wieder versucht wird, die gemachten Annahmen mit einem wissenschaftlichen Mäntelchen zu umhüllen, um ihnen mehr Gewicht zu geben, auch wenn ganz andere als wissenschaftlich-technische Gründe sie bedingt haben, z. B. finanzielle Gesichtspunkte und die Wünsche der Auftraggeber, denen in manchen Fällen nur zu viel Einfluß eingeräumt wird.

Aus all dem Angeführten geht jedenfalls das eine mit genügender Deutlichkeit hervor, daß es sehr dringend geboten ist, den Anspruch fallen zu lassen, als ob unsere technischen Formeln und Gesetze streng wissenschaftlich wären. Dieser Anspruch wird immer wieder erhoben und stiftet besonders bei Ingenieuren, denen die nötige Kritik fehlt, alles mögliche Unheil an.

Es kann nicht oft und dringend genug darauf hingewiesen werden, daß unsere meisten Formeln, besonders im Wasserbau, zurzeit

weder wissenschaftlich vollkommen einwandfrei, noch durch Versuche in bezug auf ihren Geltungsbereich nach allen Richtungen genügend untersucht sind.

* * *

Es ist eine, bei allen technischen Wissenschaften, sich wiederholende Erfahrung: sie sind gewissermaßen tastend ausgegangen von der Empirie; die Steigerung der Aufgaben nach Umfang und Schwierigkeiten entwickelte die Theorie, welche einen glänzenden, oft den Bedürfnissen der Praxis vorausseilenden Aufschwung nahm, bis im Lauf der Zeit, namentlich durch die Fragen nach dem Verhalten und den Eigenschaften des Materials, zwar nicht die frühere Empirie, wohl aber der auf wissenschaftlichen Grundsätzen planvoll angelegte und durchgeführte Versuch in voller Gleichberechtigung mit der Theorie sich entwickelte. Die neuesten Erfolge verdanken wir dieser gegenseitigen Unterstützung von Theorie und Versuch.

Vollendet sehen wir diese Entwicklung auf dem ganzen Gebiete der Festigkeitslehre. Das Vorhandensein großer Ingenieurlaboratorien und Materialprüfungsanstalten gilt an jeder technischen Hochschule als eine selbstverständliche Forderung. Demgegenüber steht leider der Wasserbau heute noch weit zurück. Nur wenige Versuchsanstalten existieren zurzeit in Karlsruhe, Charlottenburg, Dresden, Danzig. Dabei sind solche Anstalten weit billiger in Bau und Betrieb, als Ingenieurlaboratorien. Um 70—80 000 Mark kann ein Wasserbaulaboratorium bequem erbaut und eingerichtet werden.

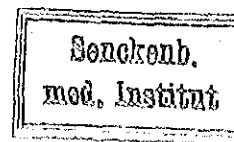
Diese Rückständigkeit rührt zum Teil daher, daß früher der Wasserbau als Anhängsel zum Straßen- und Eisenbahn- oder Brückenbau behandelt und gelehrt wurde. Dies aber kam daher, daß man sich, wie wir sahen, die ganzen wasserbaulichen Fragen ursprünglich zu leicht vorstellte. Man hat erst allmählich eingesehen, daß zu erfolgreicher Betätigung im Wasserbau kritische Schulung, umfassende Beobachtungen und Erfahrungen notwendig sind. Zu solchem intimen Studium, zum Erwerb einer lebendigen, inneren Anschauung vom Wesen und Verhalten des Wassers, welche besonders wichtig aber noch nicht sehr verbreitet sind, ferner zur Anstellung der dringend notwendigen vielen wissenschaftlichen und technischen Versuche, dienen die Wasserbaulaboratorien. Man wird sich in fünfzig Jahren nicht mehr vorstellen können, wie man so lange ohne sie auskommen konnte.

Auch die immer intensiver werdende Verwendung des Wassers zu allen möglichen Zwecken, sein damit steigender Wert und dessen unmittelbare Folge: die Zuspitzung der Rechtsverhältnisse am Wasser,

werden zu weiterem Ausbau der Messungs- und Beobachtungsmethoden drängen. Dieser kann aber nur erfolgen durch lange dauernde, wissenschaftlich durchgeführte Versuchsreihen.

Es sind also sowohl rein wissenschaftliche, als technische und wirtschaftlich rechtliche Gründe, welche mit aller Macht darauf drängen, daß dem Versuch auf dem Gebiet der Hydraulik und des Wasserbaus erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werde.

Hierzu kommen noch Gründe der wissenschaftlichen Ausbildung. Es ist meine Überzeugung, daß nicht nur durch Vorträge, technische und zeichnerische Übungen, durch Skizzen, Photographien, Modelle und Exkursionen der Unterricht im Wasserbau zu fördern ist, sondern daß man auch den Weg der experimentellen Demonstration und des Versuchs weit mehr als bisher einschlagen muß. Ich kann mich an dieser Stelle hierüber nicht weiter auslassen, aber ich bin überzeugt, daß auf diese Weise der junge Ingenieur eine lebendigere Vorstellung vom Wesen und den Eigenschaften des Wassers mit in die Praxis hinausnehmen wird, als es heute bei der noch ungenügend geförderten Anschauung auf diesem Gebiete möglich ist.



Literatur.

Die hier aufgeführten Bücher sind nach dem Gesichtspunkt ausgewählt, daß sie, trotz ihres Charakters als Fachschriften, sich am ehesten für etwaige eingehendere Orientierung gebildeter Laien eignen.

Möller, Grundriß des Wasserbaus, Leipzig 1906, 2 Bände, geb. Mk. 7.50 und 12.50, behandelt in Band II Fluß- und Kanalbau, Wehr- und Schleusenbau, Hafen- und Seebau. Eine große Anzahl guter Lichtdruckabbildungen erleichtert das Verständnis.

Friedrich, Kulturtechnischer Wasserbau, Berlin 1907 und 1908, 2 Bände, geb. Mk. 36.—, behandelt Kulturtechnik, Wasserversorgung und Kanalisation.

Reich, Meliorationswesen, Leipzig 1905, geb. Mk. 5.—, unterrichtet kürzer über Kulturtechnik.

Dubislav, Wildbachverbauung und Regulierung von Gebirgsflüssen, Berlin 1902, geb. Mk. 40.—, gibt eine durch viele gute Lichtdrucktafeln unterstützte Beschreibung der einschlägigen Arbeiten in den Alpenländern.

Metzger, Städteentwässerung und Abwasserreinigung, Berlin 1907, geb. Mk. 8.—, ist ein Hand- und Hilfsbuch für technische Gemeinde- und Verwaltungsbeamte.

Mattern, Die Ausnutzung der Wasserkräfte, Leipzig 1906, geb. Mk. 8.—, behandelt das Gebiet der Wasserkraftanlagen mit spezieller Rücksichtnahme auf wirtschaftliche Fragen.

Die Zeitschrift für die gesamte Wasserwirtschaft, herausgegeben von Dr. Adam, unterrichtet speziell über wasserrechtliche und wasserwirtschaftliche Fragen.

