

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

15533

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301500

Das Kaiserthum  
von  
Deutsche Wasserkunst

x  
1786



Der Thalsperrenbau

und die

Deutsche Wasserwirtschaft.

**Der Thalsperrenbau**  
und die  
**Deutsche Wasserwirtschaft.**

---

*F. Nr. 24510*

*1875*



*44.*  
*46.*



# Der Thalsperrenbau und die Deutsche Wasserwirthschaft.

Eine technische und wirthschaftliche Studie  
über die Frage der Niedrigwasservermehrung der Ströme aus  
gemeinsamen Sammelbecken

für Hochwasserschutz, Kraftgewinnung, landwirthschaftliche  
Bewässerung und Schiffahrtzwecke

VON

**E. MATTERN,**  
Regierungsbaumeister.



**BERLIN 1902.**  
POLYTECHNISCHE BUCHHANDLUNG

**A. Seydel**

No. 9 Mohrenstrasse No. 9.

Der Thalsperrenbau

und die

Deutsche Wasserwirtschaft

Ein technisches und wirtschaftliches Problem

über die Lage der Hochwasserversicherung der Schweiz aus

gemeinsamen Zusammenhänge

für Hochwasserschutz, Kraftgewinnung, landwirtschaftliche

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

III 15533

E. MATTERN

K. G. G. G. G.



BRUNNEN 1903

POLYTECHNISCHE BUCHHANDLUNG

A. S. S. S.

Akc. Nr. 2212/49

## Vorwort.

---

Angeregt durch Beobachtungen und Erfahrungen an mehreren deutschen Strömen in ihrem mittleren und unteren Laufe und im Mündungsgebiet, sowie durch die bei der Bauausführung und dem Verfolg des Betriebes von Thalsperren im Quellgebiet gewonnenen Anschauungen über Natur und Wesen der Wasserläufe und wasserwirtschaftliche Verhältnisse, hat es der Verfasser unternommen, einen Beitrag zu liefern zu der Frage des weiteren Ausbaues unserer schiffbaren Ströme durch Thalsperren.

Der Thalsperrenbau ist in seiner modernen Form in Deutschland noch jung; aber nach den günstigen Ergebnissen, die der Betrieb der vorhandenen Anlagen gezeitigt hat, und bei dem vollen Vertrauen, welches man heute der durch die Fortschritte und die Solidität der Ingenieurtechnik gewährleisteten Sicherheit und Dauerhaftigkeit der Sperrmauern entgegenbringt, gewinnt der Thalsperrenbau ein allgemeines Interesse und es scheint, dass er durch seine vielseitige Nutzbarkeit berufen ist, eine weitgehende Umgestaltung unserer Wasserwirtschaft herbeizuführen und einen bedeutenden Einfluss auf das Wirtschaftsleben auszuüben.

Es ist das Verdienst des Herrn Geheimen Regierungsrath, Professor Intze in Aachen, diesen Gedanken in Deutschland eingeführt und der praktischen Ausführung der Thalsperren die Wege geebnet zu haben. Seinen Schriften und persönlichen Aeusserungen verdanke ich nach dieser Richtung hin vielerlei Aufklärung und Anregung.

Eine lebhafte Thätigkeit entwickelt sich gegenwärtig auf diesem Gebiet der Wasserbautechnik, und der schaffende Ingenieur findet hier ein weites und interessantes Arbeitsfeld. Aber noch viele Fragen sind dabei zu lösen. Die Theorie und Konstruktion der Sperrmauern, der zweckmässigste Baubetrieb, der höhere Sorgfalt als bei anderen Bauwerken erfordert, das Verhalten der fertigen Mauern im Betriebe u. a. m. stehen heute endgültig ebensowenig fest, wie die allgemein technische, hydrologische und wirtschaftliche Seite des Gegenstandes geklärt ist. Hinsichtlich des Wasserwirtschaftsbetriebes der Sammelbecken stehen wir im Anfange der Erfahrungen.

Darum durfte die Ansicht obwalten, dass auch ein bescheidener Beitrag, wie ihn die vorliegende Arbeit bietet, von Nutzen sein könnte, und die Schrift würde ihren Zweck erfüllt haben, wenn sie einen kleinen Schritt vorwärts bedeutet auf dem Wege der Erkenntniss.

Solingen, im März 1902.

Der Verfasser.

VOTWOT

Das ist die Ansicht, die ich in dieser Arbeit zu vertreten habe. Ich habe versucht, die verschiedenen Seiten der Sache zu beleuchten, und hoffe, dass meine Darstellung nicht ohne Interesse sein wird. Die Wissenschaft ist ein unendliches Feld, und es ist immer noch viel zu entdecken. Ich habe mich bemüht, die Grundlagen der Sache zu erklären, und hoffe, dass dies für den Leser von Nutzen sein wird. Die Arbeit ist ein Versuch, die verschiedenen Seiten der Sache zu beleuchten, und hoffe, dass meine Darstellung nicht ohne Interesse sein wird. Die Wissenschaft ist ein unendliches Feld, und es ist immer noch viel zu entdecken. Ich habe mich bemüht, die Grundlagen der Sache zu erklären, und hoffe, dass dies für den Leser von Nutzen sein wird.

# Inhaltsangabe.

---

	Seite
Vorwort . . . . .	V
I. Geschichtliche Entwicklung des Thalsperrenbaues und seine Verwendungsarten . . . . .	1
A. Der Thalsperrenbau im Dienste der landwirthschaftlichen Bewässerung, Trinkwasserversorgung, Kraftgewinnung und des Hochwasserschutzes . . . . .	1
B. Der Thalsperrenbau im Dienste der Strombautechnik für Schiffahrtzwecke . . . . .	4
II. Die Frage der Niedrigwasservermehrung der Ströme aus Sammelbecken . . . . .	19
A. Thalsperren für Schiffahrtzwecke allein . . . . .	19
a. Der Wasserbedarf und Gesamtstauinhalt . . . . .	19
b. Die Kosten und der Nutzen . . . . .	25
B. Thalsperren für die gemeinsamen Zwecke des Hochwasserschutzes, der Industrie, der Landwirtschaft und der Schiffahrt . . . . .	27
a. Die Gemeinsamkeit der Interessen . . . . .	27
b. Die Gesamtgrösse des Stauraumes und seine Beschaffung . . . . .	34
c. Die Kosten . . . . .	40
d. Der Ertrag und volkwirthschaftliche Nutzen . . . . .	42
e. Die Verwerthbarkeit des aufgestauten Wassers . . . . .	49
f. Die Finanzierung . . . . .	74
g. Politische Verhältnisse, Verwaltung und Gesetzgebung . . . . .	81
C. Thalsperren für Trinkwassergewinnung . . . . .	85
a. Ihr Einfluss auf die Niedrigwasservermehrung der Ströme . . . . .	85
b. Die Thalsperren als Quelle der Trinkwasserversorgung . . . . .	89
D. Der Einfluss der bisherigen Thalsperrenausführungen in Deutschland auf die Niedrigwasservermehrung der Ströme . . . . .	94
III. Schlussbetrachtung . . . . .	97

---



# I. Geschichtliche Entwicklung des Thalsperrenbaues und seine Verwendungsarten.

## A. Der Thalsperrenbau im Dienste der landwirthschaftlichen Bewässerung, der Trinkwasserversorgung, Kraftgewinnung und des Hochwasserschutzes.

Der Gedanke, durch Aufstauung und Zurückhaltung des übergrossen Wasserreichthums der Gebirge in nasser Jahreszeit für den Wasserbedarf in trockner Zeit zu sorgen, ist uralte. Die hierauf gerichteten Maassnahmen waren meist eine unbedingte Nothwendigkeit; die Wasserfrage war eine Existenzfrage, besonders in der heissen Zone. Die Aufsammlung geschah hier vorwiegend für landwirthschaftliche Bewässerung und Trinkwasserversorgung. Es genüge auf die alten Stauwerke in China, Indien, Aegypten und anderen Ländern hinzuweisen.

Die Geschichte des Thalsperrenbaues in Europa reicht bis an das Mittelalter heran. Das südlich gelegene und gebirgige Spanien lernte zuerst den Werth solcher Anlagen schätzen. Aber auch in Deutschland fand dieser Gegenstand frühzeitig Beachtung wie die Teichanlagen im Harz zeigen, deren Entstehungszeit bis in das sechzehnte Jahrhundert nachweisbar ist. Spanien hatte gemauerte Sperren, Deutschland Erddämme; jene dienten dem Zwecke der Bewässerung, diese für die Gewinnung von Wasserkraft.

In neuerer Zeit ist es in erster Linie Frankreich gewesen, wo der Bau gemauerter Thalsperren Pflege und Ausbildung gefunden hat. Die französischen Bauwerke wurden vorbildlich; sie waren die ersten, deren Querschnittsbestimmung auf genauer theoretischer Grundlage erfolgte. Sie stauen das Wasser für die Speisung von Schiffahrtskanälen, für die Wasserversorgung von Städten und Bewässerung von Ländereien. Die anderen Länder Europas folgten nach — Deutschland, England, Belgien, Italien und Spanien, in welchem letzterem der Bewässerungsfrage gegenwärtig erneute Aufmerksamkeit zugewendet wird. Von neueren Sammelbeckenanlagen ausserhalb Europas sind zu nennen solche in Algier, Indien, Australien und Amerika; meistens zum Zwecke der Wasserversorgung und Bewässerung; doch auch zur Kraftgewinnung. Am Nil hat man ebenfalls bedeutende Stauwerke für Beriëselung errichtet, nachdem die alten Bau-

werke verfallen wären. Eine gemauerte Sperre, welche mehr als 1000 Millionen cbm Wasser aufstauen soll, ist bei Assuan in der Ausführung begriffen.

Die in den letzten Jahrzehnten in Deutschland erbauten Thalsperren dienen zur Aufspeicherung von Wasser für Kraftzwecke, für landwirthschaftliche Bewässerung und für die Wasserversorgung von Städten und Gemeinden. Daneben hat auch der Hochwasserschutz — die Zurückhaltung der schadenbringenden Hochwassermengen in den Staubecken — Berücksichtigung gefunden, und aus gesundheitlichen und ästhetischen Rücksichten das Verlangen mitgesprochen, das Niedrigwasser der kleineren Flüsse zu vermehren, um in trockner Zeit die Beschaffenheit des Wassers zu verbessern, besonders in den durch die Abwässer der Städte und der Industrie verschmutzten Wasserläufen. Bei einigen Anlagen sind diese verschiedene Zwecke miteinander vereinigt worden.

Die Frage der Trinkwasserversorgung ist in dem bergigen rheinisch-westfälischen Industriebezirke an der Ruhr und Wupper wie auch in manchen anderen Theilen des deutschen Mittellandes gegenwärtig zu einer brennenden geworden. Mit der stark zunehmenden Bevölkerung steigt hier die Wassernoth; denn es ist schwierig in den Thälern die hinreichenden Wasservorräthe zu finden, welche grosse Menschenansammlungen erfordern. Nur die künstliche Zurückhaltung der schnellablaufenden Fluthen im Winter und bei starken Niederschlägen vermag einen Ausweg aus dieser schwierigen Lage zu schaffen und bietet die Möglichkeit, den Wasserbedarf im Sommer und damit die natürliche Vorbedingung für die weitere Entwicklung dieser Gegenden, die sonst gefährdet würde, zu sichern. Dies geschieht theils durch Thalsperren, welche zur direkten Trinkwasserentnahme erbaut werden, theils, wie im Ruhrgebiet, dadurch, dass der Vorrath der Sammelbecken zum Ersatz des von den Wasserwerken an der unteren Ruhr fortgepumpten Wassers abgegeben wird. Die ersten deutschen Anlagen für Trinkwasserversorgung waren die gemauerten Thalsperren von Remscheid und Chemnitz, während die landwirthschaftliche Bewässerung aus Stauweihern von grossem Inhalt ihre erste Bethätigung in den Vogesen fand.

Neben diesen beiden Zwecken hat die Entwicklung des Thalsperrenbaues in Deutschland ihren Ausgangspunkt wesentlich in dem Verlangen nach Gewinnung von Kraftwasser gefunden. Die hinter den Sperrmauern gestauten Wassermassen sollen das Betriebswasser der Wassertriebwerke in industriereichen Thälern während der trocknen Zeit vermehren, um auf diese Weise den beklagenswerthen Zuständen zu steuern, welche daraus erwachsen, dass diese Werke und zugleich viele gewerbefleissige Menschen im Sommer monatelang wegen fehlenden Betriebswassers feiern mussten. Ermuthigt durch die hierbei erzielten Erfolge nahmen dann diese Bestrebungen in der Richtung ihren Fortgang, aus der in den Sammelbecken konzentrierten Energie des Wassers Kraftcentralen zu schaffen, welche mittels elektrischer Uebertragung weitere Bezirke mit mechanischer Arbeitsleistung versorgen.

Die gewerbliche Bevölkerung der Vogesenthäler und die rheinisch-westfälische Industrie sind es, welche aus dieser Verwendungsfähigkeit der Thalsperren in Deutschland zuerst Nutzen gezogen haben; im besonderen ist die letztere gegenwärtig thätig im Werke ihren weiteren Ausbau zu fördern.

Aber man ist im Begriffe, das Gebiet, auf dem sich Sammelbecken als vortheilhaft erweisen sollen, zu erweitern. Noch vor wenigen Jahren schien ihre Anlegung für Hochwasserschutzszwecke als ein unmögliches Unternehmen. Man berechnete die Grösse, welche solche Becken haben mussten, und gelangte zu so hohen Zahlen, dass die Anlagen unausführbar und unrentabel erschienen. Erst durch Ueberlegung und Beobachtung an ausgeführten Werken und aus ihren Betriebsergebnissen wurde man zu der Erkenntniss und zu der Unterscheidung des Erreichbaren und des Unmöglichen hingeführt. In veränderter Form fasste man den Gedanken auf. Nicht die ganzen, gewaltigen Massen des Hochwassers will man auffangen; es soll nur ein Theil zurückgehalten werden. Man will die Spitze der Hochfluthwelle abschneiden, jenen Theil, der über das Fassungsvermögen der Bach- und Flussgerinne hinausgeht, und indem man auf diese Weise die Wassermassen, die sonst in wenigen Stunden das Gebirgsthäl hinabschiessen, auf einen längeren Zeitraum ausgleicht und dem Abführungsvermögen des Wasserlaufes anpasst, soll Hochwasserschaden verhindert und das aufgestaute Wasser späterhin kraftspendend für gewerbliche Zwecke verwerthet werden. Man will Schaden abwenden und gleichzeitig Nutzen schaffen.\*) In gewissem Umfange ist diesem Zwecke bei den Thalsperren an der oberen Wupper Rechnung getragen; weitere Ausbreitung erfährt derselbe in Schlesien, wo das erste deutsche Hochwasserschutzbecken zur Zeit in der Ausführung begriffen ist.

Das sind die Gebiete, auf denen in Deutschland der Thalsperrenbau bisher Nutzenanwendung gefunden hat. Theorie und Praxis der modernen Technik haben hierbei die Mittel und Wege gewiesen, die grossen Bauwerke in zweckmässiger Weise zu errichten, wodurch die Aufstauung und Ansammlung der vielen Millionen Kubikmeter Wasser möglich gemacht wurde. Sie haben den Nachweis erbracht, dass Sperrmauern selbst von grosser Höhe unbedenklich und mit demselben Grad von Sicherheit hergestellt werden können, wie andere Konstruktionen der heutigen Ingenieurtechnik\*\*) und sie wurden darin unterstützt durch den Hinweis auf die Thalsperren in Spanien,\*\*\*) welche Jahrhunderte überdauert haben, ohne an ihrem Bestande Schaden zu nehmen.

\*) Intze, Die bessere Ausnutzung der Gewässer und der Wasserkräfte. Berlin 1889.

\*\*) Vergl. Lieckfeldt, Die Standfestigkeit von Stauauern mit offenen Lagerfugen. Centralblatt der Bauverw. 1898 S. 105.

\*\*\*) Vergl. P. Ziegler, Der Thalsperrenbau, Berlin 1900.

## B. Der Thalsperrenbau im Dienste der Strombautechnik für Schiffahrtzwecke.

In neuerer Zeit ist in Anregung gebracht worden, die Thalsperren in den Dienst der Strombautechnik zu stellen. Der Vorschlag geht dahin, die Hochwassermassen in den Sammelbecken zurückzuhalten, um dadurch die der Schiffahrt hinderlichen grossen Anschwellungen der Ströme zu ermässigen und das aufgestaute Wasser späterhin zur Vermehrung des Niedrigwassers abfliessen zu lassen und um auf diese Weise den Erfolg, welcher durch die Korrektions- und Regulierungsarbeiten im Strombette für die Schiffahrt erzielt wurde, noch zu steigern. Während die bisherigen Arbeiten zur Verbesserung der Fahrwasserverhältnisse nur dem einen Theile — dem Ausbau des Flussbettes — Rechnung getragen haben, soll nach diesem Plane auch der andere Faktor — der Wasserabfluss — in den Kreis der Beeinflussung gezogen werden.

Es sei zum besseren Verständniss dieses Gedankens ein kurzer Rückblick auf die bisherige Geschichte der Regulirung unserer Ströme geworfen.

Die systematische, einheitliche und nach wissenschaftlichen Grundsätzen geleitete Strombautechnik begann im Anfange des vorigen Jahrhunderts und kam zu reicher Entwicklung um die Mitte desselben. Alles, was bisher an unseren Flüssen geschehen war, war im wesentlichen planloses Stückwerk gewesen; meist handelte es sich dabei nur um Arbeiten für den Hochwasser- und Uferschutz und um Deichanlagen; weniger um die Verbesserung des Stromschlauches selbst. Erst die mit dem Aufkommen des Dampfschiffahrtsverkehrs als eines Theiles des gesammten Aufschwunges des neueren Kulturlebens gesteigerten Ansprüche zwangen, den natürlichen Wasserstrassen erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden, um das in ihnen liegende Vermögen für die allgemeine Wohlfahrt zu verwerthen.

Die Strombautechnik war damit vor eine grosse Aufgabe gestellt. Aus einer aus der Vorzeit überkommenen, natürlichen Verwilderung der Flussthäler sollten geordnete Zustände geschaffen werden. Forschend und versuchend drang sie vor; denn Wissenschaft und Erfahrung waren bis dahin nur in ihren ersten Anfängen vorhanden. Es galt durch Absperrungs- und Einschränkungswerke, durch Uferschutzanlagen und Dämme und durch Beseitigung mancherlei Hindernisse, welche von Menschenhand in früherer Zeit unüberlegt errichtet waren, dem Hochwasser einen freien und gefahrlosen Abfluss zu geben und innerhalb des Hochfluthprofils einen einheitlichen Stromschlauch und Verkehrsweg auszubilden. In wie erfolgreichem Maasse dies gelungen ist, zeigen unsere schiffbaren Ströme, die heute ein Bild sorgfältiger Wasserwirtschaft bieten. Die Landwirthschaft, Landeskultur und Schiffahrt haben in gleichem Antheile aus diesen Arbeiten Nutzen gezogen: Die Landwirthschaft für Be- und Entwässerungen, die Landeskultur durch verbesserten Hochwasserabfluss und demgemäss ver-

minderten Wasserschaden und durch Gewinnung ausgedehnter Landflächen in den von dem Strome abgeschnittenen und zur Verlandung gelangenden alten Stromarmen und Ausbuchtungen und die Schifffahrt durch eine gleichmässige Ausgestaltung und Vertiefung der Fahrstrasse.

Diese Arbeiten lagen im wesentlichen auf dem Gebiet der Korrektio;n; es wurde aus dem Groben herausgearbeitet. Gegenwärtig ist die Strombautechnik in ein neues Stadium eingetreten — in das der eigentlichen Regulirung des Stromschlauches. Es kommt jetzt darauf an, in dem durch die erstmaligen Arbeiten gewonnenen einheitlichen Mittelwasserbett durch weiteren, feineren Ausbau des Stromquerschnittes die Regulirung für Niedrigwasser vorzunehmen, um auch für die niedrigen und niedrigsten Wasserstände durch Zusammenfassen der Abflussmenge in einer engen Rinne ein dem Gefälle und Arbeitsvermögen des Stromes angepasstes Normalprofil auszubilden und um der Schifffahrt auch in solchen ungünstigen Zeiten der Trockenheit eine genügende Fahrtiefe zu sichern.

Zweifellos werden hierbei noch weitere Erfolge erzielt werden. Wo aber liegt die Grenze des Erreichbaren? Wie einerseits die Sicherheit eines lebhaften Schiffsverkehrs, und die Rücksicht auf die Hochwasserabführung es unmöglich machen, mit der Einengung des Flussbettes und der Fahrrinne unter ein gewisses den jeweiligen Verhältnissen angepasstes Maass herunterzugehen, so findet dieses Bestreben auch in der vorhandenen natürlichen Wasserführung des Stromes bei niedrigen Wasserständen seine Beschränkung. Diese Faktoren bestimmen die Grenzen, welche den Flussregulirungen gesetzt sind, soweit sie sich auf den Ausbau des Flussbettes erstrecken. Schon Hagen\*) sieht dieses Ziel voraus und drückt den Werth der Strombauarbeiten mit folgenden Worten aus: „es lässt sich durch die eigentliche Stromregulirung d. h. ohne dass man Wehre und andere ähnliche Anlagen ausführt, die eine künstliche Anspannung des Wasserspiegels bezwecken, gemeinhin die Tiefe nicht stark vergrössern. Der grosse Vortheil, den die Schifffahrt aus der Korrektio;n des Stromes zieht, besteht darin, dass die schon früher vorhandene Tiefe nutzbar gemacht worden ist, während die frühere es nicht war, indem das grosse Schiff eine enge und dabei vielleicht noch gekrümmte oder sehr schräge gegen den Strom gerichtete Rinne nicht verfolgen kann.“ Erneut ist auf diese natürlichen Grenzen der Flussregulirungen und auf die durch eine weitere Ausbildung des Niedrigwasserbettes noch etwa zu erzielenden Erfolge von Engels\*\*) hingewiesen, und es ist die Nothwendigkeit anerkannt worden davor zu warnen, dass man sich hier zu weitgehenden Hoffnungen hingiebt.

Wohl ist, wie Hagen bemerkt, in der Kanalisirung eines Stromes die Möglichkeit gegeben, seine Wassertiefe zu vermehren, wenn die Mittel der Regulirung versagen. Und gute Erfolge sind an unseren mittleren

\*) Handbuch der Wasserbaukunst, Berlin 1870 I Bd. 1 Abt.

\*\*) Vergl. Centralblatt der Bauverwaltung 1894. S. 66.

Flüssen, dem Main, der oberen Oder u. a. m. erzielt worden. Aber für die grossen Ströme kann die Kanalisierung nicht in Betracht kommen. Denn die durch den Schleuseneinbau bedingten Hindernisse würden für einen lebhaften Schiffsverkehr mehr eine Erschwerung als eine Erleichterung bedeuten, und überdies muss, abgesehen von den Kosten, die technische Ausführbarkeit der Kanalisierung eines Stromes, wie etwa des Rheins, mit lebhaftem Gefälle, grossem Hochwasser und Eisgang verneint werden. Bei den Vorarbeiten für die Regulirung des Rheins im Rheingau auf der Strecke von Mainz bis Bingen ist diese Frage eingehend erörtert und die Errichtung einer Stauanlage am Binger Loch als ein Plan bezeichnet worden, „dem so ernste und durchschlagende Bedenken entgegenstehen, das man demselben schwerlich jemals näher treten wird.“\*) Im besonderen wird in der Begründung hervorgehoben, dass Schleusen mit der Art und Ausdehnung des Schifffahrtsbetriebes auf dem Strome ganz unverträglich sind und nicht im Stande sein würden, den Verkehr zu bewältigen; der Flössereibetrieb könnte in der bisherigen Gestalt nicht fortbestehen; der Personendampferverkehr würde voraussichtlich eingestellt werden müssen. Für die Landwirthschaft würde der Stau verderblich; das Stauwerk bei Eisgang gefährlich werden. Das Projekt stelle keinen Vortheil, wohl aber unübersehbare Nachtheile und Gefahren in Aussicht. Wenn schon unter den damaligen Verkehrsverhältnissen (1880) die Kanalisierung des Rheins als unzulässig galt, wieviel mehr muss dieselbe bei dem gegenwärtig so sehr gesteigerten Verkehr als ausgeschlossen angesehen werden. Aehnlich aber liegen die Verhältnisse für die anderen deutschen Ströme, wenigstens in ihrem unteren Theile.

Baggerungen, denen von russischer Seite auf dem 8. Schifffahrtskongress (1900) ein so hoher Werth für die Verbesserung der Fahrwasserhältnisse beigelegt worden ist, können in den Strömen doch wohl nur eine sekundäre, aushülfsweise Bedeutung haben. Der Nachweis, dass die Baggermaschinen selbst in ihrer neuzeitlichen Vervollkommnung und erhöhten Leistungsfähigkeit als ein beim Ausbau des Strombettes den Regulirungswerken gleichwerthiges Mittel — gleichwerthig in der Wirkung wie in den Kosten der Arbeit — anzusehen sind, ist jedenfalls noch nicht erbracht. Baggerungen sind vergleichbar der Arbeit des Sisyphos, weil sie das Uebel nicht in der Ursache, sondern in seiner äusseren Erscheinung angreifen. Die Sandablagerungen im Strome finden immer wieder an denselben Stellen statt, solange nicht die Vorbedingungen ihres Entstehens — erweiterter Stromquerschnitt mit verlangsamter Abflussgeschwindigkeit, Stromspaltungen und andere ungünstige Einflüsse auf das Arbeitsvermögen des Flusses — beseitigt werden. Die dauernden Kosten für die Entfernung der Massen aus der Fahrrinne sind wahrscheinlich höher als der Zinsbetrag des Kapitals, welches Einschränkungswerke erfordern. In leicht beweglichem

---

\*) Ueber die Korrektion des Rheins auf der Strecke von Mainz bis Bingen, Centralb. d. Bauverw. 1881. S. 303.

Sande sind zudem plötzlich auftretende Verflachungen des Fahrwassers durch Baggerung gar nicht anders zu beheben, als dass erst sehr unliebsame Störungen für die Schifffahrt entstehen. Auf der Rheinstrecke im Rheingau von Mainz bis Bingen, welche bei verhältnissmässig geringem Gefälle (Sohle 1 : 8000) ein sehr unruhiges Bett aus feinem Sande hat, bilden sich starke Ablagerungen oft unerwartet und in wenigen Stunden, hauptsächlich bei abfallendem Wasser. Sie können eine zeitweise Lahmlegung des ganzen Schiffsverkehrs veranlassen, und selbst ein intensivster Baggerbetrieb zugleich mit mehreren Maschinen auf kurzer Stromstrecke vermag die gewaltigen Massen, die wie Triebssand unaufhörlich zuströmen, erst im Laufe mehrerer Tage zu beseitigen und im Strombette annähernd normale Verhältnisse in schmaler Rinne zu schaffen, sodass die Schifffahrt eben freie Fahrt hat. Die unangenehme Wirkung auf den lebhaften Rheinverkehr ist klar. Die Rhede von Bingen, die wegen des Lootsen- und Schleppdienstwechsels und der Zollabfertigung an sich schon immer stark besetzt ist, schwillt bei einer etwaigen Sperrung der Fahrwasser in dem doppelarmigen, sehr breiten Strom an der Rüdersheimer Aue schnell zu einem dichten Masten- und Schornsteinwald an. Ebenso sammeln sich die vom Oberrhein kommenden Schiffe, von denen jedoch viele eher noch durchkommen, weil sie stromab mit weniger Ladung oder leer fahren. Es entsteht ein bewegtes Bild. Flachgehende starke Schleppdampfer versuchen die tieferen Lastschiffe über die versandete Stelle zu ziehen, wobei der Uebelstand der Lage nur noch vergrössert wird, wenn die Schiffe auflaufen und zum Festsitzen kommen. Vielfach wird zu diesem Zwecke geleichtert, wodurch naturgemäss unerwünschte Kosten erwachsen. Die Baggermaschinen arbeiten Volldampf, die Baggernachen, von Barkassen geschleppt, schiessen hin und her, um sich zu füllen und schnell zu entleeren; die Nacht wird zur Hülfe genommen. Die Schiffer drängen und hasten; man kann es ihnen nicht verargen; denn sie wollen die Lieferungsstermine einhalten. Alles wartet spannungsvoll, bis endlich die Rinne frei ist und das erste Schiff passieren kann.\*)

Das sind Vorkommnisse, die sich bei einem beweglichen Flussbett, welches entsprechend seiner Wasserführung zu breit ist, nicht immer voraussehen und vermeiden lassen. Da der Einengung des Rheins auf der genannten Strecke durch den preussisch-hessischen Staatsvertrag vom Jahre 1884 Grenzen gesetzt sind und infolgedessen der Stromquerschnitt nicht soweit eingeschnürt werden kann, als es nöthig wäre, um durch eine scharfe Strömung das Flussbett frei zu halten, so hat dort der Baggerbetrieb erhöhte Bedeutung, und man ist in der Lage, aus seinen Ergebnissen Schlüsse auf die Wirksamkeit der Baggerungen als Ersatz von Regulierungswerken zu ziehen. Man wird aber nach den Erfahrungen, wovon die oben geschilderten Vorgänge ein Einzelbild geben, in den Baggermaschinen gegen-

---

\*) Die Verhältnisse sind neuerdings durch den Einbau von Grundswellen verbessert worden.

über der russischen Vorliebe doch nicht mehr als ein durch die Nothwendigkeit gebotenes Behelfsmittel erblicken können.

Zur Unterstützung und Beschleunigung der Wirkung der Einschränkungswerke, zur ersten Räumung der Fahrstrasse, deren Freihaltung späterhin die Strömung selbst besorgen soll, sowie im Seeschiffahrtsgebiet der grossen Ströme können Baggerungen gewiss wesentlichen Nutzen schaffen; aber wohl kaum als dauernde Regulierungsmittel.

Und wo sollen die fortgesetzt aus dem Strome gebaggerten Massen verbleiben? Wirft man sie in Ausbuchtungen, tiefe Stellen ausserhalb des Fahrwassers u. s. w., so liegt die Gefahr vor, dass die Strömung beim nächsten Hochwasser die Sände wiederum in die Fahrrinne treibt, wo sie dann in einer weiter unterhalb gelegenen Stelle zu erneutem Niederschlag gelangen. Die Ablagerungsräume aber in den Bühnenfeldern, hinter Parallelwerken oder in alten Stromarmen sind von einem beschränkten Aufnahmevermögen und müssen in absehbarer Zeit zur Verfüllung gelangen, nicht zu gedenken der erhöhten Kosten, welche das dabei meist erforderliche Auskarren des Baggergutes aus den Nachen auf Land — statt des billigeren Verschüttens im Strome — verursacht. Die Unterbringung der Sandmassen wird im Rheingau, wo jährlich viele tausend Kubikmeter aus dem Strombette entfernt werden, nachgrade eine Sorge. Sollte durch diesen Umstand, der Ausführung von Baggerungen nicht eine natürliche Grenze gesteckt sein?

Gegenüber dieser Erkenntniss von der Grenzwirkung unserer bisherigen Regulierungsmethoden musste es Sache und Aufgabe des Wasserbauingenieurs sein, neue Mittel und Wege zu suchen, die eine weitere Wassertiefenvermehrung der Ströme bewirken können. Und bei der in der Gegenwart gesteigerten und anerkannten Bedeutung der Wasserstrassen als billige Verkehrswege darf kein Vorschlag ungeprüft und unversucht bleiben, der geeignet scheint ihre Brauchbarkeit zu erhöhen. Die Entwicklung des Verkehrswesen in den letzten Jahren hat gezeigt, dass die Schaffung neuer Wasserstrassen einen bedeutenden Aufschwung des gesammten wirthschaftlichen Lebens zur Folge gehabt hat.\*) Ihre Ausbildung und Förderung muss daher der Gegenstand einer klugen Staatswirthschaft sein.

Die Möglichkeit zu erhöhten Erfolgen der Strombautechnik scheint nun in der Verwerthung der Thalsperren zur Regulierung der Wasserabflussmengen geboten zu sein.

Der Gedanke, Wasser aufzusammeln und für Schiffahrtszwecke zu benutzen, ist an sich nicht neu. Schon das Mittelalter kannte die künstliche Speisung von Wasserläufen. Die praktische Ausführung beschränkte sich aber damals auf Gebirgsflüsse, in denen das Wasser hinter kleinen Stauanlagen, Wasserstuben und Klausen genannt, gesammelt und zur zeitweisen Ablassung gelangte. Auf den so hergestellten Schwellungen trieben die

---

\*) Sympher, Die wasserwirthschaftliche Vorlage. Berlin 1901.

Fahrzeuge zu Thal; besonders dienten diese Anlagen dem Flossverkehr. Sie fanden sich in Deutschland u. a. im Schwarzwald vor.

Doch auch an unseren grossen schiffbaren Strömen ist schon frühzeitig, lange ehe die heute für die Regulirungen geltenden Grundsätze erforscht waren, versucht worden, — zwar auf eine Weise, welche nur historisches Interesse hat — durch Beeinflussung der Wasserführung Uebelstände in den Fahrwasserverhältnissen zu beseitigen.

Ein Vorgang, der solche Bestrebungen erkennen lässt, spielte sich an der unteren Weichsel ab. Wie hier die Eindeichung des niedrig gelegenen Mündungsdeltas im 13. Jahrhundert lediglich zu Hochwasserschutzzwecken und zur Landgewinnung ins Leben gerufen wurde, so war auch das einzige Augenmerk der Bevölkerung in den nächsten Jahrhunderten auf die ordnungsmässige Erhaltung der Dämme gerichtet, wogegen im Schiffahrtsinteresse nichts wesentliches geschah. Während die Wasserläufe der getheilten Weichsel und Nogat zu Zeiten des Hochwassers gewaltige Wassermassen in die See führten und die Gefahren der Eisgänge den Niederungsbewohnern Schrecken einflössten, boten die Flussbetten in trockner Zeit, wie alte in der Elbinger Plankammer befindliche Handzeichnungen aus den Jahren 1681 und 1697 erkennen lassen, ein Bild der Verödung und Verwilderung. Dss wenige Wasser verlief zwischen den beiderseitigen Deichen und den dazwischen gelagerten Sandbänken in vielen Rinnsalen, welche nur mit Handböten zu befahren waren.

Auch unter den damaligen einfachen Schiffahrtsverhältnissen mussten derartige Zustände sehr hinderlich sein. Das empfanden im besonderen die drei Städte Danzig, Elbing und Marienburg, die an der Aufrechterhaltung der Weichsel-Nogatschiffahrt insofern interessirt waren, als sie auf diesem Wege sehr viele ihrer wirthschaftlichen Bedürfnisse aus den oberen Weichselbezirken bezogen. Ohne nun an eine Regulirung des Strombettes selbst heranzutreten, bekämpften sich die Hauptbetheiligten Danzig einerseits und Marienburg-Elbing andererseits in der Vertheilung des Wassers an der Spaltungsstelle des Stromes, der Montauerspitze, indem jede Partei durch Zuführung von möglichst viel Wasser in ihren Schiffahrtsarm die Hindernisse der Sandbänke zu überwinden suchte. Dieser Streit um das Weichselwasser nimmt einen breiten Raum in der Geschichte der drei Städte ein, und endete nach verschiedenen Maassnahmen der Selbsthülfe, wobei man versuchte, durch Einbauten in den Strom sich gegenseitig das Wasser abzusperren bezw. mittels Durchstechung von Sandschwellen dem einen oder anderen Stromarm mehr Wasser zuzuführen, im Jahre 1613 damit, dass festgesetzt wurde: zwei Drittel des von oben herabkommenden Wassers sollte in die getheilte Weichsel, ein Drittel in die Nogat fliessen. Um die gewünschte Vertheilung zu erzielen, wurde ein starkes Bohlwerk in den Fluss geschlagen, dessen mit einem Bildniss geschmückte Spitze der „Königspfahl“ genannt wurde. Dieses Werk wurde aber nur nothdürftig unterhalten und musste im Jahre 1751 gänzlich erneuert werden. Seit dieser Zeit aber verfiel es allmählich ganz und gar und konnte dem grossen Eis-

und Wasserangriff auf die Dauer nicht standhalten. Jedoch sind noch unter der späteren preussischen Regierung Ausbesserungsarbeiten daran vorgenommen.\*) Die Vertheilung des Weichselwassers an der Stromspaltung erfolgt übrigens noch heute in dem damals festgesetzten Verhältniss.

In Frankreich hat die Nutzbarmachung von Sammelbecken für Schiffahrtzwecke in neuerer Zeit besonders viel stattgefunden. Allerdings handelt es sich hier im wesentlichen nicht um die künstliche Wasservermehrung fließender Gewässer, sondern die Stauweiher bewirken die Speisung von Schiffahrts-Kanälen. Es besteht ein ausgebreitetes System von Sammelbecken für die Wasserversorgung des Rhein-Marne- und Marne-Saônekanals, des Kanals du Centre, des Burgunder Kanals u. a. m. Von den offenen Gewässern wird nur die Yonne durch ein Becken von 22 Mill. cbm gespeist, aber auch nur für „intermittirende“ Schiffahrt. Neuerdings ist die Schiffbarmachung der Loire vermittlels Stauweiher in Anregung gebracht worden.

Bemerkenswerth sind die Anlagen in Russland.\*\*\*) Schon frühzeitig hat man auch hier den Gedanken einer Regulirung der Abflussmengen aufgenommen und praktisch verwerthet. Die ersten Stauanlagen dienten zur künstlichen Speisung des Kanals Gagarinski. Dieser Kanal, dessen Bau i. J. 1703 auf Veranlassung Peters des Grossen begonnen wurde, um der Stadt Petersburg einen Wasserzufuhrweg aus den reichen Getreidekammern Südrusslands zu schaffen, durchbricht die Wasserscheide zwischen dem Stromgebiete der Wolga und dem der Zuflüsse des Ladoga- und Onega Sees. Er verbindet die Flüsse Twertsä (Wolga) und Msta (Ladoga-See.) Es sind für die künstliche Speisung dieser Scheitelhaltung mehrere Behälter angelegt worden, deren bedeutendster der Zawodski-Behälter, unweit der Stadt Wycheni-Wolotchok, ist. Die Wasseraufsammlung wird durch Aufstauung des Tsna und seiner Nebenflüsse erreicht. Die Ausführung besteht in Wehrenlangen mit anfangs 2,13 m Stauhöhe, die späterhin, weil im Jahre 1827 eine besonders langandauernde Trockenheit bedeutende Störungen im Schiffahrtsbetriebe hervorrief, auf 5,33 m erhöht wurde, wodurch bei einer Staufläche von 68 qkm eine jährliche Wasserlieferung von 500—600 Mill. cbm gewonnen wurde. Die Wasserstrasse wurde dadurch für Schiffe bis zu 115 Tonnen befahrbar. Aber die Sammelbehälter lieferten nicht nur die Speisung der Scheitelhaltung des Kanals; vielmehr wurde, im besonderen nach der erwähnten Vergrößerung des Stauinhaltes, ein ganzer Bezirk von Flüssen unter der Bezeichnung „System Wychenewolotski“ für die Kleinschiffahrt und den Flossverkehr mit Wasser versorgt; und es wurden durch die Wasservermehrung die Schwierigkeiten gemildert, welche die Stromschnellen von Borowitschi im Flusse Msta der

\*) Vergl. des Verfassers Schrift: Zur Geschichte der Regulirung der Nogat. Nicht im Buchhandel.

\*\*) E. F. de Hoerschelmann, *Aperçu historique du développement des voies navigables de l'empire de Russie*, Kiew 1894. und

Borchardt, *Die Remscheider Stauweiheranlage*, München 1897.

Schiffahrt bieten. Der Verkehr auf diesem Wasserstrassensystem erreichte seinen Höhepunkt um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, verminderte sich dann aber stark, weil trotz aller Verbesserungen der durch mancherlei natürliche Hindernisse erschwerte Wasserverkehr dem Wettstreit der Eisenbahnen nicht gewachsen war und weil ein weiterer Ausbau des Schiffahrtsweges für grosse Schiffe wegen der ungeheuren Kosten ausgeschlossen war, welche die Ueberwindung der Stromschnellen im Twertsä, im Msta und Wolkhoff verursacht haben würde.

Kleinere Behälter zur Ermöglichung intermittirender Schiffahrt mit einer Stauhöhe von 1—1,50 m sind ferner vorhanden für die Speisung des Kanals, welcher die Wasserscheide zwischen der Weichsel und dem Dnieper durchbricht und eine Verbindung dieser beiden Flusssysteme herstellt. Dieser Kanal dient ebenfalls der Kleinschiffahrt und dem Flossverkehr; erstere hat jetzt ganz aufgehört; der Flossverkehr jedoch ist fortwährend im Zunehmen begriffen.

Während es sich bei diesen Maassnahmen darum handelte, Verbesserungen der Fahrwasserhältnisse für kleine Fahrzeuge zu erzielen, ist an der oberen Wolga ein Versuch mit Sammelbecken in grösserem Umfange gemacht worden. Etwa 341 km oberhalb Twer ist bald nach dem Jahre 1840 ein Sammelbecken, der Werchnewoljski-Behälter, abgesperrt worden, welcher in trocknen Zeiten mindestens 397 Mill. cbm. Wasser zu liefern vermag und aus welchem die Wolga während 80—90 Tagen im Frühling und Sommer künstliche Speisung erhält, sodass in dieser Zeit die natürliche Wasserführung des Flusses um rund 60 cbm in der Sekunde vermehrt wird. Die Stauung wird durch einen Wehreinbau in der oberen Wolga mit etwa 6,0 m Stauhöhe gebildet. Die Anlage soll ihren Zweck gut erfüllen. „Les eaux de réserve, en augmentant le tirant d'eau du fleuve pendant les sécheresses, sont d'une grande utilité pour la navigation.“\*)

Immerhin muss es auffallen, dass, wie Hoerschelmann berichtet, in den nächsten Jahren nach Errichtung dieser Stauanlage Aufräumarbeiten im Bett der Wolga nothwendig waren und dass der Zustand des Flusses zu eingehenden Untersuchungen Anlass gab, die zu einem Projekt führten, wonach die Strecke der Wolga zwischen Twer und Rybinsk durch systematischen Ausbau mittels Längsdämme zum Zweck der Einengung des Strombettes verbessert werden sollte. Dieses Projekt ist bis zum Jahre 1870 im wesentlichen zur Ausführung gekommen; es scheint aber nicht umfassend genug gewesen zu sein, da noch Ergänzungsarbeiten von sehr erheblichem Kostenaufwande als nothwendig erachtet wurden; indess sind weitere Arbeiten nicht erfolgt, da die russische Regierung das erforderliche Geld nicht bewilligte.

Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass die Regulirung der oberen Wolga in umgekehrter Reihenfolge versucht worden ist, als es hätte geschehen müssen. Zuerst musste der Flusslauf korrigirt und regulirt werden; dann konnte man an den Ausgleich der Wasserabflussmengen

\*) Hoerschelmann. (siehe S. 10 unten).

herantreten. Für die Verbesserung des Flussbettes der Wolga war aber vor Anlegung des Sammelbehälters nichts wesentliches geschehen. Einige wenige Korrektionswerke waren systemlos in das Strombett hineingeworfen worden, doch betrug ihre Ausdehnung noch nicht 2 v. H. der Gesamtlänge zwischen Twer und Rybinsk., sodass eine Wirkung derselben nicht wohl eintreten konnte.

Einen richtigeren Weg hat in dieser Hinsicht der im Jahre 1879 für die Vorarbeiten zur Regulirung des Mississippistromes eingesetzte Ausschuss eingeschlagen, wenn er, vor die Frage gestellt: welches System des Ausbaues, Regulirung des Strombettes oder Sammelbecken, für den gänzlich verwilderten Mississippi zu wählen sei, sich für das erstere entschied. Die amerikanischen Ingenieure waren hier vor die gleiche Aufgabe gestellt, wie ehemals die deutsche Strombautechnik. Es ist natürlich, dass der Verbesserung der Fahrwasserverhältnisse durch Regulirung der Abflussmengen die Schaffung eines geordneten Strombettes vorangehen muss. Man könnte viel Wasser aufspeichern, wollte man in einem Strome, der sich in vielen Armen und Rinnsalen im Thale hinzieht, den Niedrigwasserstand durch künstliche Speisung heben, und es würde Wasservergeudung bedeuten, wollte man in einer grossen Zahl von Stromarmen die Wassertiefe vermehren, wo eine Fahrstrasse den Zweck erfüllt. Aus dem Wirrwarr der Wasserrinnen muss zunächst ein Stromschlauch und ein Durchflussprofil herausgebildet werden. Erst wenn diese Arbeit beendet und in ihrem Erfolge sicher gestellt ist, kann man eine Beeinflussung des Wasserablaufes denken. Ueberdies bildet die Herstellung und Erhaltung eines einheitlichen Stromschlauches für die niedrigen Wasserstände die Voraussetzung und Grundlage für die Herstellung eines einheitlichen, zur regelmässigen Abführung der Hochfluthen geeigneten Hochwasserbettes.\*)

Aus dieser Ueberlegung heraus wird man das Gutachten des amerikanischen Ausschusses auffassen müssen; aber man wird daraus nicht folgern dürfen, dass hier der Frage der Verbesserung der Schiffbarkeit eines Stromes durch Sammelbecken das Urtheil endgültig gesprochen worden ist, wie diese Auffassung zum Theil Platz gegriffen hat.\*\*)

Der Ausschuss steht auf dem durchaus richtigen Standpunkt, dass „die Ausbildung eines einheitlichen Niedrigwasserbettes von angemessener Breite von grösserer Wichtigkeit ist, als die Vermehrung der Niedrigwassermenge, falls dieselbe sich auf mehrere Seitenarme vertheilt.“\*\*\*) Dies wäre am Mississippistrom der Fall gewesen, da sich derselbe in seinem damaligen Zustande bei niedrigem Wasserstande in zahlreiche flache Rinnen verästelte.

Mit der Entscheidung des Ausschusses zu Gunsten der Regulirung des Strombettes war die zunächst zu lösende Aufgabe bezeichnet, ohne dass

\*) Die Einwirkungen der Strombauten auf die Wasserverhältnisse, Centralb. der Bauverw. 1886 S. 411.

\*\*) Handbuch der Ing. Wiss. III Bd. 1899. Kap. XI.

\*\*\*) Centralb. d. Bauverw. 1883. S. 17.

damit die Arbeit der Wassermengenregulirung für alle Zeit als unzweckmässig ausgeschlossen sein sollte. Es werden vielmehr die Vortheile, welche die Schifffahrt aus den Sammelbecken bei gleichzeitiger Ausnutzung des Wassers für landwirthschaftliche, gewerbliche und Schifffahrtszwecke ziehen könnte, durchaus anerkannt und die Anlegung einiger Becken der näheren Prüfung anheimgestellt. Und die technischen Bedenken, welche der amerikanische Ausschuss hervorhebt, sind wohl durch die zahlreichen neueren Ausführungen von Thalsperren im eigenen Lande am besten widerlegt worden. Es sind denn thatsächlich auch im oberen Mississippithal in der Zeit von 1880—86 vier Sammelbecken durch höhere Stauung von Binnenseen mit zusammen 2440 Mill. cbm nutzbarem Stauinhalt hergestellt worden, welche den Zweck haben die Niedrigwasserstände des Stromes unterhalb St. Paul um 30 cm zu heben.\*)

Wenn man sich diese Vorgänge vergegenwärtigt, so muss man zu dem Schluss gelangen, dass beide Arbeiten — Regulirung des Strombettes sowie die der Abflussmengen — zur Verbesserung der Fahrwasserhältnisse beitragen, und dass sich diese Methoden nicht gegenseitig ausschliessen, sondern dass in gemeinsamer Wirkung die höchstmögliche Ausnutzung der Ströme als Verkehrsstrassen zu erzielen sein würde.

Erscheinungen in dem Haushalte der Natur zeigen uns, wie sich dort in vortheilhafter Weise ein Ausgleich in dem Abfluss der Niederschlagsmengen vollzieht und sie weisen uns darauf hin, wie dieser Erfolg durch künstliche Maassnahmen möglich und herbeizuführen wäre.

Die Wasserführung der Flüsse hängt von der Menge und zeitlichen Vertheilung der Niederschläge und dem Vorgang des Wasserabflusses ab. Die Niederschlagsmengen eines Landes werden bedingt von den äusseren Umständen der Oberflächengestaltung, seiner Höhe über dem Meere und seiner Entfernung von letzterem, sowie auch, besonders in gebirgigen Gegenden, von der herrschenden Windrichtung. Das sind unabänderliche Verhältnisse, auf die einen Einfluss auszuüben ausserhalb des Machtbereichs des Menschen liegt und für alle Zeit liegen wird. Doch lassen Beobachtungen darauf schliessen, dass auch die Bodenbeckung nicht ohne Einwirkung auf die Regenhöhe ist. Der Zusammenhang zwischen Bodenbeckung und Niederschlagsmenge findet seine Ursache in der verschiedenen Verdunstungsfähigkeit der Oberflächen wie in der Ernährungsweise der Pflanzen. „Es steht fest, dass die landwirthschaftlichen Kulturgewächse, wie wir sie bauen, in der Zeit ihrer Entwicklung: Ende Mai bis Mitte Juli, bei den Hackfrüchten etwas später, täglich sehr grosse Mengen Wasser in sich aufnehmen und wieder verdunsten — weit mehr als als Regen niederfällt; das fehlende wird durch den kapillaren Hub aus dem Untergrunde entnommen. Ein junges Haferfeld verdunstet viermal soviel als eine freie Wasserfläche, dreimal soviel als

---

\*) Borchardt, Die Remscheider Stauweiheranl.

nasser nackter Boden und fünf- bis siebenmal soviel als ein Laubwald.“\*) Eine vermehrte Verdunstung muss aber verstärkte Niederschläge zur Folge haben. Da nun in der Art der Bodenbedeckung im Laufe der Jahrhunderte eine wesentliche Aenderung eingetreten ist, insofern als der Wald mehr und mehr zurückgedrängt wurde und der Ackerbau mehr Pflege fand, so würde sich daraus eine Vermehrung der Niederschläge erklären. Kreuter sucht im Handbuch der Ingenieurwissenschaften\*\*) die beobachtete Aenderung in den Niederschlags- und Abflussverhältnissen unserer Flüsse auf gleiche Ursache zurückzuführen, wenn er schreibt „es ist nicht zu bezweifeln, dass die in neuerer Zeit stattgehabte Steigerung der Hochwassererscheinungen weniger auf künstliche Eingriffe als auf eine Steigerung der Witterungsvorgänge zurückzuführen ist, welche die Hochfluthen hervorgerufen.“ Aber die Umgestaltung der Bodenbewirthschaftung ist in geschichtlicher Entwicklung entstanden; sie wurde hervorgerufen durch die neuere intensivere Bodenkultur, um aus dem Ackerbau an Stelle des Waldes grössere Erträge für die zunehmende Bevölkerung des Landes zu erzielen. Eine Aenderung und die Rückkehr zum Alten muss daher als ausgeschlossen angesehen werden; vielmehr geht unser landwirthschaftlicher Betrieb darauf hinaus, dem Acker- und Gemüsebau noch weitere Ausbreitung zu geben, was zum Theil nur auf Kosten des Waldbestandes geschehen kann. Es ist also zu erwarten, dass der Wechsel der Niederschläge in zukünftigen Zeiten sich eher noch schroffer gestalten wird, als er es jetzt gegenüber der Vergangenheit ist.

Da aber nach dieser Richtung hin die einzige Möglichkeit dem Menschen geboten ist, die Niederschlagsverhältnisse eines Landes zu beeinflussen, so wird man den letzteren Plan nicht in den Kreis ernsterer Betrachtungen ziehen dürfen, und es bleibt, wenn man auf die Wasserführung der Ströme einwirken will, nur übrig, den Abflussvorgang zu ändern. Auch hierauf ist die Bodenbedeckung nicht ohne Einfluss, und man ist zu der Erkenntniss gekommen, dass die früher vorgenommene Abholzung der Wälder in den Quellgebieten der Flüsse bedenklich ist, indem die wasserzurückhaltende und ausgleichende Kraft des Waldes dadurch verloren geht. Man hat diesem Vorgehen Einhalt geboten und ist neuerdings vielfach zu Aufforstungen kahlgeholzter Hänge übergegangen.

Die Wirkung des Waldes — grosse Aufsaugungsfähigkeit, verminderte Verdunstung, verlangsamte Schneeschmelze — ist nicht zu verkennen; aber sie ist eine doppelte. Sie kann im gegebenen Falle wohl günstig für die Zurückhaltung des Wassers sein; sie wird es sein, wenn z. B. im Sommer nach langer Trockenheit grosse Regengüsse niedergehen. In dem Anhaften des Wassers im Moos, an den Blättern und Baumstämmen und in der damit zusammenhängenden Verlangsamung des Abflusses besteht der wohlthätige Einfluss, der dazu beiträgt die Hochfluthen der sommerlichen gewaltigen

\*) Hempel, Zur Umgestaltung der Wasserwirthschaft in dem Grenzboten 1901 Heft 40; vergl. auch Handb. d. Ing. Wiss. III Bd. 1892 Kap. I.

\*\*) III, Bd. 1899 Kap. XI.

Niederschläge und Wolkenbrüche im Gebirge abzuschwächen. Doch ist die zurückhaltende Kraft keine unbegrenzte; sie dauert so lange bis der Wald — gleichsam wie ein Schwamm — von Wasser vollgesogen ist. Ist dieser Zustand eingetreten, so wird jeder weiter fallende Regen ohne Verzögerung abfliessen.

Aber diese Eigenschaft des Waldes äussert sich naturgemäss auch dann, wenn nach einer Trockenperiode nur mässige Niederschläge fallen. Wenn dann Landwirthschaft, Industrie, Trinkwasserversorgung und Schifffahrt das Wasser sehr nöthig haben — so giebt es der Wald nicht heraus. Auffallend zeigte sich diese Erscheinung in den Thälern des Wuppergebietes nach der ungewöhnlich lang anhaltenden Trockenheit des Sommers 1901. Ausgiebige Niederschläge fielen, ohne dass eine Vermehrung des Wasserabflusses in den Triebbächen eintrat. Der Untergrund, das Moos und das Gehölz war zu sehr ausgetrocknet und alle Quellen, die sonst in trockner Zeit noch rieselten, waren erschöpft. Als dann die bewaldeten Berghänge ein wenig Wasser frei gaben, fingen es die Wiesenbesitzer gierig zur Berieselung ab. So trat die so sehr ersehnte Auffrischung und Erhöhung der Wasserführung der Bäche und Flüsse viel später ein als man erwartete. Erst nachdem gegen den Herbst hin öftere reichliche Niederschläge den Boden durchtränkt hatten und auch das zur Bewässerung der Wiesen verwendete Wasser wieder zum Vorschein kam, wurde eine Speisung der Wasserläufe bemerkbar.

Dazu kommt, dass es nicht in der Macht des Menschen liegt, die Rückstaukraft des Waldes irgend wie nach seinem Ermessen zu gestalten. Es lassen sich hier wohl Einflüsse im allgemeinen und grossen erzielen, aber keine Regelung im einzelnen und im gegebenen Falle. Und darum bleibt die Wirkung besten Falls eine zufällige. Mit Sicherheit lässt sich der Wasserabfluss im Gebirge nur durch künstliche Maassnahmen beeinflussen, deren Betrieb der Mensch in seiner Hand hat. Und in Verbindung mit den hierzu dienenden Sammelbecken kann auch die Wirkung des Waldes besser zur Geltung kommen. Seine langsamere aber nachhaltige Wasserabgabe wird den Becken eine gleichmässigere Speisung bringen und bei plötzlichen starken, doch kurz dauernden Niederschlägen ein schnelles Füllen und etwaiges nutzloses Ueberlaufen verhindern. Ein waldbedecktes Niederschlagsgebiet wird also dazu beitragen, verhältnissmässig den Stauinhalt der Becken und damit die Herstellungskosten zu vermindern. Sein grosses Aufsaugungsvermögen nach langer Trockenheit muss andererseits durch den Vorrath der Stauweiher ausgeglichen und wieder gut gemacht werden. So erfüllt ein Zusammenwirken dieser beiden Faktoren die Vorbedingungen für den Ausgleich der Abflussmengen in günstigster Weise.

In Frankreich gaben die Ueberschwemmungen an der Loire im Jahre 1856 dazu Veranlassung, diese Frage eingehend zu prüfen und man kam zu der Erkenntniss, dass die ganze Aufgabe sei „den jähen

Wasserandrang hinzuhalten bezw. ihn zu verspäten.“\*) Und man erkannte auch die dazu erforderlichen wirksamen Maassnahmen, wie die weiteren Ausführungen des Schreibens zeigen. „Diese Verspätung ist darzustellen durch in alle Nebenflüsse bei der Mündung der Thäler und überall, wo die Wasserläufe eingefasst sind, zu machende Dämme oder Wehre, die nur in der Mitte einen engen Durchlass dem Wasser gestatten, und die es aufhalten, wenn seine Menge sich vermehrt, wodurch am Abfluss Behälter entstehen, die sich nur langsam entleeren. Man muss im kleinen machen, was die Natur im grossen gemacht hat. Wenn die Seen von Constanz (Bodensee) und Genf (lac du Léman) nicht wären, würden die Thäler des Rheins und Rhône nur grosse Wasserflächen bilden; denn das Wasser dieser Seen erhöht sich jedes Jahr ohne viel Regen und nur durch das Schmelzen des Schnees um 2 bis 3 m, was für den Bodensee eine Vermehrung von ungefähr  $2\frac{1}{2}$  Milliarden und für den Genfer See eine Vermehrung von 1 Milliarde 770 Millionen cbm Wasser ausmacht. Selbstverständlich würde diese ungeheure Menge Wasser, wenn sie nicht an der Mündung dieser beiden Seen durch Gebirge, die den Ablauf nur als eine breite und tiefe Fluth gestatten, zurückgehalten wäre, jedes Jahr die allerschrecklichsten Ueberschwemmungen verursachen.“ Der Damm von Pinay an der Loire war in der Erkenntniss dieses wohlthätigen Einflusses, welchen die Verlangsamung im Abgang der Hochfluthen mit sich bringt, und in Anlehnung an diese von der Natur gegebenen Beispiele im Jahre 1711 errichtet worden. Er war derart hergestellt, dass, während er beiderseits an die felsigen Hänge anschloss, in der Mitte eine Breite von 20 m freliess, durch welche das Hochwasser der Loire sich hindurch zwängen muss. Die Wassermassen, welche dieser Engpass nicht fassen kann, stauen sich dahinter auf, und es wird auf diese Weise der zu schnelle und verheerende Ablauf der Fluthen verhindert. Im Jahre 1856 entstand hierdurch eine Stauung von 21,5 m; es fand eine Wasserzurückhaltung von 2500 cbm sekundlich, im ganzen von 100 Mill. cbm statt und man schaudert, heisst es in dem Briefe Napoleons, vor dem Gedanken, dass ohne diesen Umstand das grosse Unheil, welches das Loirethal traf, noch ärger gewesen wäre.\*\*)

Ebenso wie am Bodensee und am Genfersee, diesen noch heute vorhandenen Regulatoren der Wasserführung des Rheins und der Rhône, hatte die Natur ehemals durch den Gebirgsabschluss des Rheins bei Bingen-Rüdesheim, ein gewaltiges Sammelbecken gebildet, das sie in der Zeiten Lauf selbst wieder beseitigt hat. Auch die Wasserabflussverhältnisse derjenigen Flüsse, welche aus dem seenreichen Gebiet Ostpreussens gespeist werden, sind sehr gleichmässige; es liegt dort das Abflussverhältniss

---

\*) Brief des Kaisers Napoleon III. vom 19. Juli 1856. Nach Overmars, die Theiss-Ueberschwemmungen, Budapest 1879, bei Intze, Die bessere Ausnutzung der Gewässer und Wasserkräfte. Berlin. 1889.

\*\*\*) Vergl. auch Handb. d. Ingenieur-Wissenschaft. III Bd. 1900. Kap. XII.

von Niedrig- und Hochwasser aus den Seen in den Grenzen 1 : 4. In Schweden sinkt dieses Verhältniss zum Theil auf 1 : 2 herab, woraus die ausgleichende Wirkung grosser Wasserflächen für die Regulirung der Abflussmengen erhellt.\*)

Diesen Winken der Natur folgend, war der Mensch, wie oben dargestellt wurde, frühzeitig zu Werke gegangen, um die Wasserführung der Bäche und Flüsse für Schiffahrtzwecke künstlich zu beeinflussen. Aber jener intermittirende Schiffahrtsbetrieb der kleinen Wasserläufe mit seiner Speisung aus unzureichenden Behältern, konnte in der Gegenwart nicht bestehen; er hat mit wenigen Ausnahmen aufgehört. Die Eisenbahn hat diesen Verkehr beseitigt.

Die kleinen Mittel der Hydrotechnik des Mittelalters unterlagen eben im Wettstreit mit den Hilfsmitteln, welche die Dampfkraft der Neuzeit bot, sowohl auf dem Gebiete des Verkehrs wie auf dem der Kraftgewinnung. Die französischen Werke an der Loire waren ein bedeutsamer Schritt vorwärts auf dem Wege der Erkenntniss, der zu der gegenwärtigen Ausnutzung der Thalsperren führen sollte, und wie es heute der durch Theorie und Erfahrung vervollkommeten Wasserbautechnik gelungen ist, durch Aufspeicherung der Wassermassen im grossen hinter hohen gemauerten Stauanlagen die Wasserkraft erfolgreich in den Wettbewerb mit der Dampfkraft zu bringen, so darf man sich der Hoffnung hingeben, auf gleiche Weise den alten verfallenen Gedanken der künstlichen Vermehrung des Niedrigwassers in den Flüssen und Strömen mit den grossen Mitteln der Gegenwart zu neuen und erhöhten Ehren zu bringen. Und man wird aus der Thatsache, dass die Ingenieure trotz wiederholter Ablehnungen immer wieder von neuem zu diesem Gegenstand zurückkehren, folgern müssen, dass hier ein richtiger Grundgedanke vorhanden ist, dessen Verwirklichung nur desshalb noch im Ungewissen liegt, weil die zutreffenden Maassnahmen ins Grosse gehen müssen und gewaltige Geldaufwendungen erforderlich sein würden für ein Unternehmen, dessen Zweckmässigkeit wohl der Ingenieur in wissenschaftlicher Erkenntniss einsehen und nachweisen kann, für welches aber direkte Erfahrungen noch wenig vorliegen. Unter solchen Umständen bei den Fernerstehenden Verständniss und Entgegenkommen zu finden hält immer schwer. Man wird hier in schrittweisem Vorgehen und in der hierbei zu gewinnenden Einsicht die Grundlage für weitere Arbeiten schaffen müssen.

An der Oder ist die Aufhöhung des Niedrigwassers aus Stauweihern bereits in den Kreis der Entwürfe einbezogen worden\*\*) und mit bemerkenswerthem Gewicht fällt in die noch herrschende Verschiedenheit der Meinungen der Beschluss des achten internationalen Schiffahrtkongresses in Paris vom Jahre 1900, welcher lautet:

„Zu den Mitteln, die Abfluss- und Schiffahrtverhältnisse eines

\*) Intze, Die Wasserverhältnisse Ostpreussens. Berlin 1894.

\*\*) Centralbl. der Bauverw. 1901 S. 441.

Flusses zu verbessern, gehören Stauweiher, die bestimmt sind, die Niedrigwassermenge zu erhöhen und in gewissen Fällen die Hochwasserüberschwemmungen zu vermindern. Derartige Anlagen sind bereits ausgeführt, andere geplant; sie haben noch den besonderen Vortheil, Kräfte aufzuspeichern, welche der Fortschritt der Wissenschaft heute auszunutzen gestattet, und sind daher der Aufmerksamkeit der Ingenieure und Verwaltungen zu empfehlen.“

Die Frage ist mit dieser Stellungnahme des internationalen Schiffahrtskongresses von neuem belebt; sie wird vermuthlich nicht mehr zu den Akten gelegt werden\*) und es scheint, als wenn die Nutzbarmachung des Thalsperrenbaues für Schiffahrtzwecke einen neuen Abschnitt in der Geschichte der Regulirung der Ströme einleiten wird.

---

\*) Sie wird Gegenstand der Berathungen des internationalen Schiffahrtskongresse in Düsseldorf i. J. 1902 sein.

## II. Die Frage die Niedrigwasservermehrung der Ströme aus Sammelbecken.

---

Es soll Gegenstand der nachstehenden Ausführungen sein, einen Beitrag zu liefern zu dieser Frage, welche die Gegenwart lebhaft beschäftigt, und zu prüfen, ob es möglich sein wird, dem Thalsperrenbau in Deutschland eine weitere und allgemeine Ausdehnung zu geben und ihn zu einem wesentlichen Faktor der deutschen Wasserwirtschaft zu machen.

Eine solche Untersuchung kann hier — technisch wie wirtschaftlich — nicht auf der Grundlage bis ins Einzelne gehender Beobachtungen, Messungen, Karten, Rentabilitätsberechnungen u. a. m. stattfinden; dazu sind, abgesehen von anderem, die topographischen, geologischen und wirtschaftlichen Verhältnisse der Flussgebiete und Landestheile viel zu verschieden, um sie gemeinsam behandeln zu können; es soll hier vielmehr nur eine allgemeine und grundsätzliche Betrachtung unter Anhalt an Mittelwerthe, Erfahrungen und Erfahrungssätze und Betriebsergebnisse erfolgen, soweit sie zu verallgemeinernde Bedeutung haben. Von thatsächlichen Verhältnissen ausgehend, soll untersucht werden, ob die Anlegung von Stauweihern lediglich zu dem Zwecke der Vermehrung des Niedrigwassers der Flüsse für Schifffahrtzwecke für sich allein ein zinsbares Unternehmen sein würde, oder ob die gemeinsame Ausnutzung von Sammelbecken für die Schifffahrt, landwirtschaftliche Bewässerung, den Hochwasserschutz und die Kraftgewinnung im Betriebe möglich, und ob ein solcher Plan technisch durchführbar und wirtschaftlich richtig sein würde.\*)

### A. Thalsperren für Schifffahrtzwecke allein.

#### a. Der Wasserbedarf und der Gesamtstauinhalt.

In den einzelnen Stromgebieten sind, wie betont, die maassgebenden Verhältnisse der Oberflächengestaltung und der Niederschläge von sehr verschiedener Art. Für den Rhein, welcher seinen Ursprung im Hoch-

---

\*) Die Stellung der Sammelbecken für Trinkwasserversorgung zu dieser Frage wird in Abschn. II C. besonders behandelt werden.

gebirge hat, sind die Abflussbedingungen wesentlich andere als für die übrigen deutschen Ströme, die in Mittelgebirgen entspringen und ihre Zuflüsse dort her erhalten. Aber auch diese weichen in ihrem Wasserhaushalt von einander sehr ab, sodass nur eine besondere Behandlung jedes Stromsystems zu genauen Ergebnissen führen kann. Um aber Richtung und Anhalt zu haben, sind dieser allgemeinen Betrachtung Verhältnisse vom Rhein zu Grunde gelegt worden.

Die Normalbreite des unteren Rheins zwischen den beiderseitigen Regulierungswerken beträgt 300 m, die der eigentlichen Schiffahrtsrinne 150 m. Diese Normalbreite ist jedoch nicht die gleiche auf der ganzen Länge des Stromes, soweit er schiffbar ist. Sie beträgt auf der Strecke Bingen-St. Goar 230 m, im Rheingau 450 m, auf der Strecke Mannheim-Mainz wiederum 300 m. Es sei aber hier die Breite von 300 m in Rechnung gesetzt. Dasselbe gilt von der Wassergeschwindigkeit, die dem Wechsel im Gefälle im Durchflussprofil und in der Wasserführung entsprechend eine einheitliche nicht sein kann. Mit Bezug auf stattgehabte Messungen sei für die niedrigen Wasserstände von  $+ 1,50$  am Pegel zu Köln und darunter, welche hier in Betracht kommen, eine mittlere Profilgeschwindigkeit von  $0,90$  m in der Sekunde in Ansatz gebracht.

Für wie lange Zeit und um welches Maass würden die Niedrigwasserstände zu erhöhen sein?

Die Schifffahrt hat das grösste Interesse daran, einen dauernd möglichst gleichen Wasserstand zu haben. In Kanälen ist ihr derselbe mit geringen Schwankungen, also eine gleichbleibende Fahrtiefe, gesichert; sie kann darnach den Tiefgang der Schiffe einrichten, um eine volle Ausbeute der Ladefähigkeit der Transportgefässe und der Triebkraft zu erzielen. Im Strome sind sowohl die höchsten wie die niedrigsten Wasserstände dem Schifffahrtsbetriebe hinderlich; jene, weil in der schnellen Abflussgeschwindigkeit und in der Ausuferung eine Gefahr liegt; diese, weil sie die Ausnutzung des auf mittlere Wasserstände eingerichteten Tiefganges nicht gestatten.\*) Bei Köln a. Rh. beträgt der Unterschied zwischen dem beobachteten niedrigsten Wasserstande v. J. 1853 und dem höchsten von 1882  $9,43$  m, während die Schwankung der gemittelten Jahreswasserstände immerhin noch  $5,32$  m ist.\*\*). Einen vollständigen Ausgleich hierfür zu schaffen ist gewiss als Unmöglichkeit anzusehen; es liegt dies ausserhalb der Grenzen des praktisch Erreichbaren. Man wird sich für die Erhöhung der Niedrigwasserstände ein in bescheidenem Rahmen liegendes Ziel setzen müssen, und man wird als die nächste Forderung ansehen können, dass der Schifffahrt der Wasserstand des gemittelten Niedrigwassers  $+ 1,50$  a. P. zu Köln und  $+ 1,25$  a. P. zu Bingen allzeit gesichert ist, sodass dann im unteren Strome eine Mindestfahrtiefe von  $3,0$  m, im oberen Strome von Mannheim bis St. Goar eine solche von  $2,0$  m auch in dem ungünstigsten

\*) Vergl. auch Abschn. II B. e.

\*\*) Diese Angaben sowie fernere bezügl. der Verhältnisse am Rhein sind entnommen dem Werk: Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse, Berlin 1889.

Fälle vorhanden wäre. Heute stehen diese normalen Tiefen nicht immer zur Verfügung. Wohl sind die Tiefen planmässig entsprechend dem Programme des Entwurfs vom Jahre 1879 vorhanden; aber sie sind für die Schifffahrt thatsächlich nicht jederzeit nutzbar, weil der Wasserstand oftmals unter + 1,50 a. P. z. K. heruntergeht. Die Ergebnisse der 71jährigen Beobachtungsperiode von 1817—1887 lassen erkennen, dass in den 4 Monaten Oktober bis Januar an 1253 Tagen mithin i. D. jährlich an 17 Tagen die Wasserstände unter + 1,50 verblieben sind. Die meisten Tage solchen niedrigen Wasserstandes entfallen auf den Monat Oktober. Im Jahresdurchschnitt sind in dieser Beobachtungsperiode 23 Tage jährlich mit niedrigeren Wasserständen als + 1,50 gewesen, während die grösste Zahl das Jahr 1858 mit 107 Tagen aufweist. Es darf hierbei allerdings auch nicht ausser Acht gelassen werden, dass in einer Reihe von Jahren der Wasserstand bei Köln überhaupt nicht unter + 1,50 a. P. gesunken ist; es war dies in dem vorerwähnten Zeitraum in 15 Jahren der Fall. Wenn man nun erwägt, dass die bei weitem grösste Zahl der ungünstigen Wasserstände, 1414 von im ganzen 1650 Tagen der Beobachtungszeit, auf die 5 Monate Oktober bis Februar entfällt und in Betracht zieht, dass im Dezember, Januar und Februar die Schifffahrt öfters durch Frost behindert ist, man also mit Sicherheit auf den Betrieb für diese Zeit nicht rechnen kann und darum eine künstliche Hebung der Wasserstände in diesen Monaten weniger Interesse hat, so wird es zunächst hinreichend sein, die Forderung zu stellen, dass der Schifffahrt eine Aufhöhung der Niedrigwasserstände auf die Dauer von 60 Tagen im Jahr — in erster Linie für die Monate Oktober und November — gesichert sei.

Wenn man das Maass der nothwendigen Wassertiefenvermehrung bestimmen will, so bieten dafür einen Anhalt die beobachteten niedrigsten Wasserstände. Der bisher bekannte niedrigste Wasserstand betrug + 0,09 a. P. zu Köln im Dezember 1853. Andere niedrige Wasserstände waren: + 0,18 im Januar 1854, + 0,30 im Februar 1858, + 0,45 im März 1858, + 0,76 im November 1874, + 0,77 im Oktober 1865. Dieses sind ganz besonders tiefe Wasserstände. Wenn man in solchen Zeiten aussergewöhnlicher Trockenheit wie im Dezember 1853 den Wasserstand + 1,50 künstlich halten wollte, so müsste man eine Aufhöhung von 1,41 m herbeiführen. Es würde zu weitgehend sein, diese äussersten Fälle zu berücksichtigen. Man wird als einen schon recht niedrigen Wasserstand + 1,00 a. P. z. K. ansehen dürfen, wie er im November 1884 vorhanden war und der nach den Angaben des Rheinstromwerkes schon zu den „bemerkenswerthesten Niederwasserständen“ einer langen Beobachtungszeit gezählt wird. Und es kann angenommen werden, dass derartig niedrige Wasserstände nicht auch von der längsten Dauer sind. Wenn man noch in Erwägung zieht, dass der Vorrath der Sammelbecken für 60 Tage reichen soll, im Durchschnitt aber nur für 23 Tage im Jahr in Anspruch genommen werden würde, so dürfte in den Becken eine genügende Reserve vorhanden sein, um zu

ermöglichen, dass in so ungewöhnlich trockener Zeit eine stärkere Abströmung aus den Stauweihern stattfinden könnte.

Es soll hiernach mit einer Aufhöhung der Niedrigwasserstände an 60 Tagen jährlich um 0,50 m gerechnet werden, sodass für eine künstliche Speisung des Rheins in diesem Umfange eine Wassermenge von  $300 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 60 =$  rund 700 Millionen cbm aufgespeichert werden müsste.

Dieser thatsächliche Bedarf wird noch dadurch vergrößert, dass Wasserverluste durch Verdunstung, Undichtigkeiten der Thalsperren und Versickerungen herbeigeführt werden.

Für die Verdunstung auf freier Wasserfläche wird bei den preussischen Kanalentwürfen eine Höhe von 4 mm täglich angenommen.\*) Im Beverthale (Wuppergebiet) wurden für 1 Jahr 980 mm Verdunstungshöhe mit dem Maximum von 168 mm im Juli beobachtet,\*\*) bei Lennep wurde die Höchstzahl von 124 mm im Juni festgestellt. Bei den Stauweihern der Vogesen wurden jährlich 600 mm ermittelt, wovon 44 v. H. auf die Monate Juli, August und September, also täglich i. D. 2,9 mm entfallen. Es sei hiernach eine Verdunstungshöhe von 4 mm täglich in Ansatz gebracht in der Erwägung, dass die Stauung in die wärmere Jahreszeit fallen würde. Die Grösse der Verdunstungsfläche, welche die Sammelbecken insgesamt darbieten würden, hängt von der orographischen Beschaffenheit des Geländes ab, in welchem die Thalsperren erbaut sind. Für 17 theils ausgeführte, theils in der Ausführung begriffene oder in ausgearbeiteten Entwürfen vorliegende Thalsperren in Rheinland und Westfalen ergibt sich für 1 Million cbm Stauinhalt der Becken eine mittlere überstaute Fläche von 7,33 ha.\*\*\*) Für die Vogesenweiher beträgt dieselbe 11,5 ha, für die in Böhmen geplanten Sammelbecken 15 ha, für die Chemnitzer Sperre in 11,1 ha für je 1 Million cbm. Es sei hiernach die überstaute Fläche zu 10 ha für je 1 Million cbm Stauinhalt angenommen, sodass sich für 800 Millionen cbm Gesamttinhalt (vergl. unten) eine Staufläche von 8000 ha ergibt. Dann berechnet sich die in 60 Tagen in den Weihern verdunstete Wassermenge zu  $8000 \cdot 10000 \cdot 0,004 \cdot 60 =$  19,2 Millionen cbm.

Die Undichtigkeit der Sperrmauern dürfte bei guter Ausführung und bei einer mittleren Beckengrösse von etwa 3 Millionen cbm nach den bisherigen Erfahrungen mit 2 Sekundenliter auf je 1,0 Million cbm Stauinhalt in Ansatz zu bringen sein. Der Verlust für 60 Tage und 800 Millionen cbm Gesamttinhalt berechnet sich hiernach zu  $60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 800 =$  8,3 Millionen cbm.

Der Wasserverlust eines fließenden Gewässers durch Versickerung und Verdunstung ist erheblich; es bietet sich hier der

\*) Handb. d. Ing. Wiss. III. Bd. 1895. Kap. XV.

\*\*\*) Borchardt, Die Rensch. Stauhw.

\*\*\*) Nach Intze, Entwicklung des Thalsperrenbaues in Rheinland und Westfalen. Nicht im Buchhandel.

Wärme und den Sonnenstrahlen eine meist ungeschützte Fläche dar, und die lebhaften Wirbel der Strömung, im besonderen der sprudelnde Abfluss der Gebirgsbäche, ist nur zu geeignet, die Verdunstung zu fördern.

In einem 42 km langen Zuleitungskanal des Beckens von Bouzey ging die Menge des eingelassenen Wassers von 210 000 cbm täglich am Ende des Kanals auf 70 000 cbm, nach umfangreichen Dichtungsarbeiten von 140 000 auf 90 000 cbm zurück.\*\*) In einem Flussbett in Italien wurde festgestellt, dass eine anfängliche Wassermenge von 4,5 cbm/sec in einem 25 km langen Laufe sich auf 3 cbm/sec vermindert hatte; im Alicante (Spanien) sollen 900 l nach 12 km langem Lauf auf 565 l zurückgegangen sein. Für den Nil rechnet man, dass von dem 1065 Millionen cbm betragenden Inhalt des Staubeckens bei Assuan auf 530 km Stromlänge bis Assiut durch Verdunstung und Versickerung 302 Millionen cbm verloren gehen werden, sodass bei letzterem Ort noch 763 Millionen cbm Wasser zur Verfügung stehen werden.\*\*\*) Andererseits ist es auch nachgewiesen, dass die Flüsse mitunter bedeutende Verstärkung ihrer Wasserführung aus dem Grundwasser des Thales erfahren. In besonderem Maasse ist die Beobachtung am Po und Tessin in Oberitalien gemacht worden; diese Flüsse führen, obwohl ihnen in ihrem oberen Laufe für Kanalspeisungen und Bewässerungen fast ihre ganze Niedrigwassermenge genommen wird und sie auf den unterhalb liegenden Strecken nur wenig oberirdischen Zufluss erhalten, bei ihrer Vereinigung bei Pavia eine so bedeutende Wassermenge, dass dem Po hier bei Niedrigwasser 200 cbm/sec für Bewässerungszwecke ohne Schaden entnommen werden sollen.\*\*\*) Diese Vermehrung kann nur durch Grundwasserpeisung erfolgen.†)

Solche bedeutenden Verluste für Versickerung wie die oben angegebenen wird man daher nicht in Rechnung setzen dürfen, wenn man den erforderlichen Inhalt von Staubecken bestimmen will, welche dazu dienen sollen, die natürlichen Wasserläufe zu speisen. Verluste für Versickerungen in den Staubecken selbst können überhaupt ausser Ansatz gelassen werden; denn man muss bedenken, dass die Anlegung grosser gemauerter Thalsperren nur in felsigem Gelände zugänglich ist, wo die Thalsole, wenn sie auch in den oberen Lagen mit Humuserde und durchlässigem Geröllboden überdeckt ist, in wenigen Metern Tiefe ein dichtgeschlossenes Gesteinbecken bildet, in welches kein Wasser hineindringen und als Grundwasser Abfluss finden kann. Die Verluste für Verdunstung und Versickerung des abströmenden Wassers können aber nur zum kleinen Theil auf Rechnung des Thalsperrenwassers gesetzt werden. Denn es handelt sich hier nicht um die Ableitung des Wassers in einem neuen Bett; sondern um die Vermehrung der Wassermenge eines alten Flusslaufes. Das Grundwasserbecken des Thales ist gefüllt aus dem bestehenden

\*) Ziegler, Thalsperrenbau. Vergl. S. 3.

\*\*) Eger, Centralbl. d. Bauverw. 1900 S. 276.

\*\*\*) Centralbl. d. Bauverw. 1894 S. 68, Natürliche Grenzen der Flussregulirungen.

†) Vergl. auch Handb. d. Ing. III. Bd. 1892. Kap. I.

Wassergerinne, sodass ein weiteres Eindringen von Sickerwasser, wenn überhaupt, nur in dem Verhältniss des künstlichen Wasserzuschusses anzunehmen ist. Der Rhein führt bei dem sehr niedrigen Wasserstande von  $+ 0,61$  a. P. zu Köln rund  $660$  cbm in der Sekunde; bei einem Wasserstande von  $+ 1,50 =$  G. N. W. rund  $970$  cbm/sec. Die künstliche Speisung soll  $300 \cdot 0,5 \cdot 0,9 = 135$  cbm/sec. betragen. Nimmt man eine Zunahme des Versickerungsverlustes infolge des aus den Stauweihern abströmenden Wassers in diesem Verhältniss des Speisungswassers zum natürlichen Vorrathe an, so würde derselbe für das Thalsperrenwasser etwa  $16$  v. H. der Gesamtversickerung der Bäche betragen. Eine Vermehrung der Verdunstung in den gespeisten Bächen wird ebenso im wesentlichen Maasse nicht eintreten, da die verdunstende Wasseroberfläche in den Nebenflüssen und im Hauptstrome durch Hinzutritt des Beckenwassers nicht erheblich vergrössert wird. Beide Verluste seien zusammen zu  $25$  v. H. des Gesamtverlustes der Bäche und Flüsse infolge Versickerung und Verdunstung angesetzt. Da der letztere nach obigen Angaben und Messungen in fliessenden Gewässern im ungünstigsten Falle etwa zu  $30-40$  v. H. anzunehmen ist, so würde er im vorliegenden Falle für die Bemessung des Stauinhaltes der Becken mit  $10$  v. H. genügend hoch in Rechnung gesetzt sein. Dann ergibt sich die eintretende Einbusse zu  $70$  Millionen cbm.

Der Gesamtverlust in den Stauweihern und im abströmenden Wasser beträgt hiernach  $19,2 + 8,3 + 70,0 = 97,5$  Millionen cbm. Es ist aber nicht erforderlich, den Stauinhalt der Becken um die gleiche Menge zu vergrössern, da dieser Abgang selbst in einer sehr trocknen Zeit durch den Zufluss aus dem Niederschlagsgebiet der Sammelbecken zum Theil ersetzt wird. Bei einer Jahresabflussmenge von  $1$  Million cbm. von je  $1,5$  qkm Niederschlagsgebiet, welche man bei der hier in Betracht kommenden Grösse und orographischen Beschaffenheit der Niederschlagsgebiete der Einzelbecken durchschnittlich annehmen kann, würden für die Beschaffung von  $800$  Millionen cbm.  $800 \cdot 1,5 = 1200$  qkm Niederschlagsgebiet erforderlich sein. Die geringste sekundliche Abflussmenge in trockenster Zeit kann für kleine Niederschlagsgebiete in den deutschen Gebirgen zu  $1,5$  Sekundenliter vom Quadratkilometer angenommen werden. Für  $60$  Tage ergibt sich dann ein Zufluss von  $60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 1200 \cdot 1,5 = 9,3$  Millionen cbm. Der Zuschlag zum Inhalt der Sammelbecken über den thatsächlichen Bedarf hinaus zum Ausgleich für die angeführten Verluste beträgt demnach  $97,5 - 9,3 = 88,2$  Millionen cbm.

Der gesammte Wasserbedarf, um eine künstliche Vermehrung der Wassertiefe des Rheins um  $0,5$  m in  $60$  Tagen zu ermöglichen, ergibt sich aus diesen Zahlen zu  $700 + 88,2 = 788,2$  Millionen cbm, welches Maass zur Abrundung auf  $800$  Millionen cbm Gesamtinhalt der Stauweiher erhöht werde.\*)

\*) Die Annahme Gotheins, Deutsche Bauzeitung 1899 S. 502 von  $22-25$  v. H. Gesamtverlust scheint sehr hoch gegriffen.

## b. Die Kosten und der Nutzen.

Die Rentabilität von Stauweihern, welche lediglich den Zwecken der Schifffahrt dienen und deren Betrieb allein nach diesem Gesichtspunkte erfolgen würde, müsste durch die aus dem Schifffahrtsverkehr zu erzielende Transportkostenverminderung gegeben sein. Frachtkosten an sich sind ein unumgängliches Uebel und vertheuern die Marktprodukte; sie vermindern bringt Gewinn. „Die Transportkosten sind ein wesentlicher Bestandtheil der Gesteungskosten fast aller Produkte. Eine Ermässigung der Transportkosten bedeutet mithin eine Erniedrigung der Gesteungskosten der Güter“.\*) Die Möglichkeit dazu bietet die Ausnutzung der Wasserstrassen als Verkehrswege, deren grössere Billigkeit gegenüber den anderen Transportwegen auf der erforderlichen geringeren Zugkraft und einem besseren Verhältniss der Eigen- zur Verkehrslast der Transportgefässe beruht.

Der Vortheil der Wassertiefenvermehrung der Flüsse in trockner Zeit würde darin bestehen, dass die Transportgüter, welche jetzt in den Zeiten der niedrigsten Wasserstände infolge der verringerten Ladefähigkeit der Schiffe auf der Eisenbahn verfrachtet werden, auf dem billigeren Wasserwege befördert werden könnten. Die Sammelbecken müssten bei Beginn der niedrigen Wasserstände gefüllt sein, und ihr Vorrath müsste im gegebenen Zeitpunkt zur Abströmung gelangen. Die Zeit dieses Wasserbedarfs würde sich nach Erfahrung und Beobachtung mit ziemlicher Sicherheit voraussagen lassen; es würde, wie oben angenommen, die Entleerung der Sammelbecken am Rhein etwa in den Monaten Oktober und November erfolgen. Die Becken würden bei solchem Betriebe im allgemeinen jährlich nur eine einmalige Füllung erhalten.

Es ist nothwendig, sich die entstehenden Kosten und den zu erwartenden Gewinn in Zahlen zu vergegenwärtigen.

Bei den in Rheinland und Westfalen und im Elsass erbauten Thalsperren stellt sich der Preis einschl. Grunderwerb der überstauten Fläche auf i. D. 40 Pfennig für das cbm Stauinhalt der Becken,\*\*) wobei es sich um einen Fassungsraum bis 3 Millionen cbm handelt. Unter Zugrundelegung dieses Einheitssatzes würde die Beschaffung des oben berechneten Stauraumes von 800 Millionen cbm 320 Millionen Mark kosten.

Welcher Nutzen erwächst nun der Schifffahrt oder — volkwirtschaftlich betrachtet — der Allgemeinheit, wenn die niedrigsten Wasserstände des Rheins auf die Dauer von 60 Tagen um 50 cm erhöht werden? Der Jahresverkehr auf dem Rhein betrug im Jahre 1895 3030 Millionen Tonnenkilometer; in den nächsten drei Jahren bis 1898 fand eine Zunahme von rund 50 v. H. statt.\*\*\*) Wenn man den unbedeutenden Güterverkehr oberhalb Strassburg ausser Acht lässt, so wird man den Rhein-

\*) Sax, Transport- und Kommunikationswesen. B. I, Kap. X im Handb. d. Polit. Oekon. von G. von Schönberg, Tübingen 1896.

\*\*) vergl. Abschn. II. B. c.

\*\*\*) nach Sympher, Die wasserwirtschaftliche Vorlage. S. 6.

güterverkehr auf der deutschen Strecke von Strassburg abwärts, für welche die Verbesserung der Fahrwasserverhältnisse durch künstliche Speisung anzustreben sein würde, um das Jahr 1900 zu 4500 Millionen tkm mit Sicherheit annehmen dürfen. Bei einer 300 tägigen Schifffahrtsperiode würde hiernach im Durchschnitt auf 60 Tage ein Verkehr von  $\frac{4\,500\,000\,000.60}{300} = 900$  Millionen tkm entfallen. Wenn man voraussetzt, dass infolge der Wassertiefenvermehrung um 50 cm zu Zeiten der niedrigsten Wasserstände bei einem mittleren Tiefgange der Rheintransportschiffe von etwa 2 m eine Vergrößerung der Ladefähigkeit der Schiffe von 25 v. H. — die heute ungenutzt bleibt — eintritt, so ergibt sich eine zu erwartende Verkehrsvermehrung in den 60 Tagen von 225 Millionen tkm. Diese Güter werden bei den gegenwärtigen Wassertiefenverhältnissen, sofern Marktlage und Bedarf ihre Beförderung nothwendig machen, auf die Eisenbahn übergeleitet. Infolgedessen entstehen Mehrkosten, und die Gesamtheit — der Produzent, der Händler oder der Abnehmer oder alle zugleich, je nach der Lage der Dinge — müssen die erhöhte Aufwendung tragen. Es tritt eine Schädigung des Volksvermögens ein, die erspart würde, wenn die obigen 225 Millionen tkm. dem Wasserwege erhalten blieben.

Nach Sympher\*) betrug im Jahre 1898 für den Bereich der preussisch-hessischen Eisenbahngemeinschaft der durchschnittliche Frachtsatz 3,63 Pf. für 1 tkm; für Steinkohlen 2,49 Pfennig. Die voraussichtlichen Frachtsätze einschl. aller Nebenkosten und Abgaben werden für den Dortmund-Rhein Kanal zu 1,9 Pfennig/tkm, für den Mittellandkanal zu 1,25 Pf./tkm angegeben. Die Frachtkosten auf den abgabenfreien Strömen sind aber erheblich niedriger. Unter Zugrundelegung dieser Angaben und unter Anhalt an die Tabelle der Sympherschen Schrift\*\*) für wirklich gezahlte Frachtsätze auf Eisenbahnen und Wasserstrassen, kann man den Unterschied zwischen Eisenbahn- und Wasserfracht auf offenem Strome i. D. mit 2 Pf./tkm in Rechnung setzen. Verbleiben somit die obigen 225 Millionen tkm dem Wasserverkehr, so wird damit eine Ersparniss von  $225\,000\,000 \cdot 0,02 = 4,5$  Millionen Mark als Gewinn aus dem Thalsperrenbetriebe erzielt.

Mit dieser Summe würden die Verzinsung der 320 Millionen Mark betragenden Anlagekosten, die Tilgungs-, Unterhaltungs- und Betriebskosten nicht gedeckt sein. Rechnet man für alle diese Ausgaben 5 v. H., so würden zur Deckung 16 Millionen Mark Einnahme erforderlich sein, denen 4,5 Millionen als volkswirtschaftlicher Ertrag gegenüberstehen. Die Anlegung von Sammelbecken lediglich zu dem Zwecke der Niedrigwasservermehrung der Flüsse für die Schifffahrt wird demnach als ein wirtschaftlich richtiges Unternehmen nicht angesehen werden können.

\*) Die wasserwirtschaftliche Vorlage.

\*\*) S. 16.

## B. Thalsperren für die gemeinsamen Zwecke des Hochwasserschutzes, der Industrie, Landwirtschaft und Schiffahrt.

### a. Gemeinsamkeit der Interessen.

Es wird die nächste Aufgabe sein zu prüfen, ob für diese Wirthschaftszweige gemeinsame Interessen vorhanden sind, und ob die Aufspeicherung des Wassers für Hochwasserschutzzwecke und seine spätere Abgabe und seine Ausnutzung in der Landwirtschaft, Industrie und durch die Schiffahrt derart erfolgen kann, dass alle Einzelinteressen hierbei ihre Rechnung finden und die Rentabilität des Ganzen erreicht wird.

Die Zurückhaltung der Hochfluthen in den Sammelbecken wird naturgemäss die anderen Nutzniesser dann nicht schädigen, wenn die natürliche Wasserführung der Bach- und Flussläufe gross genug bleibt, um alle ihre Ansprüche zu befriedigen. Wenn mehr als dieser dem Mittelwasser entsprechende Bedarf zum Abfluss gelangt, so ist das für die Triebwerke ohne Nutzen und auch der Schiffahrt bringen die über Mittelwasserhöhe gehenden Wasserstände keinen Vortheil. Die Aufstauung dieses Ueberschusses, der sich in den Hochfluthen darstellt, steht also keinem anderen Interesse entgegen. Im Gebiet der Wupper haben genaue Messungen ergeben, dass 40 v. H. des Jahresabflusses über diese Linie der mittleren Abflussmenge liegen. Es würden also, wenn die Triebwerke auf die Mittelwassermenge eingerichtet wären, jene 40 v. H. abgefangen werden können, ohne den Werken etwas zu nehmen. Da nun bei der bisherigen ungleichen Wasserführung der Bäche, die bis zu 5 v. H. unter die Mittelwasserlinie heruntergegangen ist, die Motoren im allgemeinen keineswegs so gross sind, um die mittlere Nutzleistung auszubeuten, so könnten bis zu 60 v. H. der Jahresabflussmenge zurückgehalten werden, um den Mangel in trockner Zeit zu decken.\*) Mit Rücksicht jedoch darauf, dass die Anlieger eines Baches bei zukünftigen Um- und Neubauten darnach trachten werden und gegebenenfalls im Interesse einer vollkommenen Kraftausbeute darauf hingeleitet werden müssen, ihre Werkeinrichtungen den verbesserten Wasserverhältnissen und möglichst einer mittleren Kraftabgabe anzupassen, wird man die Fassungsräume der Becken nur für eine Aufspeicherung bis zu 40 v. H. bemessen dürfen. Damit könnte dann aber eine gleichmässige Wasserführung der Bäche erreicht werden, da naturgemäss der Fehlbetrag in trockner Zeit ebenfalls um 40 v. H. unter der Mittelwasserlinie zurückbleibt.

Eine wichtige Frage ist nun, ob andererseits die Absicht, stets möglichst Vorrath an Wasser für Kraftzwecke, für die Landwirtschaft und Schiffahrt in den Stauweihern zu halten, dem Hochwasserschutzzweck entgegensteht, insofern zu befürchten ist, dass dann eine plötzliche Hochfluth ein gefülltes Becken antrifft. Diese Bedenken sind es, die immer wieder betont werden und die auf vielen Seiten die Neigung hervorrufen, die Möglichkeit der gemeinsamen Verwerthung der Sammelbecken überhaupt zu verneinen.

\*) Intze, Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge, Hannover 1899.

Der Hochwasserschutz würde scheinbar, wenn man für alle Fälle vollkommen gesichert sein wollte, bedingen, dass die Stauweiher stets leer sind und, wenn sie durch eine Hochfluth gefüllt werden, auf schnellstem Wege wieder entleert werden, um für die Aufnahme neuer Wassermassen bereit zu sein. Ein solcher Betrieb würde die Becken allerdings für jede andere Verwendung ausschliessen. Aber sowohl die Beobachtung der Niederschlags- und Abflussverhältnisse im Gebirge, wie Ueberlegung, Erfahrung und die Betriebsergebnisse ausgeführter Anlagen haben dargethan, dass eine soweitgehende Vorsicht nicht erforderlich ist und dass die Auffangung der Hochwassermengen und ihre allmähliche Abgabe für gewerbliche und sonstige Zwecke sehr wohl möglich ist und diese Betriebsvereinigung der Aufgabe der Hochwasserschadenverhütung der Sammelbecken nicht im Wege steht.

Die Gewähr hierfür liegt in dem vorhandenen Wechsel trockener und regenreicher Zeiten. Unsere gemässigte Zone hat keine scharf getrennten Regen- und Trockenperioden wie die Tropen. An der Wupper sind jährlich 10—12 grössere Anschwellungen bemerkbar. Die Anschwellungen kommen und gehen schnell. Bald nach dem Ablauf der Hochfluth zeigt der Fluss, wie das an allen Gebirgsflüssen der Fall ist, wieder stark fallende Wasserstände. Infolge dessen hat dann die Industrie das während der Hochfluth in den Becken gesammelte Wasser wieder nöthig zur Verstärkung der natürlichen Wasserführung, wodurch ein Entleeren der Sammelbecken herbeigeführt wird. Die Anschwellungen wechseln im allgemeinen in solchen Zeiträumen, dass sich der geschilderte Betriebsvorgang mit guter Regelmässigkeit abspielen kann.

Das etwaige und gewiss sehr seltene Aufeinanderfolgen von zwei grossen Fluthwellen in kurzen Zwischenräumen lässt sich dadurch ungefährlich machen, dass in solchen gefahrvollen Tagen die Becken — und dann ohne Nachtheil für die industriellen Zwecke — schnell entleert werden. Niederschlagsbeobachtungen und bei ausgedehnterem Niederschlagsgebiet ein geordneter Hochwassernachrichtendienst werden wie jede einzelne Fluth, so auch das ungünstige Zusammentreffen zweier Hochfluthen so rechtzeitig vorauserkennen lassen, dass für die erwähnten Maassnahmen der Abwehr die nöthige Zeit übrig bleibt. So könnte zum Beispiel das für 50 Millionen cbm Stauinhalt geplante Becken bei Mauer in Schlesien in 2 Tagen geleert werden, wenn man sekundlich soviel ablässt als der Bober, ohne Schaden zu bringen, fassen und abführen kann.\*) Wenn man hiergegen hält, dass die verheerenden Hochfluthen des Jahres 1897 nach ununterbrochenem starken Regen erst am dritten und vierten Tage der Niederschläge eintraten, so liegt in dieser Möglichkeit der schnellen Entleerung der Schutzweiher eine grosse Sicherheit. Dazu kommt die ausgleichende Wirkung der gefüllten Becken infolge der grossen Oberfläche. „Es bleibt zu beachten,

---

\*) Intze, Ueber den Bau, die wasserwirthschaftliche Bedeutung und Wirkung der Thalsperren, Vortrag im Hause der Abgeordneten am 2. Mai 1900.

dass selbst ein gefülltes Hochwasserbecken regulirend einwirken muss, indem bei der Grösse der Wasseroberfläche des gefüllten Beckens zur Hebung des Wasserspiegels auf eine solche Höhe, dass eine nennenswerthe Ueberlaufmenge erzielt wird, schon eine sehr grosse Hochwassermenge aufgestaut werden muss und daher die sekundliche, bei gefülltem Becken überlaufende Wassermenge stets wesentlich kleiner sein muss, als die grösste sekundliche Zufussmenge zum Becken.“\*) Da die grössten Anschwellungen der Gebirgsbäche immer nur von kurzer Dauer sind, so ist diese Thatsache von grosser Bedeutung für die wasserzurückhaltende Eigenschaft grosser Wasserflächen.\*\*)

Die Sommerhochfluthen sind im allgemeinen weniger gefährlich. Verdunstung und Versickerung sind in dieser Zeit stark und nehmen dem Hochwasser einen Theil seines Umfanges infolge dieser natürlichen Verminderung der Abflussmengen. Den besonders hervortretenden gefährlichen Winterfluthen kommt aber der Umstand des überhaupt grösseren Wasserreichthums dieser Jahreszeit zu Gute. Die Wasserversorgung der Wassertriebwerke braucht dann im allgemeinen keine oder wesentlich weniger künstliche Unterstützung; es ist darum nicht nöthig, einen grossen Vorrath in den Becken zu halten. Beobachtungen und Betriebsergebnisse werden hier die richtige Grenzen finden lassen derart, dass das im Winter zuflussende Wasser nur insoweit aufgestaut wird, als für etwa erforderlich werdende Triebwasservermehrung nöthig ist; dadurch ist die Möglichkeit geboten dauernd einen Schutzraum für plötzliche grössere Fluthen sicher zu stellen. Erst gegen die trockne Jahreszeit hin wird man für gefüllte Becken sorgen müssen. Dann aber ist die grösste Hochwassergefahr vorüber.

Nach diesen Gesichtspunkten und auf Grund weiterer Ergebnisse wozu aus den schlesischen Hochwasserschutzbecken werthvolle Beiträge zu erwarten sind, wird sich ein gesicherter Betrieb der Sammelbecken für Hochwasserschadenverhütung bei gleichzeitiger Verwerthung des aufgespeicherten Wassers für gewerbliche Zwecke einrichten lassen. Einige Erfahrungen auf deutschem Boden liegen bereits vor. Die Thalsperrenanlagen an der oberen Wupper mit einem Hochwasserschutzraum von 600 000 cbm gegenüber einem Industriewasserraum von 5 300 000 cbm haben in der kurzen Zeit ihres Bestehens schon günstige Erfolge zu verzeichnen. Der Hochwasserschutzraum muss hier in der Winterzeit, wo auf Grund langjähriger Erfahrungen grössere und schadenbringende Anschwellungen zu erwarten sind, leer bleiben und darf erst gegen das Frühjahr hin gefüllt werden, damit in der trocknen Jahreszeit auch dieser Stauraum für gewerbliche Zwecke ausgenutzt werden kann. Bei dem Hochwasser vom Januar 1899, welches nur wenig hinter der Höhe des bisher beobachteten höchsten Hochwassers vom Jahre 1890 zurückblieb, und ebenso im Jahre 1900 trat diese günstige Wirkung zu Tage. Obwohl

\*) Intze, Ueber die Anlage von Thalsperren im Quellgebiet der Görlitzer Neise, Vortrag in Reichenberg i. B. am 13. Jan. 1901.

\*\*) vgl. auch Garbe, im Handb. d. Ing. Wiss. Bd. III 1900 Kap. XII.

dem Betriebsplane nach nur ein Hochwasserschutzraum von 600 000 cbm, wie erwähnt, zur Verfügung steht, wurden in diesen beiden Jahren von plötzlich auftretenden Fluthwellen 800 000 bzw. 1 100 000 cbm in 24 Stunden zurückgehalten. Diese Stauung würde genügt haben, um die höchste Fluthentwicklung der Wupper im Jahre 1890 von 288 cbm/sec auf 200 cbm/sec zu vermindern. Da der grosse Schaden, den die Wupper damals bei Barmen und an anderen Orten verursacht hat, erst bei einer Wasserführung von mehr als 200 cbm eingetreten ist, so würden, wenn die Thalsperren an der Bever und Lingese schon vorhanden gewesen wären, die hauptsächlichsten Zerstörungen verhütet worden sein. Und es ist zu beachten, dass hier der Stauraum der Industrie für Hochwasserschutzzwecke in erheblichem Maasse nutzbar geworden ist, wodurch das Zusammenfallen der beiderseitigen Interessen praktisch dargethan wird. Auch die bedeutende Schneeschmelze des Frühjahres 1901 hat an der Wupper einen ganz unschädlichen Verlauf genommen, der nach den Erfahrungen früherer Zeiten nur dem günstigen Einfluss der Sammelbecken zugeschrieben werden kann.

Ebenso zeigen die für Böhmen in erster Linie im Interesse des Hochwasserschutzes geplanten Thalsperren, wie sie unbeschadet ihrer eigentlichen Bestimmung gleichzeitig Werthe für die Industrie schaffen werden. Dieselben werden bei einem Gesamtinhalt von 8,1 Millionen cbm an den trockensten Tagen eine Nutzwassermenge von 1740 l i. d. S. liefern, sodass es möglich sein wird, bedeutende Nutzleistungen in Pferdekräften zu erzielen. \*) Die Rentabilitätsberechnungen der Sammelbecken für Schlesien thun ebenfalls eingehend dar, wie sich der Hochwasserschutz mit dem Nutzen für die Industrie sehr wohl verbinden lässt und wie eine solche Vereinigung besondere wirthschaftliche Vortheile für beide Theile bietet. \*\*)

Aber auch die Interessen der Schifffahrt fallen mit denen der Industrie und des Hochwasserschutzes in der Ausnutzung der Sammelbecken in weitem Umfange zusammen. Schifffahrt und Industrie haben gleichmässig den Wunsch, dass das Niedrigwasser in trockner Jahreszeit aufgehört wird; die Industrie hat in noch erhöhtem Maasse Verlangen nach einem über das ganze Jahr gleichmässig vertheilten Abfluss des Triebwassers. Bei einer konstanten Wasserkraft lassen sich die Triebwerke auf das vollkommenste ausnutzen, der Betrieb ist ein geordneter; die Dampfreserve — der hinkende Theil so vieler Wasserkraftanlagen — kann fortfallen. „Die Industrie giebt einem solchen Betriebsplane, welcher ihr fortwährend eine gewisse, wenn auch vielleicht kleinere Wassermenge sichert, den Vorzug vor einem solchen, der zwar im ganzen mehr Wasser zur Verstärkung abzugeben vermag, bei dem aber Zeiten eintreten können, in welchen dann gar kein

\*) Intze, Anlage von Thalsperren im Quellgebiet der Görlitzer Neisse, vergl. S. 28.

\*\*) Man vergl. Intze, Bericht über die Wasserverhältnisse der Gebirgsflüsse Schlesiens, Berlin 1899.

Betriebswasser vorhanden ist.“\*) Gleiche Erfahrungen sind beim Betriebe der Remscheider Thalsperre gemacht worden.

Es wird nun zwar leichter sein, ein annähernd gleichbleibendes Mittelwasser für die Bäche und Nebenflüsse zu schaffen, als die gewaltigen Wassermassen des Hauptstromes in ihrem Abfluss für das ganze Jahr zu reguliren. Indem aber erstere Zweck gefördert wird, wird dem letzteren gedient. Der relative Antheil der regulirten Abflussmenge des Nebenflusses gereicht auch dem Wasserlaufe, in welchen er mündet, zum Vortheil. Die beiderseitigen Interessen sind in letzter Linie in vollem Umfange identisch und das Endziel würde sein, die sämtlichen Nebenflüsse mittels Stauweiher auf eine möglichst gleichmässige Wasserführung zu bringen; damit würde auch im Hauptstrome eine mittlere Abflussmenge und eine gleichbleibende Fahrtiefe angebahnt werden, womit der Schiffahrt im höchsten Maasse gedient wäre. Aber von diesem idealen Ziele sind wir noch weit entfernt. Es würde jedoch schon viel gewonnen werden, wenn Erfolge in dem bescheidenen Umfange, wie oben näher dargelegt wurde, erreicht werden.

Fällt nun der Bedarf von Industrie und Schiffahrt bei einer nur periodischen künstlichen Speisung der Wasserläufe zeitlich zusammen oder mit anderen Worten: haben die Bäche und Nebenflüsse in derselben Zeit unter Wassermangel zu leiden wie der Hauptstrom? In dieser Hinsicht ist der Eigenart des einzelnen Stromgebietes ausschlaggebend.

Das Stromgebiet des Rheins gehört dem Hochgebirge, Mittelgebirge, Hügelland und der Tiefebene an. Dies charakterisirt seinen Wasserhaushalt. Der Rhein leidet nicht unter niedrigen Sommerwasserständen; sein Speisung findet während der Sommermonate durch das Schmelzwasser aus den Alpen statt. Erst wenn dieses gegen den Herbst hin nachlässt und auch aus dem deutschen Mittelgebirge keine Wasserzuführung erfolgt, tritt in den Monaten Oktober bis Februar Niedrigwasser ein. Anders ist die Wasserstandsbeugung in den vielen kleinen Zuflüssen des Rheins aus den Vogesen, dem Schwarzwald und den anderen Gebirgen. Im Durchschnitt einer langjährigen Beobachtung weisen diese Gewässer die kleinsten Monatsmittel im Juni, Juli, August und September auf. In dieser Zeit würde hier die künstliche Versorgung der Triebwerke mit Aufschlagwasser zu geschehen haben, während der Rhein dann dessen nicht bedarf. Ein zeitliches Zusammenfallen des Bedarfs in den Sommermonaten an dem Hauptflusse und seinen Zubringern findet hier also im allgemeinen nicht statt. Aber die Wasserarmuth der kleinen Bäche dauert — unterbrochen von einzelnen rasch abfliessenden Anschwellungen — vielfach bis in den Herbst hinein fort. Die grösseren und grössten Monatsmittel der Wasserstände fallen erst auf die Monate Dezember und auf den Ausgang des Winters. Würde demnach ein Abströmen aus den Sammelbecken in den Monaten Oktober und November in erster Linie dem Rheine zu Gute kommen, so würden doch auch die Triebwerke Nutzen daraus ziehen.

\*) Fecht, Ueber die Anlage und den Betrieb von Stauweihern in den Vogesen, Berlin 1893.

Eine zweite Niedrigwasserperiode im Gebirge pflegt im Januar und Februar aufzutreten, in welcher Zeit zwar die Niederschläge als Schnee bedeutende sind, aber nicht zum Abfluss gelangen. Und diese Wasserarmuth ist den Gebirgsflüssen wie dem Rheine gemeinsam, sodass hier eine Wasservermehrung beiden Theilen gleichmässig zu statten käme. Andererseits ist zu beachten, dass in den vorgenannten Bezirken die meisten Niederschläge im Herbst fallen, sodass also in der Zeit des Rheinniedrigwassers eine wiederholte Speisung und Füllung der Becken zu erwarten ist. Im südlichen Schwarzwald erreichen die Niederschläge im Oktober mit 11,2 v. H., im nördlichen Schwarzwald mit 10,7 v. H. des Jahresniederschlags den höchsten Monatsantheil. Auch die Niederschläge in den Sommermonaten sind in diesem Gebiet bedeutende, und wenn hinterher trotzdem Wasserarmuth in den kleinen Gebirgswässern herrscht, so hat dies neben der stärkeren Verdunstung in dieser Zeit vornehmlich in der schnellen Abströmung des Wassers bei starkem Gefälle seinen Grund, welche durch die Aufstauung hinter Thalsperren verhindert werden soll. Der Reichthum an Niederschlägen im Schwarzwald und in den Vogesen ist jedenfalls so bedeutend, das bei zweckmässiger Anlegung der Becken nach Grösse ihres Inhalts und des zugehörigen Niederschlagsgebietes ein Versagen infolge Leerlaufens auch in den trockensten Zeiten mit Sicherheit würde ausgeschlossen werden können.

Ausser in diesen Gebirgen ist es überhaupt für das Rheingebiet bezeichnend, dass in seinem grössten Theile der Sommerregen bedeutend ist, sodass überall die vornehmlich in den Frühjahrsmonaten gefüllten Becken in der Zeit der sommerlichen Wasserentnahme immer wieder frische Zufuhr erhalten würden. Im übrigen zeigt sich, dass, je grösser die Nebenflüsse sind, umso mehr die Zeit der niedrigen Wasserstände in diesen mit denen des Hauptstromes zusammenfällt. Am Neckar beispielsweise treten die Niedrigwasserstände im September und Oktober auf; es tritt hierin die Uebereinstimmung der Schiffsinteressen an Vermehrung des Wassers um diese Zeit am Haupt und seinen Gliedern zu Tage. Aehnlich ist es am Main, wo nach den Pegelbeobachtungen die niedrigen Wasserstände bis Ende November zu dauern pflegen.

Es würde sich sonach für den Betrieb der Sammelbecken die Richtschnur ergeben, ihre Füllung in den letzten Winter- und Frühjahrsmonaten erfolgen zu lassen und dieselbe mit Eintritt der trocknen Periode im Juni und Juli sicher zu stellen, sodass das gestaute Wasser in den Monaten Juni bis September in erster Linie zur Verstärkung des Aufschlagwassers der Triebwerke, in den Monaten Oktober, November und bis Februar, ergänzt durch die Regenfälle dieser Zeit, zu Kraftzwecken und zu Vermehrung des Niedrigwassers im Hauptstrome zu dienen hätte.

An den übrigen deutschen Strömen, welche lediglich dem Mittelgebirge entstammen, fallen die niedrigen Wasserstände in den Nebenflüssen und im Hauptstrome noch mehr zusammen als am Rhein. Beide Theile leiden hier unter lang anhaltenden niedrigen Sommerwasserständen, die durch einzelne schnell ablaufende Niederschläge in dieser Zeit — selbst wenn sie be-

deutenden Umfang haben — dauernd nicht beseitigt werden können. Hier fehlen die natürlichen Speisebehälter des Rheins: die Hochgebirgsseen und die Gletscher. Der Wechsel der Wasserstände ist daher ein schrofferer, nicht schroff im oftmaligen Wechsel von Steigen und Fallen, sondern in dem Unterschied zweier ziemlich scharf von einander getrennter Schwellungen, der hohen Winterwasserstände und der niedrigen Sommerwasserstände.\*) Im besonderen prägt sich dies an der Weichsel und Memel aus. Während der Rhein erst im September auf niedrigere Wasserstände herabzusinken beginnt, ist dies bei den anderen Strömen schon auf der Grenze von Mai und Juni der Fall; sie heben sich dann erst gegen November hin. Anders als durch künstliche Schaffung von ausgleichenden Becken ist eine durchgreifende Besserung hier nicht zu erreichen.

Als weiteres Wirthschaftsgebiet, welches aus der Anlage der Thalsperren Nutzen ziehen soll, kommt die Landwirthschaft hinzu. Hier fällt der Umstand ins Gewicht, dass das dem landwirthschaftlichen Betriebe dienende Wasser seiner Nutzbarkeit für Triebwerke und die Schifffahrt zum grossen Theile wiedergegeben wird. Es fliesst nach Bewässerung und Befruchtung der Wiesen in den Bach, dem es entnommen wurde, zurück und nur jener Theil wird verloren, der in der Verdunstung und Aufsaugung durch die Pflanzen aufgeht. Fecht\*\*) nimmt den hierbei entstehenden Verlust zu  $\frac{1}{3}$  an, sodass  $\frac{2}{3}$  der ursprünglichen Wassermenge als Kraft- und „Verkehrs“wasser wiederum nutzbar werden. Dabei ist zu beachten, dass die Bewässerung in der Hauptsache in die Frühjahrs- und ersten Sommermonate fällt, also in eine Zeit, in der im allgemeinen die Wasserverhältnisse für die Triebwerke nicht ungünstig sind und in der der Rhein eine künstliche Speisung nicht nöthig zu haben pflegt. Es werden also die für die landwirthschaftliche Bewässerung nothwendigen Wassermengen in dieser Zeit ohne Schaden für Schifffahrt und Industrie abgelassen werden können, da man überdiess als gesichert annehmen darf, dass dieser Abgang durch Niederschläge ersetzt werden wird. Es liegt somit auch auf diesem Gebiet eine Gegensätzlichkeit der Ansprüche nicht vor, und die Stauweiheranlagen in den Vogesen zeigen in bester Weise, wie es möglich gewesen ist, durch ihren Ausbau die alte Fehde zwischen Landwirthschaft und Gewerbe um das Wasser zu bannen und zu einer Harmonie der Interessen zu führen. Auch im Beverthale an der Wupper erkennt man dies und ist im Begriffe das Thalsperrenwasser für Wiesenbewässerung zu verwerthen, ohne zu fürchten, dass dadurch die industriellen Zwecke gefährdet werden.

Ein Blick in die Wasserwirthschaftspläne der Vogesen- und Wupperthalsperren weist auch auf die Gemeinsamkeit dieser Interessen mit denen der Schifffahrt hin. Der Betriebsplan des Alfeldweihers\*\*) zeigt, dass die Wasserabgabe — obwohl dieselbe dort lediglich nach dem Gesichtspunkte des gewerblichen und landwirthschaftlichen Nutzens erfolgt — sich zwar in

\*) Man vergl. Handb. d. Ing. Wiss. Bd. III 1892 Kap. I u. Taf. II.

\*\*) Ueber die Anlage und den Betrieb von Stauweihern in den Vogesen, Berlin 1893.

erster Linie auf die Sommermonate erstreckt, dass sie sich aber thatsächlich doch so gestaltet, dass auch der Rheinwasserstand daraus Vortheil zieht. Die Wasserabgabe in den Monaten Juni bis September beträgt darnach 55 v. H. der gesammten, überhaupt für die Niedrigwasservermehrung abgegebenen Wassermenge, während sie in den Monaten Oktober bis Februar, also in jener Zeit, in der die Hebung der Wasserstände auch der Schifffahrt zu Gute kommt, immerhin noch 33 v. H. ist. Nach dem Wirthschaftsplane der Wupperthalsperrengenosenschaft\*) soll die Wasserführung der mittleren Wupper für die Winterzeit (1. Nov. bis 15. April) auf mindestens 6,8 cbm, für das Sommerhalbjahr (15. April bis 1. Nov.) auf 5 cbm sekundlich ergänzt werden, was im letzteren Falle einer Wassermehrung um 4,5 cbm entspricht. Der Betriebsplan zeigt überdiess, dass eine wesentliche Abströmung aus den Thalsperren grade in den Monaten September, Oktober bis Januar stattfindet.

Die sonst vielfach auseinandergehenden Interessen der Landwirthschaft einerseits und der Industrie, Schifffahrt und des Handels andererseits vereinigen sich, wie dargelegt, in der Nutzbarkeit der Thalsperren in seltener und glücklicher Weise. Dazu kommt die Förderung der allgemeinen Wohlfahrt durch die Abwehr der Hochwasserschäden. Mehr und mehr bricht sich die Erkenntniss von dieser vielseitigen Verwendungsfähigkeit der Sammelbecken bei zweckmässigem Betriebe Bahn, nachdem ausgeführte Anlagen die Beweise dafür erbracht haben. Und die fortschreitende Entwicklung auf diesem Gebiet wird weitere klärende Ergebnisse liefern.

#### b. Die Gesamtgrösse des Stauraumes und seine Beschaffung.

Die Errichtung von Thalsperren lediglich für die Vermehrung des Niedrigwassers der schiffbaren Ströme, würde, wie oben bemerkt, bedeuten, dass der Betrieb derart gestaltet würde, dass die Sammelbecken bei Beginn der 60tägigen Trockenheit voll und am Ende derselben leer wären, um sich während der übrigen 10 Monate zu füllen, das heisst, dass sie einem Niederschlagsgebiet angepasst würden, dessen Jahresabflussmenge ihrem Fassungsraume gleichkommt. Es würde also nur eine einmalige Füllung der Becken erfolgen. Das wäre ein sehr ungünstiger Zustand, den man vermeiden wird. Länder der Tropen haben allerdings eine solche Witterungslage, dass sich der Jahreslauf streng in eine trockne und eine nasse Hälfte trennt. Die Niederschläge in Algier fallen fast ausschliesslich in der Zeit von September bis April, sodass man das Wasser der Regenzeit für die Trockenperiode in nur einmaliger Füllung in Sammelbecken aufspeichern muss.

\*) Intze, Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge, Hannover 1899.

In Deutschland sind aber die Verhältnisse des Wasserhaushaltes günstiger und die Schwankungen der Niederschlags- und Abflussmengen sind beträchtliche, sodass Hochfluthen im Gebirge mit Zeiten niedriger Wasserstände oftmals im Jahre abwechseln. Nach den Erfahrungen im Wuppergebiet wiederholen sich dort, wie erwähnt, jährlich 10—12 grössere Anschwellungen, und es hat sich als zweckmässig erwiesen, die Grösse der Staubecken so zu wählen, dass in jedem Jahre auf eine etwa  $2\frac{1}{2}$ —3malige Füllung gerechnet werden kann. Dann stehen die Kosten der Anlage und die wirtschaftliche Ausnutzung des Wassers am besten mit einander im Einklang.

Indem man für den vorhin für die Speisung des Rheins zu Schifffahrtzwecken als erforderlich berechneten Gesamtstauinhalt von 800 Millionen cbm eine dreimalige Füllung voraussetzt, kommt man zu einer für gewerbliche und landwirthschaftliche Zwecke verwertbaren Wassermenge von  $800 \cdot 3 = 2400$  Millionen cbm. Nimmt man in Uebereinstimmung mit der oben angegebenen Dauer der Niedrigwasserstände der Gebirgsflüsse im Schwarzwald und in den Vogesen und unter Anhalt an die Verhältnisse an der Wupper an, dass dieser Vorrath an 180 Tagen im Jahre für die Industrie und Landwirthschaft zur Abströmung gelangt, während in der übrigen Zeit der Bedarf aus der natürlichen Wasserführung der Bäche gedeckt wird, so beträgt die mittlere sekundliche Abflussmenge  $\frac{2400\ 000\ 000}{180 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} =$  rund 154 cbm. Damit würde, wenn man die Verluste bei der Abströmung berücksichtigt, dem Bedarf der Schifffahrt in den 60 Tagen — 135 cbm/sec — gerade genüge geschehen.\*) Aber es sollen die erforderlichen 800 Millionen cbm für die 60 Tage der Schifffahrt gewissermaassen als ein eiserner Bestand vollkommen sicher gestellt werden, um nicht bei sehr trockner Zeit und starkem Kraftbedarf in Verlegenheit zu kommen. Denn es ist im Betriebe verlockend, wenn Wasser aufgespeichert vorhanden ist, recht viel zu entnehmen, mehr als das zulässige Maass beträgt, und da kann sich nachher leicht ein fühlbarer Mangel einstellen. Dann beträgt der gesammte Fassungsraum der Becken 1600 Millionen cbm; die jährliche Nutzwasserabflussmenge aber  $2400 + 800 = 3200$  Millionen cbm. Für gewerbliche und landwirthschaftliche Zwecke stehen die vollen 3200 Millionen cbm zur Ausnutzung bereit, da die für die Schifffahrt vorgesehenen 800 Millionen cbm in einer Zeit zur Abströmung gelangen, in der auch die Industrie an der Wasservermehrung der Gebirgsläufe Interesse hat. Eine geschickte Anordnung des Betriebes würde es nach Maassgabe der Erfahrungen gewiss möglich machen, auch den Reserveraum der Schifffahrt durch 3malige Füllung für die Industrie nutzbar zu machen, sodass dann  $1600 \cdot 3 = 4800$  Millionen cbm jährlich als Kraftwasser abströmen; es sollen jedoch zur Sicherheit für die Berechnung des Nutzens nur die obigen 3200 cbm als das durch die Thalsperren gewonnene Mehr an Nutzwasser in Ansatz gebracht werden.

Es ist nun zu prüfen, ob die Gestaltung des Geländes am Rhein, sowie

\*) Vergl. Abschn. II. A. a.

seine Niederschlags- und Abflussverhältnisse die 3200 bzw. 4800 Millionen cbm Jahresabflussmenge und den Stauinhalt von 1600 Millionen cbm würden gewinnen lassen. Als Unterlage für diese Beurtheilung sei zunächst auf die einschlägigen Beziehungen bei einigen ausgeführten bzw. entworfenen Thalsperrenanlagen hingewiesen.

Nach den genauen Messungen für die 16 ausgeführten bzw. zur Ausführung bestimmten Thalsperren im Wupper- und Ruhrgebiet hat sich bei einer Grösse des Niederschlagsgebietes im einzelnen von 0,87 bis 52,7 qkm im Mittel eine jährliche Abflussmenge von 1 Millionen cbm von je 1,28 qkm Niederschlagsgebiet ergeben. Stärker ist der Abfluss in den Vogesen, der sich nach den Angaben von Fecht zu 1 Millionen cbm von je 0,8 qkm berechnet. An der Gileppe beträgt die jährliche Abflussmenge etwa 1 Millionen cbm von je 2 qkm, an der Görlitzer Neisse in Böhmen in der Nähe von Röchlitz bei 103 qkm Gesamtgrösse 1 Millionen cbm von 1,7 qkm, bei Ketten am selben Flusse, wo das Niederschlagsgebiet bereits 302 qkm gross ist, 1 Millionen von je 3,7 qkm.\*) An der Urft (Eifel) fliessen nach genauen Messungen 1 Millionen cbm jährlich von je 2,3 qkm ab. Es zeigt sich hier, wie mit wachsender Grösse des Niederschlagsgebiets die Abflussmenge verhältnismässig abnimmt.

Maassgebend für die Anlegung der Sammelbecken im einzelnen sind neben den Niederschlags- und Abflussmengen, die Geländebeziehungen, die die geologische Beschaffenheit des Gebirges sowie die Rücksicht auf eine zweckmässige Lage, um aus dem Betriebe der Thalsperren möglichst günstige Ergebnisse zu erzielen.

Das Stromgebiet des Rheins ist in dieser Beziehung vortheilhaft gestaltet. Die Gletscher der Alpen und die vielen Hochgebirgsseen in seinem Quellgebiet und dem der Aare bilden ein bedeutendes natürliches Sammelbeckensystem für die Wasserversorgung des Rheins und geben seiner Wasserführung eine grosse Gleichmässigkeit. Die Herstellung künstlicher Becken in der Schweiz dürfte allerdings wegen der Geschiebeführung der Flüsse und wegen der starken Veränderlichkeit der Formationen Schwierigkeiten bereiten. Auch lässt die ganze Stromgestaltung oberhalb Basel die Benutzung des Rheins für Schifffahrtzwecke in grösseren Umfange nicht zu. Erst von Basel abwärts wird sein Ausbau für die Grossschifffahrt in Frage kommen können. Die Verhältnisse des Stromgebietes auf der Strecke von hier bis zur Mainmündung würden für die Errichtung von Thalsperren günstig sein. Der Rhein durchströmt hier das ehemalige Seebecken der oberrheinischen Tiefebene, rechts begleitet vom Schwarzwald, Odenwald und Spessart, links von den Vogesen, dem Haardtgebirge und dem Pfälzer Bergland.

Eine grosse Zahl wenig oder garnicht geschiebeführender Flüsse eilt von beiden Seiten dem Strome zu. Die Flüsse der rechten Seite haben

---

\*) Intze, Anlage von Thalsperren im Quellgebiet der Görlitzer Neisse, Votr. in Reichenberg am 13. Jan. 1901.

Fallhöhen von 900 m (Murg) 836 m (Rench) und 680 m (Kinzig) und liegen eingeschnitten in festem Gebirge. Weiter stromab bildet der Neckar eine kräftige Speisung des Rheins; er kommt aus einer Höhe von 707 m ü. d. M., seine Nebenflüsse aus noch höheren Bergen; sodann folgt der Main, dessen Quellen 890 bezw. 581 ü. d. M. liegen. Das Gesamtniederschlagsgebiet auf der Stromstrecke von Basel bis zur Mainmündung beträgt rund 62000 qkm. Die grosse Anzahl der Nebenflüsse gestattet dem wachsenden Bedürfniss entsprechend die künstliche Speisung allmählich zu erhöhen, sodass bei Mainz die oben erörterte volle Wirkung erreicht sein könnte, während die Gebiete der Nahe, Lahn Mosel und der übrigen stromab gelegenen Nebenflüsse heranzuziehen sein würden zu weiteren Ergänzungen und zum Ausgleich der Wasserstandsbewegungen in den einzelnen Stromtheilen, welche dadurch hervorgerufen werden, dass die Nebenflüsse dem Rheine zu verschiedenen Zeiten ihre Schwellungen zuführen. Aus der Anlegung von Sammelbecken für Kraftzwecke und die anderen Wirthschaftsgebiete dürfte sich eine solche Dezentralisation von selbst ergeben.

Ein Blick auf die Niederschlagskarte des Rheins lässt erkennen, dass das Stromgebiet von Basel bis zur Mainmündung bedeutende Regenhöhen hat. Die Niederschlagshöhen der Vogesen und des Schwarzwaldes kommen denen der Alpen nahe; die jährliche Regenhöhe steigt auf 1600—1800 mm an. Auch die übrigen Gebirge dieses Stromgebiettheiles zeigen noch grossen Regenfall bis zu 1200 mm. So ist dieser Bezirk förmlich wie ein natürliches Becken für die Wasserspeisung anzusehen, der nur derjenigen Maassnahmen bedarf, um die im Jahreslauf ungleich fallenden Niederschläge in gleichmässig vertheilte Abflussmengen umzuwandeln.

Für den Schwarzwald und die Vogesen beträgt die Flächengrösse mit 1000—1200 mm Jahresniederschlag rund etwa 7400 qkm, sodass schon diese Bezirke — wenn man unter Anhalt an die oben gemachten Angaben auf 1 Million cbm Jahresabflussmenge von je 1,5 qkm Niederschlagsgebiet rechnet — die erforderliche Wassermenge von 3200 bezw. 4800 Millionen cbm liefern würden. Die Hauptgesteinsmasse des Schwarzwaldes ist Gneiss, die der Vogesen Granit. Die ausgeführten grossen Anlagen in den Vogesen thun dar, dass dieses Gebirge den Bau von Thalsperren durchaus zulässt und dass geeignete Thalmulden zu finden sind; und auch der Schwarzwald weist Sammelbecken bis zu 33000 cbm Inhalt auf. An guten Bausteinen an Ort und Stelle, dieser wesentlichen Voraussetzung für die Herstellung billiger Sperrmauern, dürfte kein Mangel sein.

Aber es würde nicht möglich sein, auf einem so kleinen Gebiet die nöthige Anzahl von Thalsperren zu errichten. In vielen Thälern lässt dies die Bebauung nicht zu; auch ist es technisch nicht durchführbar, das ganze Niederschlagsgebiet abzufangen. Andererseits zwingt die Rücksicht auf möglichste Ausnutzung des Gefälles dazu, sich auf das Quellgebiet der Nebenflüsse zu beschränken; auch darf in einem begrenzten Gebiet nicht eine zu grosse Zahl von Becken angelegt werden, damit nicht das Flussbett durch die künstliche Speisung über ein gewisses Fassungsvermögen belastet

wird, wodurch die Landwirthschaft und sonstige Interessen gefährdet werden könnten.

Zu beachten ist fernerhin, dass die Abflussmenge von 3200 Millionen cbm jährlich als Nutzwasser berechnet wurde. Es ist dabei vorausgesetzt worden, dass darin nicht jene Wassermassen eingeschlossen sein sollen, welche von den Triebwerken und sonstigen Wirthschaftszweigen auch ohne Sammelbecken ausgenutzt werden. Nach genauen örtlichen Ermittlungen an den bestehenden Werken im Wupperthal hat sich ergeben, dass dort vor Errichtung der Thalsperren etwa 60 v. H. des Jahresabflusses ungenutzt abströmten. Dem entsprechend werden z. B. an der Beverthalsperre von 17,5 Millionen cbm jährlicher Abflussmenge durch die Aufstauung 12 Millionen cbm nutzbar gemacht. Diese 60 v. H. stellen sich in den obigen 3200 Millionen cbm dar. Als thatsächliche Abflussmenge müssten also noch 40 v. H. mehr oder rund 4500 Millionen cbm jährlich gewonnen werden, während zur Herstellung eines mittleren Jahresabflusses\*) ein Aufschlag von 60 v. H. zu machen ist, sodass dann 5120 Millionen cbm erforderlich wären. Es ist Aufgabe des 1600 Millionen cbm umfassenden Stauraumes, die beim Abfluss der letzteren Wassermassen eintretenden Schwankungen auszugleichen.

An der Wupper, deren Gesamtniederschlagsgebiet bei der Einmündung in den Rhein 600 qkm beträgt, werden schon jetzt rund 44 Millionen cbm jährlicher Abflussmenge durch 7 Thalsperren mit einem Gesamtfassungsraum von rund 13 Millionen cbm gestaut. Legt man diesen Maassstab zu Grunde, so würden aus dem 62000 qkm grossen Niederschlagsgebiet des Rheins auf der Strecke von Basel bis zur Mainmündung die obigen 4500 Millionen cbm und annähernd die 1600 Millionen cbm Stauraum gewonnen werden können. Und dabei wird man anerkennen müssen, dass die Wasserausnutzung an der Wupper noch keineswegs eine intensive ist und dass noch viele Thäler zu finden wären, in denen sich Thalsperren mit Vortheil erbauen liessen.\*\*). Dieselbe Folgerung wird man auch für die Mittelgebirge des oberen Rheingebietes ziehen dürfen, sodass anzunehmen ist, dass die Beschaffung des Stauraumes schon allein in den genannten Bezirken in dem hier gekennzeichneten Rahmen auf Schwierigkeiten nicht stossen würde.

Aber auch in anderen Stromgebieten Deutschlands liegen die Verhältnisse nicht ungünstig. Wenn auch der Wasserreichthum der Gebirge und die natürliche Wasserführung unserer Ströme nicht so bedeutend ist, als wohl in anderen Ländern, wie etwa in Russland und Amerika, so sind wir von der Natur doch auch gewiss nicht verwaist. Interessant ist es in dieser Hinsicht, den Vergleich eines russischen Ingenieurs zwischen Deutschland und Frankreich zu hören. Er schreibt:\*\*\*). Quand on juxtapose les voies

\*) Vergl. S. 27.

\*\*) Vergl. auch Bachmann, Die Lingese-Thalsperre bei Marienheide mit Karte des Wuppergebietes, Centralbl. der Bauverw. 1901 S. 106.

\*\*\*) de Hoerschelmann, Aperçu historique, vergl. S. 10.

navigables de la France et de l'Allemagne à celles de la Russie on voit qu'en France, relativement parlant, les rivières ne sont pas grandes; elles ont, pour la plupart du temps, des pentes assez fortes et, à l'étiage, leur débit d'eau est peu considérable. C'est pourquoi, à quelques exceptions près, les rivières de France ont eu besoin d'être éclusées et canalisées pour pouvoir servir avec avantage de voies de navigation intérieure . . . . . En Allemagne les rivières navigables sont plus grandes et leur amélioration a pu être effectuée comparativement avec des dépenses moins fortes que celles qui ont été faites dans le même but en France. Les rivières allemandes ont des pentes moins raides et, pour la plupart, un débit d'eau plus abondant. Le plus souvent on n'a pas eu besoin de les canaliser pour leur donner une profondeur d'eau convenable; on a pu se borner à des travaux de régularisation qui sont moins coûteux que les ouvrages d'art servant à la canalisation des cours d'eau. Ainsi les qualités des rivières d'Allemagne sont plus favorables à l'amélioration de leur navigabilité qui peut être réalisée avec des dépenses comparativement modiques. De ce que nous venons de dire il résulte qu'une certaine somme employée pour l'amélioration des voies navigables sera d'une plus grande productivité en Allemagne qu'elle ne pourrait l'être en France. Der Verfasser führt dann weiter aus, dass in Russland „les conditions naturelles des fleuves navigables sont encore plus avantageuses.“

Und trotz dieser ungünstigen Sachlage haben in Frankreich der Thalsperrenbau und die Wasserwirtschaft eine so hohe Ausbildung gefunden, und man ist dort im Begriffe, dem Schiffsverkehr durch grosserweiterten Ausbau der Flüsse und Kanäle erneuten Aufschwung zu geben.

Unsere Ströme sind gleichmässig über das ganze Land verbreitet. Wenn im Osten für die Anlegung künstlicher Becken die Niederschlags- und Formationsverhältnisse weniger günstig sind, so hat die Natur in den Seen Ostpreussens Behälter geschaffen, deren Wasserreichthum eine Quelle der Wohlfahrt werden könnte. Aber auch künstliche Stauungen würden sich dort einrichten lassen. Hempel \*) bemerkt hierzu: „Die der Ostsee vorgelagerten Hochebenen in Ost- und Westpreussen und in Pommern entsenden zahlreiche Flüsse nach dem Meere, die bei ihrem Austritt aus dem Oberland ins Unterland tief eingeschnittene Rinnen bilden, die vielfach zur Einrichtung von Thalsperren geeignet sind, und denen bedeutende Wassermengen zur Verfügung stehen.“ Günstiger als hier gestalten sich überdies die Geländeverhältnisse nach Westen hin. Es ist bekannt, dass für die linksseitigen Gebirgszuffüsse der Oder Sammelbecken von grossem Rauminhalt theils im Bau begriffen, theils zur Ausführung bestimmt sind. Ausserdem sind in Schlesien und Böhmen viele Theile zur Anlage von Stauweihern für geeignet befunden worden. Sachsen rüstet zum Bau von Thalsperren an der Weisseritz (Elbe) und im Muldegebiet. Die Anlage der Stadt Chemnitz

---

\*) Zur Umgestaltung der Wasserwirtschaft, vèrgl. S. 14.

hat die Tauglichkeit dieses Hügellandes für derartige Ausführungen dargethan. Der Harz ist, wie schon eingangs erwähnt, von alters her eine Stätte der Wasserstauungen für Kraftzwecke. Der gesammte Stauinhalt der Harzer Teiche beträgt etwa 10 Millionen cbm; den grössten Fassungsraum besitzt der Oderteich mit 1,7 Millionen cbm bei 15,7 ha Wasserfläche; er wurde in den Jahren 1714—21 angelegt.\*) Neue Werke sind hier geplant. Die Stadt Nordhausen a. H. ist im Begriffe, ihre Wasserversorgung durch den Bau einer Thalsperre zu sichern. In Rheinland und Westfalen hat der Thalsperrenbau feste Wurzel gefasst und findet immer reichere Ausbreitung. Wenn noch auf die Stauweiheranlagen in den Vogesen, auf die Pläne der braunschweigischen Regierung bezüglich des Ockerflusses und das Vorhaben der Stadt Frankfurt a. M., am Vogelsberge eine grosse Neuanlage für Trinkwasserversorgung zu schaffen, hingewiesen wird, so geht aus diesen Beispielen, die jedoch keineswegs erschöpfend sind, hervor, wie in allen Theilen Deutschlands Entwürfe und Ausführungen von Thalsperren im Gange sind, und es wird kein besserer Beweis, als diese Thatsache zu erbringen sein, wie ausgezeichnete Vorbedingungen für die technische Möglichkeit zur Herstellung eines über das ganze Land gleichmässig ausgebreiteten Sammelbeckensystems vorhanden sind.

### c. Die Kosten.

In der obigen Kostenberechnung (Abschn. II A. b) wurde der Preis von 0,40 Mk. für 1 cbm Stauinhalt bei einer Grösse der Becken bis zu 3 Millionen cbm zu Grunde gelegt. Es ist sicher, dass mit wachsendem Fassungsraum sich dieser Einheitssatz vermindert. Während z. B. bei der Ronsdorfer Thalsperre mit 300 000 cbm Inhalt die Kosten für das cbm gestautes Wasser 1,70 Mk. betragen, also wesentlich über jenem Mittelsatz liegen, sinken dieselben für die Thalsperre im Hennethale bei Meschede (Ruhr) bei 9,5 Millionen cbm Inhalt auf 24 Pf. für 1 cbm, für die Thalsperre im Ennepethale ebenda bei 10 Millionen cbm Inhalt auf 26 Pf., für die Urftthalsperre in der Eifel bei 45 Millionen cbm auf 9 Pf. f. d. cbm, alle Preise einschliesslich Grunderwerb, herab. Dieselbe Wahrnehmung lässt sich an den für Böhmen geplanten Sammelbecken machen. Während der Durchschnittspreis für die kleineren Becken bis 630 000 cbm Fassungsraum sich auf 1,40 Mk./cbm stellt, fällt derselbe bei den grösseren Becken über 2 Millionen cbm Inhalt auf 0,51 Mk./cbm einschliesslich Grunderwerb.\*\*)

Die Geländeformation hat naturgemäss einen wesentlichen Einfluss auf die

\*) Nach Ziegler, Thalsperrenbau, vergl. S. 3.

\*\*) Nach Intze, Entwicklung des Thalsperrenbaues in Rheinland und Westfalen und Ueber die Anlage von Thalsperren im Quellgebiet der Görlitzer Neisse. Nicht im Buchhandel.

Kostenhöhe. Ein in der Sohle flach ansteigendes geräumiges Thal zwischen hohen steilen Berghängen, in dem sich an passender Stelle eine Einschnürung für den Einbau der Sperrmauer vorfindet, wird einen niedrigen Einheitspreis für den Stauinhalt zur Folge haben; ein breites Thal mit flachen Hängen und starkem Gefälle erfordert ein langes Abschlusswerk, zeigt ein ungünstiges Verhältniss des Stauinhaltes zu der überstauten Fläche und wird vermehrte Kosten ergeben. Es ist Sache des Ingenieurs, hierauf sein Augenmerk bei Auswahl der Lage der Thalsperre zu richten. Aber auch bei gegebenem Gelände ist die Höhe der Sperrmauer und die Grösse des Stauinhaltes von Bedeutung für die Baukosten. Der Fassungsraum eines Sammelbeckens vergrössert sich in ungleich stärkerem Verhältniss, als die Höhe der Sperrmauer wächst. Das Becken ist eine auf die Spitze gestellte Pyramide. Die graphische Darstellung mit dem Axensystem von Stauhöhe und Stauinhalt zeigt daher für die Zunahme des Stauinhaltes bei wachsender Stauhöhe eine Kurve mit steil steigendem Ast, welche etwa die Form der Parabel besitzt. Es hat z. B. die Solinger Thalsperre im Sengbachthale bei rund 43 m Gesamthöhe 3 Millionen cbm Fassungsraum. Hätte man einen Aufstau von nur 1 Millionen cbm erzielen wollen, so hätte die Mauer — an derselben Stelle erbaut — 30 m Höhe erhalten müssen. Während also die Zunahme der Höhe weniger als  $\frac{1}{2}$  beträgt, vermehrt sich der Stauinhalt auf das Dreifache. In den oberen Lagen vergrössert jedes steigende m den Inhalt um 200 000 cbm, während die untersten 5 m zusammen nur rund 20 000 cbm stauen. Die grosse Sperrmauer erfordert rund 64 000 cbm Mauerwerk, während die kleinere 27 000 cbm Mauerinhalt haben würde. Auch die überstaute Fläche vergrössert sich nicht in gleichem Verhältniss mit der Höhe. Während im vorliegenden Falle die Stauffläche bei 3 Millionen cbm Inhalt 22,9 ha beträgt, ist dieselbe bei 1 Millionen cbm 11 ha gross, und das Vorbecken der Solinger Anlage bei 100 000 cbm Fassungsraum hat 3,3 ha Wasserfläche. Dazu kommt, dass den ausschlaggebenden Theil der Grunderwerbskosten die werthvolle Wiesenfläche der Thalsohle abgiebt. Die letztere wird aber bei den kleineren Becken verhältnissmässig in weit höherem Maasse in Anspruch genommen als bei dem grossen. Berechnet man die Grunderwerbskosten des Hauptbeckens von 3 Millionen cbm und diejenigen für die benetzte Fläche von 1 Million cbm und die des Vorbeckens von 0,1 Millionen cbm Inhalt, so ergibt sich, dass sich dieselben wie 5 : 3 : 1, verhalten, während das Verhältniss der Wasserinhalte 30 : 10 : 1 ist. Alle diese Umstände können natürlich nicht ohne Wirkung auf die Höhe des Einheitspreises des gestauten Wassers sein. Derselbe beträgt daher für das Becken von 3,0 Millionen cbm einschl. Grunderwerb 0,44 M/cbm, während er sich für die Sperrmauer von 1,0 Millionen cbm — an derselben Stelle und in entsprechend gleicher Konstruktion errichtet — auf 0,58 M/cbm stellen würde.

Aus diesen Erwägungen heraus muss man zu dem Ergebniss gelangen, dass die Anlage möglichst geräumiger Staubecken anzustreben sein wird. Bietet das Gelände den Vortheil, dass man mit einem niedrigen Abschluss-

werk eine grosse Wassermenge aufsammeln kann, so ist das um so günstiger. Andernfalls wird man in Betracht ziehen müssen, durch Erhöhung der Mauer den Inhalt zu vergrössern, wenn es möglich ist durch Verlegung thalabwärts ohne Aenderung sonstiger Verhältnisse oder durch Hinzunahme von Nebenthälern des Niederschlagsgebiet und die Abflussmenge zu vermehren. Man wird unter Wahrung dieser Gesichtspunkte darauf rechnen können, den vorhin gewählten Einheitssatz von 0,40 M/cbm wesentlich zu ermässigen. Immerhin soll dieser hohe Preis zur grösseren Sicherheit hier beibehalten werden. Die Beschaffung des oben ermittelten Stauraumes von 1600 Millionen cbm würde demnach 640 Millionen Mark erfordern.

#### d. Der Ertrag und volkswirtschaftliche Nutzen.

Die nachfolgende Ertragsberechnung konnte naturgemäss nur unter Zugrundelegung allgemeiner Verhältnisse aufgestellt werden.

Mag an den hier getroffenen Annahmen das eine oder andere angezweifelt werden und mag diese oder jene Voraussetzung bei genauer Untersuchung durch die Thatfachen eine Aenderung erleiden, das Eine aber wird man als in Wirklichkeit festgestellt ansehen müssen, dass alle bisherigen deutschen Thalsperren ihre Nützlichkeit erwiesen haben und günstige Betriebsergebnisse liefern, und dass, wo immer bisher Ermittlungen stattgefunden haben, um durch die Errichtung von Sammelbecken in die bestehenden wasserwirtschaftlichen Verhältnisse einzugreifen, das Ergebniss stets ein positives gewesen ist und die Möglichkeit dargethan hat, auf diesem Wege die allgemeine Wohlfahrt zu fördern. Wo aber dieser Erkenntniss die Thaten nicht gefolgt sind, sind äussere Umstände — meistens die Schwierigkeit der Finanzierung, die mit der Einsicht vom Guten allein nicht zu überwinden ist, wenn die Mittel fehlen, sowie auch entgegenstehende rechtliche Verhältnisse, hervorgerufen durch eine unzureichende Wassergesetzgebung — die Ursache gewesen.

Das möge bei Beurtheilung dieser allgemeinen Untersuchung nicht unbeachtet gelassen werden.

1. Ertrag aus der Kraftverwerthung. Bei der Berechnung des Ertrages, der aus der Verwerthung der in den Sammelbecken aufgespeicherten Kraftenergie zu gewinnen ist, wurde von der Annahme ausgegangen, dass dieselbe in Form von Betriebswasser abgegeben wird. Die Anlagen für die Kraftausnutzung, — Wassertriebwerke, Kraftstationen, Bewässerungsanlagen u. a. m. — wurden als Sache der Interessenten angesehen. Desshalb ist der Preis für die effektive Pferdekraft in der Gefällwirkung, wie sie dem Abnehmer dargeboten wird, in Ansatz gebracht worden.

Die aus dem Wasser gewonnene mechanische Arbeitsleistung setzt sich aus der sekundlichen Aufschlagmenge und dem Gefälle zusammen. Um eine Vergleichsunterlage zu schaffen wurde die gesammte zur Verfügung

stehende Wassermenge von 3200 Millionen cbm auf einen gleichmässigen Abfluss in 300 Tagen bei 12 stündiger Betriebszeit, entsprechend sonstigen Kraft- und Kostenberechnungen, vertheilt gedacht. Dann ergibt sich eine sekundliche Nutzwasserabflussmenge von  $\frac{3\,200\,000\,000}{300 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 12} = 246,9$  cbm.

Für das nutzbare Gefälle sind die Höhenverhältnisse des Schwarzwaldes, der Vogesen und des Main- und Neckargebietes zu Grunde gelegt, da diese Gebirge für die Anlegung eines Sammelbeckensystems am Rhein zunächst in Betracht kommen würden.

Die mittlere Kammhöhe des Schwarzwaldes in seinem regenreichen Theile beträgt etwa 900 m über dem Meere, während sich die höchste Spitze, der Feldberg im Süden, bis zu 1493 m ü. M. erhebt. Wenn man die mittlere Wasserspiegelhöhe des Rheins auf dieser Strecke mit 200 m ü. M. ansetzt, so ist vom Kamm des Gebirges bis zum Strom ein mittleres Gefälle von 700 m zu rechnen. Die Sammelbecken wird man, wie bereits betont, möglichst hoch in das Quellgebiet der Nebenflüsse legen, um soviel Gefälle als angängig zu erreichen. Man ist hierbei der doppelten Forderung gegenübergestellt, dass ein ausreichend grosses Niederschlagsgebiet vorhanden sein muss und dass der Stauinhalt der Becken, wofür sich im oberen Gebirge im allgemeinen weniger günstige Gelegenheit bieten wird, nicht zu klein sein darf. Die Sammelbecken mögen im oberen Drittel der Fallhöhe Platz finden, und es sei unter Anhalt an die Verhältnisse an der Wupper angenommen, dass eine thatsächliche Ausnutzung des Gefälles in den Triebwerken auf  $\frac{2}{3}$  stattfinde; dann ergibt sich ein Nutzgefälle von  $700 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3} =$  rund 310 m. Für den Odenwald beträgt die mittlere Höhe über dem Rheinwasserspiegel etwa 400 m, für den Spessart 300 m, für die Quellgebirge des Main und Neckar i. D. 300 m, während die Quellen dieser Flüsse selbst aus viel beträchtlicherer Höhe kommen. (Neckar 707 m ü. M., Main 890 bezw. 581 m ü. M.). Die Kammhöhe der Vogesen im südlichen Theile ist etwa 800 m über Rheinöhe, im nördlichen Theile und im Haardtgebirge 300 m. Die meisten Zubringer des Niederschlagswassers aus diesen Gebieten sind nicht schiffbar, sodass die Ausnutzung des Gefälles nach dieser Richtung hin nicht beschränkt wird. Es dürfte hier nach nicht zu hoch gegriffen sein, wenn man die mittlere nutzbare Gefällhöhe mit 250 m in die Rechnung einführt.

Bei einem mittleren Wirkungsgrad der Wassermotoren (Turbinen) von 0,75 werden dann aus dem Wasservorrath der Sammelbecken  $\frac{246900 \cdot 250 \cdot 0,75}{75} = 617\,250$  effektive Pferdekkräfte gewonnen.

Für den Nutzwert einer Jahrespferdekraft sei der Betrag von 80 Mark eingesetzt, welcher von den Mitgliedern der Thalsperren genossenschaft der Wupper erhoben wird. Dann ergibt sich aus der Kraftverwerthung an des Thalsperrenwassers ein Jahresertrag von  $617\,250 \cdot 80 = 49,38$  Millionen Mark.

Zum Vergleich sei die Nutzberechnung der Vogesenstauweiher im Alfeld und im oberen Fechtthale (Altenweiher, Schiessrothried, Forellen-

weiher und Sulzerersee) herangezogen. Nach Fecht ergeben dieselben bei rund 2,89 Millionen cbm Fassungsraum als Kraftgewinnungsanlagen eine jährliche Rente von 72 000 Mark, also 2,5 Pfennig für 1 cbm Stauinhalt, wobei mit einem Nutzgefälle von 100 m für 3,6 Millionen cbm und von 145 m für 2,5 Millionen cbm Abflussmenge gerechnet wird. Wendet man dieses Ergebniss auf den vorliegenden Fall an, so erhält man einen jährlichen Ertrag von  $1600\,000\,000 \cdot 0,025 = 40$  Millionen Mark.

2. Landwirthschaftlicher Ertrag. „Der Nutzen der Bewässerung besteht nicht allein in der Steigerung der grössten Ernteergebnisse, sondern in der Erhöhung der Durchschnittsernte und in der Sicherung gleichmässiger Ernten, wodurch die Sicherstellung der Viehhaltung erzielt wird.“<sup>\*)</sup> Also in der unbedingten Gewissheit, dass auch in trockenster Zeit genügender Wasservorrath vorhanden ist, liegt ihr wesentlichster Nutzen und die Gewähr des Ernteertrages. Wie soll diese Sicherstellung aber in den Gebirgsthälern erfolgen, wo ohnehin schon die Triebwerke unter monatelanger Dürre zu leiden haben! Das beste System der Bewässerungsgräben muss nutzlos und überflüssig werden, wenn in den kritischen Wochen die Wasserspeisung fehlt. Und das kann dort nicht anders sein, wo von dem Ueberfluss nasser Perioden kein Vorrath für die trockene Zeit künstlich aufgehoben wird.

Durch die Anlegung der Stauweiher wurde in den Vogesen dieses Ziel einer gesicherten Wasserversorgung erreicht, und der Mehrertrag der Ernte wird für die Wiesen an der Doller auf 50 M. f. d. ha, und für die Wiesen im Fechtthale auf 60 M. f. d. ha angegeben. Der Gesamtnutzen der Landwirthschaft in diesen Thälern berechnet sich darnach zu 86 000 M. jährlich, wobei 1600 ha bewässert werden<sup>\*\*)</sup> Der Stauinhalt der Becken beträgt, wie bemerkt, 2,89 Millionen cbm, sodass aus je 1 cbm ein Nutzen von 2,97 Pf. erzielt wird.

Auch im Schwarzwald und im Maingebiet ist die Benutzung des Wassers zur Berieselung in ausgedehntem Maasse verbreitet, und es sind hierfür eine grosse Zahl kleiner künstlicher Weiher vorhanden, um die zeitweise Knappheit des Wassers zu decken. Für den Schwarzwald wird der infolge der Wiesenberieselung geschaffene Mehrwerth gegenüber nicht bewässerten Ländereien bei sonst gleicher Lage und Beschaffenheit zu 4000 M. für 1 ha angenommen. Für 80 000 ha bewässerter Wiesen im südlichen und westlichen Schwarzwald wird darnach die Werthsteigerung der Ländereien zu 240 Millionen Mark berechnet.<sup>\*\*\*)</sup> Es wird vielleicht nicht überall in gleichem Maasse wie hier die Bewässerung vortheilhaft und anwendbar sein; aber es ist gewiss, dass die Entwicklung dieses Meliorationsbaues in den Gebirgsthälern in den letzten Jahrzehnten erhebliche Fortschritte gemacht hat. Am Main umfasste dieselbe Ende der 80er Jahre des abgelaufenen Jahrhunderts 48 v. H. Fläche mehr als im Jahre 1860 und im Grossherzogthum Baden

\*) Handb. der Ingenieur-Wissensch. B. III, 1897 Kap. IX.

\*\*\*) Fecht, vergl. S. 30

\*\*\*) Rheinstromwerk, vergl. S. 20

sind in der Zeit von 1870—88 etwa 10 000 ha Fläche als bewässerbare Wiesen angelegt worden.

Es sei daher nur die Hälfte des aus den Vogesenstauweihern erzielten Nutzens in Ansatz gebracht; dann kann aus dem Stauinhalt von 1600 Millionen cbm für die Landwirthschaft ein Ertrag von  $1600000000 \cdot 0,015 = 24$  Millionen Mark jährlich erwartet werden.

3. Hochwasserschadenverhütung. Den Nutzen des Hochwasserschutzes der Sammelbecken im Rahmen einer allgemeinen Untersuchung in Zahlen auszudrücken ist schwer. Hier sprechen zu sehr örtliche Verhältnisse mit. Der Schaden, den das Hochwasser anrichtet, hängt davon ab, in welchem Maasse die Gebirgsflüsse die zuströmende Wassermenge aufzunehmen und abzuführen vermögen. Der Theil der hereinbrechenden Hochfluth, der über dieses Fassungsvermögen hinausgeht, tritt über die Ufer und verursacht die Zerstörungen. Dieser Ueberschuss muss in den Sammelbecken zurückgehalten werden; ihre Nutzwirkung nach dieser Richtung hin ist daher eine indirekte; sie besteht nicht in der Erzeugung neuer oder vermehrter Werthe, sondern in der Abwehr der Vernichtung vorhandener Güter. Zu genaueren Ermittlungen von Hochwasserschäden hat die Sommerhochfluth des Jahres 1897 an den schlesischen Gebirgsflüssen Anlass gegeben. Man schätzte darnach den an den Nebenflüssen der Oder innerhalb 10 Jahren herbeigeführten Schaden auf 24 Millionen Mark.\*) Allein am Bober und Queiss und bis zur Einmündung des ersteren in die Oder hat in jenen Tagen der Wassersnoth der Schaden rund 10 Millionen Mark betragen. Diese Hochfluth war zwar eine aussergewöhnlich grosse; immerhin aber wird im Durchschnitt der jährliche Hochwasserschaden an den genannten beiden Gebirgsflüssen auf 1 Million Mark angenommen. Diese Verheerungen sollen durch Anlegung von Sammelbecken verhütet werden, deren erste bei Markklissa am Queiss gegenwärtig in der Ausführung begriffen ist. Nach dem ursprünglichen Projekt waren 19 Sammelbecken mit einem Gesamttinhalt von 66,65 Millionen cbm und einem Kostenaufwand von rund 35 Millionen Mark vorgesehen, die in erster Linie dem Hochwasserschutz, zum Theil aber auch der Industrie dienen sollten. Bei günstigster Ausnutzung würden diese Becken einen jährlichen Ertrag von rund 2 120 000 Mark liefern, wovon auf die Hochwasserschadenverhütung 985 000 Mark entfallen, sodass damit der oben angegebene Verlust gedeckt würde. Der Rest der Summe würde aus der Verwerthung des aufgespeicherten Wassers für Kraftzwecke gewonnen werden können. Der aus dem Hochwasserschutz zu erzielende Nutzwert würde hiernach eine Verzinsung von 2,8 v. H. herbeiführen. Zu gleich günstigen Ergebnissen für die Hochwasserschadenverhütung durch Sammelbecken haben auch die Untersuchungen im Gebiet der Glatzer Neisse und im Quellgebiet der Görlitzer Neisse in Böhmen geführt.\*\*)

\*) Handbuch d. Ing. Wiss. Bd. III 1900 Kap. XII.

\*\*) Intze, Die Wasserverhältnisse der Gebirgsflüsse Schlesiens, Berlin 1899 und Anlage von Thalsperren im Quellgebiet der Görlitzer Neisse, vergl. S. 28.

Allerdings sind bei den schlesischen Gebirgsflüssen die Niederschlags- und Abflussverhältnisse sehr ungünstige, sodass hier Hochwasserfluthen entstehen, wie solche in anderen Gegenden Deutschlands nicht wohl vorkommen. Die Gebirgshänge sind kahl und fallen steil ab; um 1200 bis 1300 m innerhalb des Quellgebietes, sodass bei den reichlichen Niederschlägen Ende Juli 1897, die an einem Tage auf dem Kamme des Riesengebirges zwischen 220 und 239 mm und im mittleren Gebirge bei Schreiberhau immer noch 120—130 mm betragen haben, gewaltige Wassermassen am Bober und Queiss niedergegangen sind, deren mechanische Arbeitsleistung in diesen Tagen im Mittel zu 10 Millionen Pferdekraften, zeitweilig zu 20 Millionen Pferdekraften berechnet wird. Die Abflussmengen dieser Hochfluth stiegen am Zacken bis zu 3,45 cbm sekundlich vom Quadratkilometer des 100 qkm grossen Niederschlagsgebietes, am Queiss sogar auf 3,9 cbm/qkm bei 32 qkm Niederschlagsgebiet, während die allergrösste Abflussmenge im Wuppergebiet zu 0,9 bis 1,0 cbm f. d. Quadratkilometer und die Sekunde beobachtet ist. Dadurch wurden die grossen Verwüstungen in Schlesien hervorgerufen.

Aber auch andere Gebiete des deutschen Mittelgebirges leiden unter der Hochwassergefahr. Die Städte Elberfeld und Barmen leisten für die Freihaltung des oben erwähnten Hochwasserschutzraumes von 600 000 cbm in der Bever- und Lingesethalsperre während der nassen Jahreszeit vom Oktober bis April einen jährlichen Beitrag von 25 000 Mark an die Wupperthalsperrengenosenschaft, um sich vor Hochwasserschaden zu sichern. Die Kosten dieser beiden Sammelbecken betragen zusammen 2,5 Millionen Mark, sodass allein aus dem Beitrage der beiden Städte die Anlagekosten mit 1 v. H. verzinst werden.

Hiernach erscheint es gewiss nicht zu hoch gegriffen, wenn man von den vorhin berechneten Kosten des Sammelbeckensystems am Rhein, in Höhe von 640 Millionen Mark, diesen Satz von 1 v. H. als Hochwasserschadenvergütung der 1600 Millionen cbm Stauinhalt in Ansatz bringt; also einen jährlichen Nutzwert von 6,4 Millionen Mark in die Ertragsberechnung einführt.

4. Nutzen für die Schifffahrt. In Abschnitt II A. b. ist der Gewinn, den die Schifffahrt aus der Erhöhung des Niedrigwassers des Rheins um 0,5 m an 60 Tagen ziehen würde, zu 4,5 Millionen Mark berechnet. In Abschnitt II B. b. ist dann weiter ausgeführt worden, dass bei einer gemeinsamen Verwendung der Sammelbecken für die Zwecke des Hochwasserschutzes, der Landwirthschaft, Industrie und Schifffahrt und bei demgemäss vergrössertem Gesamtstauinhalt der Becken eine Vermehrung des Niedrigwassers des Rheins aus der Abflussmenge von 2400 Millionen cbm um 0,50 m an 180 Tagen stattfinden würde. Dazu würde aus dem „Schifffahrtsstauraum“ von 800 Millionen cbm eine weitere Hebung des Wasserstandes in den Monaten Oktober und November um 0,50 m treten, sodass in den letzteren 60 Tagen eine künstliche Wasservermehrung um 1,0 m, an den übrigen 120 Tagen um 0,50 m erzielt werden würde. Nun darf aber nicht ausser acht gelassen werden, dass jene 2400 und 800

Millionen cbm nicht gleichmässig während der 180 Tage bzw. 60 Tage zur Abströmung gelangen werden. Industrie und Schiffahrt haben gar kein Interesse daran, die natürliche Wasserführung in regenreicher Zeit künstlich zu steigern; sie werden vielmehr darauf bedacht sein, sich während des ganzen Jahres eine möglichst gleichbleibende Kraftquelle bzw. Wasserhöhe zu verschaffen und demgemäss den Betrieb der Sammelbecken nach dem Wechsel des natürlichen Wasservorraths der Wasserläufe einrichten. Der Erfolg eines solchen zweckmässigen Betriebes würde eine weitere Annäherung der Wasserführung an eine mittlere Jahresabflussmenge sein. Man kann gewiss voraussetzen, dass es bei einer der jeweiligen Lage sorgfältig angepassten Abströmung aus den Becken, wozu ein ausgebreiteter Nachrichtendienst und Erfahrungen im Betriebe die erforderlichen Unterlagen bieten werden, möglich sein wird, mit der zur Verfügung stehenden Wasserabflussmenge von 3200 Millionen cbm den Wasserstand des Rheins auf mind. + 2,0 a. P. zu Köln dauernd zu halten. Daraus würde aber der Schiffahrt über das ganze Jahr ein nennenswerther und wesentlich grösserer Nutzen, als oben berechnet worden ist, erwachsen, und man wird nicht fehlgehen, wenn man denselben auf das Doppelte schätzt und mit 10 Millionen jährlich in Ansatz bringt.

5. **Gesamtertrag.** Die Zusammenstellung des aus einem Thalsperrensystems am oberen Rhein mit einem Gesamtstauinhalt von 1600 Millionen cbm zu erzielenden Nutzens ergibt sich hiernach wie folgt:

1. Ertrag aus der Kraftverwerthung	49,38	Millionen M.
2. Landwirthaftlicher Ertrag	24,00	„ „
3. Hochwasserschadenverhütung	6,40	„ „
4. Nutzen für die Schiffahrt	10,00	„ „
Insgesamt	89,78	Millionen M.

oder rund 90 Millionen Mark. Rechnet man für die Verzinsung des Anlagekapitals (640 Millionen Mark), die Betrieb-Unterhaltungs- und Tilgungskosten 5 v. H. der Bausumme, so beträgt die jährliche Aufwendung 32 Millionen Mark; es würde somit ein jährlicher Ueberschuss von 58 Millionen Mark bleiben oder mit anderen Worten, abzüglich der Betriebs-Unterhaltungs- und Tilgungskosten in Höhe von 1 v. H., eine Verzinsung des Anlagekapitals mit 13 v. H. erzielt werden.

Es sei nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass in dieser Ertragsberechnung der Nutzen nicht Ansatz gebracht ist, den die grösseren schiffbaren Nebenflüsse des Rheins, der Neckar, Main und Mosel u. a. m. in dem Falle haben würden, dass ein Theil der Sammelbecken auf ihr oberes Gebiet entfielen. Der Schiffsverkehrs dieser Flüsse ist aber nicht unbedeutend. Auch der Vortheil ist ausser Acht gelassen, den die Erhöhung des Niedrigwassers der Gebirgsflüsse in gesundheitlicher Hinsicht mit sich bringt, ein Umstand, der an der Wupper grosse Beachtung findet. Weiterhin sei hervorgehoben, dass die Sammelbecken eine sehr gute Pflegestätte für die Fischzucht bieten und dass daraus an der Remscheider und anderen Thalsperren bereits Einnahmen erwachsen sind.

Zum Vergleich mit diesem Ergebniss sei bemerkt, dass die Verzinsung der Anlagekosten des Alfeldstauweihers in den Vogesen aus seiner Verwerthung für gewerbliche und landwirthschaftliche Zwecke sich zu 17 v. H., und bei den Stauweihern im Fechtthale zu 11 v. H. ergibt.

6. Der volkswirthschaftliche Nutzen aus der Kraftverwerthung. Es schien zweckmässig, zunächst die eigentliche Rentabilitätsfrage zu prüfen und nachzuweisen, dass auch für das zinsenbeanspruchende Privatkapital genügende Deckung der Anlagekosten vorhanden sein würde und darzuthun, dass das Thalsperren-Unternehmen nicht ein Vorhaben wäre, das allein aus staatswirthschaftlichen Gesichtspunkten seine Berechtigung schöpft und nur der allgemeinen Wohlfahrt dient, sondern dass es sich um einen Plan handelt, welcher in bezug auf die Kraftverwerthung rein mit dem kritischen Auge des Finanzmannes angesehen werden darf und als eine gut einträgliche Kapitalsanlage gelten kann. Denn schon die kaufmännische Ausbeute der in dem Gefälle des Sammelbeckenwassers gebotenen Arbeitsleistung gewährleistet bei einem Preise von 80 M. für die Jahrespferdekraft eine Verzinsung der Baukosten von 7,7 v. H.

Aber es liegt in der Kraftgewinnung und -Abgabe zu so billigen Preise auch ein ganz bedeutendes volkswirthschaftliches Vermögen.

Der Preis von 80 M. bezog sich auf die effektive Nutzleistung an der Turbinenwelle und ist der Selbstkostenpreis. Es soll an dieser Stelle nicht auf die Frage eingegangen werden, ob nicht günstige natürliche Verhältnisse in der Kraftbeschaffung diesen Preis erniedrigen könnten. Die Möglichkeit, dass die Thalsperren billiger hergestellt werden könnten, als hier veranschlagt, ist in Abschn. II B. c. erörtert worden. Man vergleiche auch Abschn. II B. e. Behält man nun den obigen Einheitssatz bei, so ist es für den Vergleich mit den Kosten der Dampfkraft nöthig, die Betriebskosten im Wassertriebwerke hinzuzufügen. In einer Dampfmaschinenanlage stellen sich bei mittlerem Wirkungsgrad und bei einer Grösse der Anlage von 10—20 Pferdekraften, welche für die Triebwerke im vorliegenden Falle in Betracht kommt, die Kosten für die Verzinsung, Abschreibung und Unterhaltung mit zusammen 15 v. H. auf 0,358 Pfennig für die Pferdekraftstunde; auf die Kosten der Wartung und Schmierung entfallen 0,600 Pf. \*) zusammen also 0,955 Pf. In Anbetracht der Einfachheit der Konstruktion und der Bedienung können diese Sätze bei Wassertriebwerken zu  $\frac{2}{3}$  hiervon, also zu 0,6 Pf. für d. P. K.-Stunde angenommen werden, sodass bei 3600 Arbeitsstunden sich 21,6 M. Betriebskosten ergeben. Die Jahrespferdekraft als wirklich ausgeübte mechanische Arbeitsleistung kostet demnach 102 M.

Die Gesamtkosten des Dampfmaschinenbetriebes betragen nach Hoppe für einzylindrige Auspuffmaschinen bei 10 bis 20 P. S. 6,958 für 1 Pferdekraftstunde, demnach für die Jahrespferdekraft bei 3600 Arbeitsstunden

\*) Nach Hoppe, Berechnungen von Betriebskosten und Rentabilitäten, Leipzig 1901.

250 M. In Uebereinstimmung hiermit stehen die Ermittlungen von Korte,\*) welcher bei 10stündiger Arbeitszeit die Jahreskosten für 1 Nutzpferdekraft zu 240 M. bei Anlagen von 10 P. S. und zu 210 M. bei 20 P. S. angiebt.

Wenn man von der Annahme ausgeht, für deren Berechtigung weiter unten der Nachweis erbracht werden soll, dass sich für die in den Sammelbecken aufgespeicherte Kraftenergie gute Verwerthung finden lässt, so berechnet sich aus der Verwendung der zur Verfügung stehenden Wasserkraft von 617 250 Pferdekräften gegenüber der Dampfkraft unter sonst gleichen Bedingungen ein volkwirtschaftlicher Gewinn von 617 250 (250—102) = 91,3 Millionen Mark, der den deutschen produktiven Kräften zu Gute käme und auf den Erfolg ihres Wettbewerbes auf dem Weltmarkt nicht ohne Einfluss bleiben könnte.

Noch grösser stellt sich der Vortheil nach Tilgung der Baukosten. An der Wupper werden, wenn die Anlagekosten für die Sammelbecken und die anderen Werke zur Verbesserung der Wasserverhältnisse getilgt sein werden, die Kosten einer Nutzpferdekraft auf etwa  $\frac{1}{20}$  des heute zu zahlenden Jahresbeitrages (80 M.) herabsinken.\*\*)

Gemauerte Thalsperren haben zum Theil schon ein Alter von über 300 Jahren erreicht, also ihre Dauerhaftigkeit durchaus bewiesen. Erwähnt seien nur die spanischen Sperrmauern von Almanza, Elche und Alicante, welche gegen Ende des 16. Jahrhunderts erbaut wurden. Bei der bedeutenden Höhe von 21, 23 bezw. 41 m haben diese Thalsperren die lange Zeit ihres Betriebes bei hoher Beanspruchung durch Wasserdruck gut überstanden. „Sie haben uns den werthvollen Beweis geliefert, dass trotz ausserordentlicher Stauhöhen und verhältnissmässig grosser Pressungen derartige Bauwerke, allseitig in den Fels eingelassen, Jahrhunderte überdauern können.“\*\*\*) Man wird für Rentabilitätsberechnungen in anbetracht dieser Erfahrungen und bei der grossen Sorgfalt, mit welcher heute die Mauern ausgeführt werden, ihre Dauer als eine unbegrenzte ansehen können, während Dampfkessel und Dampfmaschinen eine so überaus kurze Betriebsfähigkeit (10—15 J. bezw. 20—25 J.) besitzen; auch die Unterhaltungskosten der gut ausgeführten Thalsperren sind ungemein gering.†)

#### e. Die Verwerthbarkeit des aufgestauten Wassers.

Es darf hier die Frage nicht unberührt bleiben, ob der in den Sammelbecken geschaffene Hochwasserschutzraum einerseits und die Energie des Wassers für die Zwecke der Landwirthschaft, der Niedrigwasservermehrung der schiffbaren Ströme und der Kraftgewinnung andererseits Aussicht auf Verwerthung haben würden, sodass nicht etwa nur der ideale Nachweis des

\*) Bei Intze, Die Wasserverhältnisse Ostpreussens, Berlin 1894.

\*\*) Intze, Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge, Hannover 1899.

\*\*\*) P. Ziegler, Der Thalsperrenbau, Berlin 1900.

†) Bei dem neuen Solinger Wasser- und Elektrizitätswerk verlangte die Aufsichtsbehörde für die Thalsperre eine Tilgung der Anleiheschuld von  $\frac{1}{2}$  v. H., für das Elektrizitätswerk 5 v. H.

Nutzens geboten wäre, sondern dass nach den gegebenen Verhältnissen die Voraussicht vorhanden ist, die gewonnenen Güter thatsächlich der Allgemeinheit zur Wohlfahrt und mit Verzinsung des Anlagekapitals — sei es in direktem oder indirektem staatswirthschaftlichen Ertrage — absetzen zu können.

Der Werth der Hochwasserschutzbecken für die Gebirgsthäler ist bereits oben erörtert und in Zahlen ein Anhalt darüber gewonnen worden. Die Möglichkeit, diesen Schutz im Gebirge wirklich nachhaltig durch Sammelbecken ausüben zu können, ist heute anerkannt. Diese Wirksamkeit hat sich an der Wupper praktisch erwiesen und eingehende Untersuchungen der schlesischen Hochwasserverhältnisse im Gebirge haben dargethan, dass man sehr wohl und mit wirthschaftlichem Vortheil in der Lage ist, selbst die bedeutenden Hochfluthen dieser Wasserläufe zu bändigen. Zweifeln begegnet jedoch der Gedanke, ob man auf diese Weise auch einen Einfluss auf den Hochwasserabfluss der grossen Ströme wird gewinnen können. Es ist dies wiederholt verneint worden; früher allerdings mit mehr Nachdruck als in der Gegenwart.

Man erklärte den Plan für zu kostspielig gegenüber dem zu erhoffenden Nutzen. Das ist vielleicht im Einzelfalle richtig, wenn die Sammelbecken allein für diesen Zweck errichtet werden sollen; aber um solche Behauptung ganz allgemein auszusprechen, dafür fehlt es im übrigen an der Begründung. Wollte man alle die Vortheile in Rechnung setzen, welche ein gemässigerer Hochwasserabgang im Gebirge, im Strome und in der Niederung mit sich bringen würde, so kommt man zu sehr grossen Zahlen und die Verneinung jener Rentabilitätsfrage ist ohne weiteres nicht am Platze. Hier können nicht einzelne Thalsperren, ihre Kosten und ihre Wirkung in Vergleich gestellt werden; mit kleinen Mitteln würde hier nichts zu erzielen sein; nur im grossen könnte ein nachhaltiger Einfluss ausgeübt werden. Wenn man bedenkt — nur um ein Beispiel herauszugreifen —, dass der Schaden des Deichbruches an der Nogat vom Jahre 1888 auf 50 Millionen Mark\*) und die durch die Damnbrüche hervorgerufene Schädigung an der Weichsel und Nogat seit Bestehen der Eindeichung auf 300 Millionen Mark geschätzt wird, so muss man doch anerkennen, dass mit solchen Summen schon grosse Werke geschaffen werden könnten, die auf die Milderung der Verluste hinwirken würden.

Die Eindeichungen an unseren Strömen sind eben in einer Zeit erfolgt, in der hierfür kein anderer Gesichtspunkt maassgebend war, als der der landgewinnenden Okkupation. An der unteren Weichsel war es der Deutsche Ritterorden, der durch dieses koloniasatorische Vorgehen den fruchtbaren Alluvialboden — ein Sediment des Stromes, das in vieltausendjähriger Ent-

---

\*) Intze, Die bessere Ausnutzung der Gewässer und der Wasserkräfte; vergl. auch die hier angegebenen ungeheuren Schäden an der Loire und die grosse Zahl der Deichbrüche an der Weichsel und Nogat bei M. G. Fuchs, Beschreibung der Stadt Elbing und ihres Gebietes, Elbing 1818 und M. Töppen, Beiträge zur Geschichte des Weichseldeltas, 1894.

wicklung entstanden war und das bis dahin den Ueberschwemmungen voll preisgegeben war — der wirtschaftlichen Verwerthung erschloss. Von Einzeleindeichungen der Gehöfte, die auf dem für die Ansiedlung freigegebenen Lande errichtet waren, ausgehend erwachsen die Längsdämme zu beiden Seiten der Weichsel und Nogat durch Hinzufügen verbindender Zwischenglieder.

Dieses die Rücksicht auf die Hochwasserabführung ausser Acht lassende Vorgehen fand dann seine kritische Beurtheilung und Erprobung durch die Gewalten der Natur. Die zu wenige Vorsicht, die man auf die Gestaltung eines ausreichenden Hochfluthraumes verwandt hatte, wurde gestraft durch jene vielen Deichbrüche mit ihren verheerenden Wirkungen. Nur mit grossen Opfern ist es heute möglich, die schlimmsten Versäumnisse jener Zeit durch Verlegen von Deichen gut zu machen.

Und noch ein anderer Uebelstand, der von den Begründern gewiss nicht bedacht und vorausgesehen wurde, sollte im Laufe der Jahrhunderte an unseren eingedeichten Niederungen zum Vorschein kommen. Es vollzieht sich hier dem uneingeweihten Auge nicht erkennbar, langsam aber sicher ein Vorgang, der den zukünftigen Bestand der Niederungen und ihre Bewirthschaftung bedroht. Es ist dies die dauernde Aufhöhung der Flussthäler durch die Ablagerung der vom Hochwasser mitgeführten Sinkstoffe. Die Folge davon ist, dass die Ströme sich heute zum Theil wie künstliche in einer Anschüttung hergestellte Kanäle durch die Niederungen hinziehen. So liegt z. B. der Bezirk Ellerwald an der unteren Nogat, der gegen Ende des fünfzehnten Jahrhunderts durch Eindeichung der weiteren Beschlickung und Aufhöhung entzogen wurde, unter dem Wasserspiegel des angrenzenden Stromes auch zu Zeiten niedrigen Wasserstandes. Im unmittelbaren Mündungsgebiet der Nogat hat allerdings auch die Verlängerung des Stromes infolge Anwachsens neuen Landes vor den Mündungen eine Hebung des Wasserspiegels herbeigeführt, indem einerseits ein Aufstau nöthig wurde, um das erforderliche Gefälle zur Fortbewegung der Wassermassen zu erzeugen und andererseits die haffwärts fortschreitende Verlandung, welche bei Hochfluthen überströmt wird, grundschwellenartig wirkt und den Hochwasserspiegel hebt.

Welche grossen Bodenmassen den Stromniederungen zugeführt werden, lässt sich an diesem Strome verfolgen. Im Mittel der letzten hundert Jahre beträgt vor den Nogatmündungen die jährliche Verlandung 12,2 ha; die fortschreitende Bewegung rund 15 m. Bei einer Auflandungshöhe von etwa 2,5 m werden hier also jährlich rund 300 000 cbm abgelagert. Die 1500 ha grossen Haffkampen, welche bei Hochwasser überschwemmt werden, höhen sich jährlich etwa um 1 cm auf; dazu sind 150 000 cbm erforderlich. Hierzu kommt die Erhöhung der Aussendeiche und der nicht eingedeichten Ländereien wie der Einlage (vergl. unten) in der Gesamtgrösse von rund 40 qkm mit 400 000 cbm. Man wird hiernach zusammen die jährlichen Ablagerungsmassen zu nahezu 1 Millionen cbm schätzen dürfen. Diese bringt ein Strom zu Thal, der bei Hochwasser 3000 cbm sekundlich führt. Man

kann also annehmen, dass die ungetheilte Weichsel jährlich annähernd 3 Millionen cbm abgeschwemmten Boden in ihrem Mündungsgebiet ablagert.

Solche Massen müssen sich im Laufe der Zeit bemerkbar machen, und es leiden denn auch unter den dadurch hervorgerufenen Uebelständen die unteren Theile aller grossen Ströme.

Die natürliche Vorfluth des eingedeichten Landes, wo sie ehemals vorhanden war, geht verloren. Pumpwerke müssen für die Entwässerung sorgen. Die Hebung der Hochwasserstände macht eine vorgesezte Erhöhung der Dämme nöthig, wodurch die Gefahr der Deichbrüche nur noch gesteigert wird. Das Quellwasser in der Niederung bei lang anhaltenden hohen Aussenwasserständen schädigt und verzögert die Bewirthschaftung der Ländereien.

Andererseits ging durch die Eindeichung für die eingedämmten Landbezirke die ehemals sie befruchtende Wirkung der Ueberschwemmungen verloren.

Vielerlei Vorschläge\*) sind in neuerer Zeit nach eingehenden Untersuchungen, wozu Hochwasserverheerungen immer wieder Veranlassung gaben, gemacht worden, um hier Wandel und Besserung zu schaffen. Beachtung hat jener Gedanke gefunden, welcher dem durch die Eindeichung unterbrochenen Auflandungsprozess durch Wiederöffnung der Niederungen Fortsetzung geben will. Dieses Vorgehen würde aber bedingen, dass ihre heutige Wirthschaftsweise verlassen werden müsste. Der Ackerbau müsste der Grünland- (Wiese- und Weide-) Wirthschaft Platz machen. Das sind Maassnahmen, die eine tiefeinschneidende Bedeutung haben und mit gewaltigen Kosten verbunden sein würden. Und an diesen Schwierigkeiten sind bisher alle solche Vorschläge gescheitert. Die Niederungsbewohner sind mehr geneigt, bestehende Gefahren, an welche sie sich gewöhnt haben und die sie als naturgegebene Lasten ansehen, in den Kauf zu nehmen und die laufenden Unterhaltungskosten der Dämme als ein nothwendiges Uebel zu tragen, als in eine gänzliche Umgestaltung ihres Wirthschaftsbetriebes zu willigen. Jene Bürde kennt der Landmann, was ihm diese Umwandlung bringen würde, ist für ihn ohne weiteres nicht zu übersehen und so giebt er dem Bestehenden den Vorzug vor einer ungewissen Zukunft und erträgt lieber ein unabänderliches Schicksal, als dass er sich in gewagte Spekulationen einlässt.

Die Einlage — ein Bezirk von mehr als 25 qkm Grösse am linken Ufer der unteren Nogat — hat diesen Zustand der jährlichen Ueberschwemmung von uralter. Sie wird durch niedrige Deiche gegen die Sommeranschwellungen des Stromes geschützt. Im Herbst jedes Jahres werden die Dämme an 3 Stellen geöffnet, um dem Winter- und Frühjahrshochwasser und dem Eis freien Abzug zu geben und dadurch den Strom zu entlasten. Das Land hat sich dadurch dauernd aufgehöhht und liegt heute um mehrere Meter höher als die umliegenden Bezirke, die seit Jahrhunderten der Aufschlickung entzogen sind. Trotz der befruchtenden Niederschläge der Hochfluthen der Nogat würden aber die Bewohner gerne in eine vollständige Eindeichung

\*) Vergl. Handb. der Ingenieur-Wissensch. Bd. III, 1900, Kap. XII.

einwilligen und die damit verbundenen Lasten tragen; denn sie schätzen die Gewissheit eines gleichmässigen gegen Hochwasser gesicherten landwirthschaftlichen Betriebes mehr ein als jene Vortheile der natürlichen Düngung.

Die Anschauung, dass die bestehenden Zustände unserer Deichwirthschaft erhalten werden sollen, ist auch in dem neuesten Gutachten des Wasserausschusses für die Weichsel ausgesprochen, das dahin lautet, dass hochwasserfreie Polderdeiche (Winter- und Banndeiche) sich dort als beste Begrenzung des Hochwasserbettes erwiesen haben und dass ihnen auch bei Anlage etwaiger neuer Deiche der Vorzug zu geben sein würde.\*)

Eine grundsätzliche Aenderung des Schutzes der Niederungen, soweit ihn die Eindeichung bietet, wird somit nicht erwartet werden dürfen, da diese Art unter den gegenwärtigen Verhältnissen als die zweckmässigste erscheint. Aber eine endgültige Lösung der Gefahrfrage ist damit doch nicht gegeben, und der bange Ausblick in die Zukunft bleibt nach wie vor, welchem Schicksale unsere Niederungen infolge der immer höheren Auflandungen der Flussthäler entgegengehen.

Ein wesentliches Moment zur Verbesserung ist in der Erkenntniss von der Nothwendigkeit gegeben, dem Hochwasser durch Schaffung eines genügenden Durchflussprofiles einen unbehinderten Abfluss zu schaffen. Dadurch wird seine Höhe geringer und die Ablagerung der Sinkstoffe, wozu Holzbestände innerhalb des Hochwasserbettes besondere Veranlassung geben, vermindert. Ein weiterer Fortschritt, der den Kern der Sache bildet, liegt darin, dass man sich bemüht, die Hochwassermassen zu verringern. Wie nach dieser Richtung hin die Sammelbecken wirken, ist oben erörtert worden. Aber der Nutzen der Zurückhaltung und Verlangsamung der Hochfluthen ist noch in anderer Weise sehr wesentlich — in der Verminderung der Sinkstoffe selbst.

Die Sinkstoffe bilden sich durch Abreissen der Ufer in der starken Strömung der Hochfluth. Die Befestigung der Ufer durch Steinabdeckung u. a. m. giebt hiergegen einen werthvollen Schutz; zum anderen Theile muss derselbe dadurch erreicht werden, dass man die angreifenden Kräfte mildert. Die Schnelligkeit der Strömung wächst mit der Masse des abfliessenden Wassers und im Quadrat mit der Geschwindigkeit steigert sich die lebendige Kraft. Ueberdies reichen die höheren Wasserstände an die meist lockeren Hochborde der Wasserläufe heran.

Eine Mässigung der Hochfluthen wirkt also in doppeltem Sinne günstig auf die Wasser- und Wirthschaftsverhältnisse der eingedeichten Niederungen. Ohne Oeffnung der Dämme und ohne Umgestaltung der landwirthschaftlichen Betriebsweise kann durch die Sammelbecken eine Besserung derselben erzielt und damit den gefahrdrohenden Zuständen nachhaltig entgegengewirkt werden.

Aber auch die Vorländer der Deiche, die in ihrer Gesamtheit entlang

---

\*) Centralbl. der Bauverwaltung. 1901 S. 286.

am Flusse eine bedeutende Fläche und einen hohen Werth haben, leiden heute in ähnlicher Weise, wie dies im Einlagebezirk an der Nogat der Fall ist, unter der Beweglichkeit der Wasserstände, die eine Unsicherheit im Betriebe und schwankende Ernteerträge zur Folge hat. Unzeitige Sommerfluthen führen leicht eine Verschlickung des Grases herbei, wodurch die Weidebenutzung für Vieh gestört wird, wenn nicht ergiebiger Regen das Gras alsbald wieder reinigt; abgemähter Schnitt kommt in die Gefahr fortgeschwemmt zu werden. Der ertragreiche Ackerbau ist in den Aussendeichen kaum möglich; denn Getreide und andere Kulturgewächse vertragen die Ueberfluthung nicht; auch würde die lockere Ackerkrumme durch die Strömung ausgeschält werden. Die Hochfluthen reissen leicht grosse Sandmassen aus dem Strombett heraus und werfen sie auf die Vorländer, sodass dieselben in grosser Ausdehnung mit einer starken Lage überdeckt und verwüstet werden. Am Niederrhein kann man dies nach grösseren Hochfluthen oft wahrnehmen.

Alle solche Schädigungen beeinträchtigen naturgemäss den Wirthschaftsbetrieb sehr und müssen den Landmann entmuthigen. „Der grosse Wasserwechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser erschwert oft die Bewirtschaftung der Niederungen; namentlich in den Aussendeichsländereien würden die Erträge der Wiesen weit höher sein, wenn nicht einerseits unzeitige Sommerhochwasser und andererseits tief abfallende Niedrigwasser in entgegengesetzter Richtung, aber in gleich nachtheiliger Weise Schaden verursachen. Bei Planirungsarbeiten, wie sie noch vielfach im Ueberschwemmungsgebiet unternommen werden können, um aus ertraglosen Sandablagerungen reiche Wiesen und Weiden zu machen, schwankt der ausführende Ingenieur meist sehr, welche Höhenlage er dem neu zu gewinnenden Kulturlande geben soll; legt er es hoch, so verdorrt der Graswuchs im Sommer, legt er es niedrig, so tritt die Gefahr der Ueberschwemmungen während des Graswuchses oder der Ernte ein. Könnte hier durch Anlage von Stauweihern geholfen, das Sommerhochwasser gesenkt, das Niedrigwasser gehoben, also eine gleichmässiger Wasserführung des Flusses erzielt werden, so würde viel geholfen sein.“ \*)

Nun ist darauf hingewiesen worden, dass die Sammelbecken, indem sie die Hochfluthen der Gebirgsbäche auffangen, gleichzeitig auch die von ihnen mitgeführten Kiese, Gerölle und Schlicktheile aufnehmen und damit zu einer Ablagerungsstätte dieser Massen werden. Man hat gefürchtet, diese Niederschläge könnten einen solchen Umfang annehmen, dass dadurch die Wirksamkeit der Becken behindert und ihr Zweck gefährdet werde.

Die Verschlammung bildet allerdings bei den spanischen Becken eine grosse Last für den Betrieb; arg leiden darunter auch die Weihern in Algier und ihre Räumung verursacht bedeutende Kosten.\*\*\*) Ob diese Gefahr besteht, hängt von der Beschaffenheit des Gebirges und der Flussbetten ab.

\*) Zeitschrift für Binnenschifffahrt, VIII. Jahrg. 11. Heft (1901).

\*\*) Vergl. P. Ziegler, Der Thalsperrenbau.

Und hierin zeigen die deutschen Mittelgebirge günstige Verhältnisse. Die Geschiebeführung ihrer Wasserläufe ist gering; der Schlickgehalt in den Hochwässern ist unwesentlich. Man darf sich nicht verleiten lassen, von den grossen Ablagerungsmassen im unteren Strome Rückschlüsse auf die Quellgebiete zu machen. Dort zeigen sich die aus der ungeheuren Zahl aller Zubringer vereinigten Abschwemmungen des gesammten Stromgebietes, wohingegen es sich hier um relativ kleine Niederschlagsgebiete im einzelnen mit meist festen, zum Theil in Fels eingeschnittenen Bachgerinnen handelt.

Wahrnehmungen an ausgeführten Anlagen lassen erkennen, dass die erwähnten Bedenken für deutsche Becken unbegründet sind. Eine gute Gelegenheit hierzu bot die Remscheider Thalsperre im Sommer 1901, nachdem das Becken 10 Jahre ohne Räumung im Betriebe gewesen war. Der normale Stauinhalt von 1,0 Millionen cbm war im September bis auf 200 000 cbm heruntergegangen, sodass die Hänge und im oberen Theil die ganze Sohle frei lag.

Wenig unterhalb des speisenden Bacheinlaufes ist ein Querdamm durch das Thal vorhanden, welcher ein kleines Vorbecken von einigen tausend Kubikmetern Fassungsraum abschliesst. Dieses Vorbecken hat während der Bauausführung dazu gedient, das Betriebswasser für die Mörtelbereitung, das Reinigen der Steine u. a. m. aufzustauen, erweist sich aber jetzt als sehr werthvoll, da es als Schlammfang wirkt und jede Verunreinigung vom Hauptbecken fernhält. Dieses Vorbecken war leer und man konnte den Grad der in zehnjährigem Betriebe eingetretenen Verschlammung mit dem Auge feststellen. Man gewahrte zwar unmittelbar oberhalb des erwähnten Querdammes an der tiefsten Stelle des Behälters ein wenig Schlick; aber man konnte andererseits an den im Becken stehen gebliebenen Baumstümpfen und Wurzelwerk von Strauch erkennen, dass die Stärke der Ablagerung nicht mehr als etwa 10 cm betragen mochte, und dies auch nur auf einer kleinen Stelle. An den Hängen und in den oberen Ausläufen war die Verschlammung verschwindend; mehrfach waren in der Thalsole noch die Spurrillen früherer Wege sichtbar. Von einer Verschlickung im Hauptbecken, soweit dasselbe wasserfrei war, konnte nichts bemerkt werden. Hiermit übereinstimmende Beobachtungen sind von der Thalsperren-Kommission im gleichen Jahre an anderen rheinisch-westfälischen Sammelbecken nach ebenfalls mehrjährigem Betriebe gemacht worden.\*) Auch die Stauweiheranlagen in den Vogesen sind frei von schädlichen Ablagerungen.

Die Anlegung eines kleinen Vorbeckens als Schlammfang, in welchem auf konzentrierter Stelle die Beseitigung der Niederschläge der Sinkstoffe, wenn sie je nöthig werden sollte, leicht zu bewirken sein würde, kann jedenfalls als zweckmässig angesehen werden. Schon während der Bauausführung werden solche Behälter gute Dienste leisten, indem sie das erforderliche Betriebswasser liefern, woran bei dem sehr starken Wasserverbrauch in

\*) Man vergl. die Zeitschr. „Das Wasser“ 1901, Heft 23.

trockner Zeit sonst sehr leicht Mangel und damit Schwierigkeiten für den Baubetrieb entstehen können; andererseits wirken sie bei plötzlichen Regenfällen als Ausgleich und sichern, wenn der Bach während der Gründungsarbeiten der Sperrmauer in einem Gerinne über die Baugrube hinweggeleitet wird, gegen unangenehme Betriebsstörungen durch Ueberfluthung. Sie schaffen dann im kleinen, was die zukünftige Thalsperre im grossen leisten soll.

Wo aber im Niederschlagsgebiet blossliegende Berglehnen dem Abbruch und der Abschwemmung Nahrung geben, da wird man Aufforstungen vornehmen, um sich die nach dieser Richtung hin erprobte Fähigkeit des Waldes zur Befestigung beweglichen Bodens zu Nutze machen.

Dann hat man es für technisch unausführbar hingestellt, in den Quellgebieten unserer Ströme, zumal dieselben zum grossen Theil ausserhalb der Landesgrenzen liegen, so ausgiebige Stauräume zu gewinnen, als man braucht, um bei den gewaltigen Abflussmengen — der Unterrhein führt bei Hochwasser etwa 9000 cbm sekundlich — eine merkbare Wirkung zu erzielen.

Der Einwand der politischen Einengung ist dann ohne Belang, wenn man die Sache allein vom technischen Standpunkt aus ansieht. Gelangt man bei dieser Prüfung zu günstigen Ergebnissen, welche ein Vorgehen aussichtsvoll und nutzbringend erscheinen lassen, so dürften die Schwierigkeiten der Absperrung, welche die politischen Grenzen mit sich bringen, wie auf andern Gebieten des Wirthschaftslebens so auch auf diesem durch völkerrechtliche Vereinbarungen sich wohl überwinden lassen.

Die Beschaffung des nöthigen Stauraumes in den Gebirgen würde schwer halten, wenn man die ganzen Hochfluthen zurückhalten wollte. Aber man ist, wie schon eingangs erwähnt, zu der Einsicht gelangt, dass es genügt, nur den schädlichen Theil des Hochwassers aufzufangen und soviel ohne Verzögerung abfliessen zu lassen, als die natürlichen Gerinne zu fassen vermögen. Dadurch verringert sich die Aufgabe wesentlich, und es genügt die Hälfte bis ein Drittel des Raumes. In Schlesien hat man sich am Bober zunächst darauf beschränkt, mittlere Hochfluthen, wie sie etwa alle 10 Jahre vorzukommen pflegen, durch die Sammelbecken unschädlich zu machen.\*) Ein soches Hochwasser ist das vom Jahre 1888. In der Zeit vom 4.—7. August flossen damals im Bober bei Sagan in jenen rund 48 Stunden, in denen die Hochfluth sein Fassungsvermögen von 400 cbm sekundlich überschritt, etwa 150 Millionen cbm ab; durch die geplanten 3 Becken sollen 77 Millionen cbm, also etwa die Hälfte der Hochwasserabflussmenge während der kritischen Zeit zurückgehalten werden.†)

Wenn man allerdings berechnet,\*\*) dass man, um das ganze Hochwasser der Isar, welche in solchen Zeiten sekundlich etwa 1500 cbm abführt, während 4 Tage aufzustauen, einen Raum von 518 Millionen cbm

\*) Intze, Ueber den Bau, die wasserwirthschaftliche Bedeutung und Wirkung der Thalsperren. Vortrag.

\*\*\*) Handb. der Ing. Wiss. Bd. III 1899 Kap. XI.

brauchen würde und dass es hierzu nöthig wäre, die Fläche des Bodensees (484 qkm) um mehr als 1 m hoch zu stauen, so schrecken solche Zahlen ab. Aber man wird doch auch nicht das ganze Hochwasser stauen und die Isar in solcher Zeit trocken legen! Derartige Räume werden sich im Gebirge und im Quellgebiet der Flüsse allerdings nicht finden lassen.

Im übrigen wird man versuchen müssen, die Gesamtaufgabe durch Zerlegen zu lösen. Durch viele einzelne Becken in den Niederschlagsgebieten aller Zuflüsse eines Stromes, die mit Vortheil auch für andere Zwecke ausgenutzt werden können, muss man den Hochwasserschutz gewinnen. Weshalb sollte, wenn man an einzelnen und schon sehr bedeutenden und gefährlichen Nebenflüssen, wie es in Schlesien in dem vorerwähnten Bezirk möglich ist, zum Ziele gelangt, die Summirung dieser Einzelwirkungen durch Ausbau aller geeigneten Nebenthäler ohne Einfluss auf den Hochwasserabgang im Strome selbst bleiben? An der Oder wird es nach der Fertigstellung der 3 geplanten Becken mit 77 Millionen cbm Stauraum gelingen, die höchsten Anschwellungen um 1000—1200 cbm sekundlich zu vermindern. Das muss doch einen Einfluss auf die Hochwasserverhältnisse der unteren Oder haben! Und überdiess können im Quellgebiet des Bober und Queiss nach vorläufigen Ermittlungen über 100 Sammelbecken angelegt werden. In Rheinland und Westfalen sind für Kraft- und Trinkwasserversorgung annähernd 90 Millionen cbm Stauinhalt gewonnen worden, lediglich in Becken, die sehr nach dem kritischen Gesichtspunkt der Rentabilität angelegt wurden. Und diese Bewegung ist hier erst im Anfange, und es sind ihr noch keine Grenzen gesetzt.

Man hat weiterhin hervorgehoben, dass die Bebauung der Gebirgsthäler ihrer Benutzung für Stauzwecke hinderlich im Wege stände. Die Beseitigung einer dichten Bebauung wird allerdings nicht möglich sein. Wie weit man aber darin gehen kann, Gehöfte anzukaufen und abzurechen, darüber wird im allgemeinen die Kostenfrage entscheiden müssen. In manchen Thälern hat heute schon die Bebauung der Wasserstauung weichen müssen, indem alte Trinkwerke aufgekauft wurden, um die Wasservorräthe durch die grösseren technischen Mittel der Gegenwart zweckmässiger auszunutzen. Zutreffend bemerkt Napoleon in seinem oben erwähnten Brief: „Und selbst wenn auch die Wehre dem Anbau der Thäler etwas schaden würden, sollte man sie dennoch nach Entschädigung der Eigenthümer durchführen; denn auch bei einem Feuerbrand muss man immer etwas opfern — also hier einige wenig fruchtbare Felder zu gunsten der reichen Felder in den Thälern.“ Aber die moderne Trinkwasserversorgung aus Sammelbecken ist hierin noch weiter gegangen; nicht nur aus den Thälern sind die menschlichen Ansiedlungen hinausgedrängt worden, sondern sogar aus dem ganzen Niederschlagsgebiet, da das Erforderniss, ein reines Trinkwasser zu gewinnen, es nöthig macht, jede Verunreinigung zu verhüten, wie sie durch Abwässer von Ortschaften, welche im Abflussgebiet eines Beckens liegen, leicht herbeigeführt werden kann. Um dies zu erreichen sind zum Theil die ganzen Niederschlagsgebiete angekauft und ist waldwirthschaftlicher

Betrieb darauf eingerichtet worden. Wo die Kosten hierfür zu hoch gingen, da begnügt man sich wohl damit, diese Ortschaften zu kanalisieren, um die schmutzigen Abwässer abzufangen und ausserhalb des Staubeckens abzuleiten. Diese wenigen Angaben sollen nur andeuten, welche Aufwendungen gemacht werden, wenn die Nothlage es erfordert und darthun, dass die Frage, ob ein Thal, welches Bebauung hat, sich sonst aber für Wasserstauung eignet, zweckmässig hierzu verwerthet werden kann oder nicht, nicht nur in eine Rentabilitätsfrage ausläuft, sondern sogar im gegebenen Falle ohne Rücksicht darauf durch die Zwangslage entschieden werden kann. Und aus diesem Beweggrunde heraus dürfte fernerhin im Zusammenwirken von Technik und Finanzierung für die Anlegung von Sammelbecken zu dem gemeinsamen Zwecke des Wasserschutzes, der Landeskultur, Kraftgewinnung und Schiffahrt noch gewiss eingehende Umschau nach geeigneten Thälern gehalten und manche heute unüberwindlich erscheinenden Hindernisse dürften beseitigt werden. Den Gang dieser Entwicklung und ihre Grenzen vorausszusehen ist unmöglich; darüber wird die Zukunft Gewissheit bringen. Aufgabe der Gegenwart aber ist es, forschend und prüfend diesem aussichtsvollen Probleme nachzugehen.

Diese Betrachtung und der neuere Verlauf der Dinge in der Verwerthung der Sammelbecken für Hochwasserschutz lassen es jedenfalls gewagt erscheinen, die Frage der Beeinflussung des Hochwasserabganges an unseren Strömen durch Aufspeicherungswerke kurzweg zu verneinen. Die Erörterung war bisher vielfach eine akademische; an einigen wenigen Zahlen ohne näheres Eingehen wurde geprüft und die Angelegenheit abgethan. Wenn man aber auf die Untersuchungen in Frankreich an der Loire unter Napoleon III., die keine Ausführung gezeitigt haben, hingewiesen hat, so muss, ohne sonst den Gründen nachzugehen, dem doch entgegen gehalten werden, dass dort das Moment der Kraftausnutzung und besonders der elektrischen Kraftübertragung der gewonnenen Energie nicht in Frage kam bzw. kommen konnte, welcher Umstand heute dem ganzen Gegenstand ein wesentlich anderes Gepräge giebt.

Hier kann nur eine eingehende Untersuchung auf der Grundlage örtlicher Feststellungen und Ermittlung der wirthschaftlichen Verhältnisse im einzelnen die Entscheidung bringen. Es wäre aber als ein grosser Fortschritt anzusehen, wenn hier etwas Durchgreifendes geschähe, um der Verschiedenheit der Meinungen zu begegnen und Aufklärung über einen Plan zu erlangen, der eine weitgehende und grundsätzliche Bedeutung für unser zukünftiges Wirtschaftsleben hat.

Welche Wirkung würde nun durch den oben berechneten Stauraum von 1600 Millionen cbm für den Rhein erzielt werden?

Das Hochwasserprofil des Rheins bei der Hochfluth vom November 1882 — das bekannte höchste eisfreie Hochwasser — fasste bei Coblenz 3106 qm. Da die Abflussgeschwindigkeit an dieser Stelle etwa 7 Minuten auf 1 km betrug, so berechnet sich die Abflussmenge zu rund 7500 cbm sekundlich. Als ein mittleres Hochwasser, das im allgemeinen unschädlich

abgeht und auch die Schifffahrt noch nicht wesentlich behindert, ist das vom März 1888 anzusehen, bei welchem die Abflussmenge bei Coblenz (+ 6,15 a. P.) 4500 cbm sekundlich betrug. Wenn dieser Wasserstand nicht überschritten werden sollte, so müssten sekundlich also 3000 cbm im Niederschlagsgebiet zurückgehalten werden. Hierfür reicht der Stauraum von 1600 Millionen cbm — den Fall vorausgesetzt, dass nur  $\frac{2}{3}$  hiervon zur Aufnahme des Hochwassers zur Verfügung stehen würden — auf die Dauer von 99 Stunden hin. Es würde hierdurch immerhin schon eine merkbare Aenderung des Hochwasserabganges und die Abschneidung gefährlicher Spitzen der Hochfluthen herbeigeführt werden können, besonders bei einem durch Erfahrungen und Nachrichtenschnelldienst zweckmässig ausgestalteten Betriebe.

Im übrigen liegen die Hochwasserverhältnisse des Rheins in seinen alpinen Quellgebieten nicht ungünstig infolge der ausgleichenden Wirkung, welche die zahlreichen Seen auf den Abflussvorgang ausüben. Wenn zwar das deutsche Stromgebiet von Basel bis zur Mainmündung — befördert durch künstliche Maassnahmen — ebenfalls im allgemeinen günstige Vorfluthverhältnisse zeigt, so sind doch in bezug auf das Auftreten der Hochwässer in den Flüssen des Schwarzwaldes die Zustände meist sehr böse; sie werden herbeigeführt durch starke Niederschläge, schroffe Temperaturwechsel bei Schneereichthum, Steilheit der Hänge, starke Neigung der Thäler und geringe Durchlässigkeit des Bodens. Verheerende Hochwässer sind hier viele und bis in die neueste Zeit hinein aufgetreten; umfangreiche Schutzmassregeln — Uferbefestigungen, Flussregulirungen, Deichbauten u. a. — sind getroffen worden, um den Uebelständen abzuhelpen. An den Flüssen: Wutach, Wiese, Elz und Dreisam, Kinzig, Rench und Murg werden die Aufwendungen allein für die Jahre 1842—1888 zu 15 Millionen Mark angegeben. Grosser Nutzen ist dadurch erreicht worden; derselbe wird für die Elz und den Dreisam zu mehr als 4 Millionen Mark geschätzt. Aus diesen wenigen Zahlen erhellt, wie hohe Güterwerthe hier in Rede stehen. Dass aber in diesen Gebirgsgegenden noch mancher Hochwasserschaden verhütet werden kann, dürfte nicht zu bezweifeln sein. Projekte und Planungen thun dies dar. So hatte man zur Behebung der schlimmen Zustände im Steinlachthal (Neckargebiet) die Anlegung von Sammelbecken in Erwägung gezogen. Man fand hierbei die Möglichkeit sehr wohl heraus, durch Thalsperren die Hochfluthen der Steinlach zu bändigen; aber an dem Kostenaufwande scheiterte das Unternehmen.

Es würde über den Rahmen dieser Untersuchung hinausgehen, durch weitere Feststellungen die Nothwendigkeit und die Nutzbarkeit des Hochwasserschutzes am Rhein zu prüfen und den Vortheil nachzurechnen, welche auch die unteren Rheingebiete — die Niederung — aus einem gleichmässigeren Hochwasserabfluss durch Verminderung der Wasserschäden haben würden. Aber es kann in Hinblick auf die von Zeit zu Zeit mit grosser Regelmässigkeit vom Rhein und seinen Nebenflüssen herkommenden alarmirenden Nachrichten von Ueberschwemmungen und Hochwasserschäden und

nach der ausserordentlichen Sorgfalt, welche man dort dem Hochwassernachrichtendienst zu Theil werden lässt, die Anschauung nicht von der Hand gewiesen werden, dass die Hochwasserfrage hier eine bedeutende Rolle spielt und jede Verbesserung der Abflussverhältnisse sehr erwünscht sein müsste.

Die Verwerthung der Gebirgswässer für Bewässerungszwecke nimmt in der Landwirtschaft der Schwarzwald- und Vogesen-thäler, wie bereits hervorgehoben, einen hervorragenden Platz ein. Auch in den anderen Thälern am Rhein, am Main und im Neckargebiet ist diese Wirtschaftsweise stark vertreten und findet eingehende Pflege. Der Neckar bietet hierfür noch ein weites Feld der Ausbreitung.

Wie die von steilen und hohen Gehängen mit starkem Gefälle herunterkommenden Bäche und Flüsse dieser Gebirgsgegenden, besonders im Schwarzwald, bei Niederschlägen rasch zu gewaltigen Fluthen anschwellen, ebenso schnell verlaufen sich die Wassermassen und in regenarmer Zeit liegen die Gerinne trocken. Daher sind ebenso wie für die Gewinnung von Triebwasser, so auch für die künstliche Bewässerung kleine Weiher in grosser Zahl vorhanden. Aber die unzureichenden Anlagen versagen in trockner Zeit und die Aufsammlung von Wirtschaftswasser in grossen Behältern nach dem Vorbilde der Vogesenweiher und der Staubecken der Tropen, die eine ausreichende und sichere Versorgung unter allen Umständen gewährleisten, wird als ein erwünschter Ersatz der gegenwärtigen Betriebsweise und als Mittel zu intensiverer Ausnutzung des Bodens zu betrachten sein. Die erhöhte Aufmerksamkeit, welche man, wie oben näher erörtert wurde, diesem Zweige des Meliorationswesens neuerdings zuwendet, lässt erkennen, dass hier ein Bedürfniss der Landwirtschaft der Gebirgsthäler vorliegt, dem entgegen zu kommen die Aufgabe einer sorgenden Staatswirtschaft sein muss.

Zur Beurtheilung der Frage, ob die Schifffahrt ein Interesse an der Erhöhung der niedrigen Wasserstände der Ströme hat, sei auf die Thatsache hingewiesen, dass alle Verbesserungen an natürlichen und die Schaffung neuer künstlicher Schifffahrtsstrassen stets zu erheblichen Verkehrssteigerungen geführt haben. Die Binnenschifffahrt Deutschlands hat sich infolge des Ausbaues der Wasserstrassen und des gesammten Aufschwunges des wirtschaftlichen Lebens in den 20 Jahren von 1875 bis 1895 von 2,9 auf 7,5 Milliarden Tonnenkilometer, also um 159 v. H. gehoben; bis zum Jahre 1898 ist eine weitere Vermehrung auf 10,7 Milliarden eingetreten.\*) Im besonderen haben auch die von Erfolg begleiteten Korrekptions- und Regulierungsarbeiten am Rhein eine bedeutende Verkehrssteigerung zur Folge gehabt. Im obengenannten Zeitraum stieg hier der Verkehr von 882 auf 3030 Millionen tkm und, wie oben erwähnt, von 1895 bis 1898 noch um weitere 50 v. H.

Die Zunahme des Tiefganges der Schiffe ist bisher in gleichem Maasse mit der Vergrösserung der Fahrtiefe im Strome gestiegen, immer hart an die Grenze des Zulässigen heranreichend. Wohl mussten die drängenden,

---

\*) Sympher, die wasserwirtschaftliche Vorlage.

zu weit gehenden und nicht erfüllbaren Ansprüche der Schifffahrt bisweilen zurückgewiesen werden; aber die Erkenntniss, dass in der Billigkeit des Wasserverkehrs gegenüber anderen Transportarten ein bedeutendes Mittel zur Förderung und Belebung des wirtschaftlichen Lebens und des Nationalwohlstandes liegt, und dass eine gleichmässig benutzbare Verkehrsstrasse die Stabilität der Tarife und damit geordnete Handelsbeziehungen sichert, hat dazu geführt, dass man den Ausbau der Wasserstrassen, die lange Zeit hindurch gegenüber den Eisenbahnen vernachlässigt wurden, neuerdings wiederum gefördert hat und noch fördert, insoweit als es die Gesamtinteressen und Wissenschaft und Erfahrung gestatten, wirtschaftlich richtige Unternehmungen auszuführen. Gute Verkehrswege führen eine dauernde Vermehrung der Produktion herbei, die in ihrer Rückwirkung auf den Verkehr selbst eine „Verkehr schaffende“ Wirkung der Transportmittel bedeutet.\*)

Es ist nicht uninteressant zu beobachten, mit welcher lebhaften Spannung zu Zeiten niedriger Wasserstände die Wasserstandsbewegungen unserer Ströme von seiten der Schifffahrttreibenden verfolgt werden und mit welchem grossen Interesse in solchen Wochen am unteren Rhein die Wasserstandsmeldungen vom oberen Strome abgewartet werden. Und grade im Herbst, der gewöhnlichen Zeit der niedrigen Wasserstände, ist die Nachfrage nach Schiffsladeraum stark, weil um diese Zeit angesichts des drohenden Schlusses der Schifffahrtsperiode durch Frost ein besonders lebhafter Güterverkehr sich abzuspielden pflegt, der vor dem theueren Eisenbahntransport zurückschreckt. Man muss bemerkt haben, wie da jede kleine Anschwellung des Rheinwasserstandes, jedes wachsende Centimeter die Gemüther der Schiffer bewegt und die Preise der Schiffsfracht beeinflusst, um auch ohne wirtschaftliche Berechnungen zu der Einsicht zu gelangen, welche bedeutenden Kapitalwerthe der steigende und fallende Strom durch die Wirkung darstellt, die er auf das Verkehrsleben ausübt. Und man gewinnt bei solcher Betrachtung die Ueberzeugung, dass jede Verbesserung der Niedrigwasserstände in solcher Zeit von der Schifffahrt auf das weitgehendste würde ausgenutzt werden. Nicht nur der Tiefgang und damit die Tragfähigkeit der Schiffe würde erhöht werden, sondern auch der Schiffsladeraum liesse sich während des ganzen Jahres besser ausnutzen.

Der gesammte Schiffsverkehr würde belebt und gesteigert werden. Die gleichmässige Wasserführung des Stromes würde eine grössere Sicherheit im Betriebe der Schifffahrt schaffen. Es sind die jetzt so häufigen Stockungen im Schifffahrtsverkehr zu Zeiten niedriger und hoher Wasserstände, welche auf vielen Seiten das Vertrauen zu den Wasserstrassen schädigen. Diese Unterbrechungen haben einen ungleichmässigen Verkehr zur Folge. Lieferungs-termine können nicht eingehalten werden; bei sich bessernden Wasserständen treten dann Ueberlastungen der Häfen und Ladestellen ein, die zu erneuten Aufenthalten Veranlassung sind. Die Zahl der jährlichen Schiffsreisen

---

\*) Sax, Transport- und Kommunikationswesen.

und somit die Ausnutzung des im Schiffskörper angelegten Kapitalwerthes,\*) wird hierdurch beschränkt, der jährliche Nutzen verringert.\*\*) Allen diesen Uebelständen würde eine gleichmässigeren Fahrtiefe im Strome steuern.

Wie aus der Zusammenstellung im vorigen Abschnitt der aus dem Betriebe der Sammelbecken zu ziehenden Erträge ersichtlich ist, nimmt dort die erste Stelle die Verwerthung des aufgespeicherten Wassers zu Kraftzwecken ein. Es besteht darum naturgemäss der wichtigste Nachweis für die Rentabilität des Unternehmens darin, zu zeigen, dass es möglich sein würde, das Kraftwasser in dem vollen Umfange, wie es im Gebirge gewonnen wird, abzusetzen, sei es in direkter Abgabe an Triebwerke, welche in den Gebirgsthälern ihren Sitz haben, sei es durch Umwandlung der Wasserkraft in Kraftcentralen in elektrische Energie und Abgabe der letzteren für motorische, Licht- oder gewerbliche Zwecke an die Industrie, die Landwirthschaft oder an Verkehrsanstalten umliegender Bezirke.

Bei der Erörterung dieses Gegenstandes ist einmal zu beachten, ob überhaupt Verlangen nach mechanischer Arbeitsleistung für vorgenannte Zwecke im Lande vorhanden ist und, wenn dies der Fall ist, aus welcher Kraftquelle der Bedarf gedeckt werden soll.

Ausser der thierischen Kraft stehen uns zwei Naturkräfte zur Verfügung, die Wasserkraft und die Dampfkraft, durch die ein drittes Kraftmedium erzeugt werden kann: die elektrische Energie. Die Kraftmaschinen, welche die Energie aus Gas, Benzin, Petroleum oder Spiritus schöpfen, nehmen nur eine bescheidene Stelle gegenüber den erstgenannten ein, da sie wegen der hohen Betriebskosten bei grossen Anlagen eine weitere Verbreitung nicht finden können. Auch die Nutzbarmachung des Windes ist wegen seiner grossen Ungleichmässigkeit nur in beschränktem Umfange in hierfür besonders geeigneten Bezirken möglich gewesen.

Vergangenen Geschlechtern bot das Wasser die einzige nachhaltige Kraftquelle. Dann trat der Dampf auf. Er ersetzte und verdrängte das Wasser, und die Dampfkraft wurde der gewaltige Träger der modernen industriellen Entwicklung des Erdballs. Die Möglichkeit der gleichmässigen und zuverlässigen Kraftbeschaffung und die örtlich unbeschränkte Verwendung neben verhältnissmässiger Billigkeit waren die ausschlaggebenden Momente, die der Dampfkraft zur Allbeherrschung des wirthschaftlichen Lebens verhalfen. Dazu kam die Entwicklung und das Aufblühen der Elektrotechnik, die der Verwerthung der Kohlenenergie neue Wege wies.

Auch heute erfährt die Dampfkraft durch die Wasserkraft noch keine nennenswerthe Verminderung ihres Verwendungsgebietes. „Verfolgt man die neuere Litteratur, so möchte man fast meinen, dass es sich überhaupt nicht der Mühe lohne, noch nach Wasserkraften zu suchen.“\*\*\*) Aber es vollzieht

\*) Der Werth der deutschen Rheinflotte wird 250 Millionen Mark geschätzt.

\*\*) Gothein, Deutsche Bauzeitung 1899 S. 503 und Sax, Transport- und Kommunikationswesen.

\*\*\*) Intze, Die Wasserverhältnisse Ostpreussens.

sich in der Gegenwart eine Bewegung, die darauf schliessen lässt, dass das Wasser in seiner Nutzbarmachung als Kraftquelle einer neuen Entwicklung entgegen geht.

Ein lehrreiches Bild dieses Vorganges — der ehemaligen Blüthe der Wasserkraftverwerthung, ihres Verfalls und ihrer Neuerstehung — bietet die Geschichte der Kleineisen-Industrie des Bergischen Landes, die ihren Hauptsitz im Solinger und Remscheider Bezirk hat. Das Bergische Land ist eine Gebirgserhebung, welche bis zu 400 m ü. Meer ansteigt und von vielen Bächen und dem gewundenen Laufe der Wupper, ihrem Sammler, durchzogen wird. Die Wassergerinne haben ihr Bett tief eingeschnitten in das Schiefergestein des Devons; die Thäler sind schmal, die Hänge steil und zum Theil felsig; die Ebenen der Höhen haben keine grosse Flächenausdehnung. Der Fels ist überdeckt von einer nur wenige Meter starken Ueberlagerungsschicht, die ein Verwitterungsprodukt des Gesteins ist und aus Thon, Lehm und Gerölle besteht. Für den Betrieb der Landwirthschaft ist dieses Land darum wenig geeignet. Der Boden ist strenge, das Klima rau; es wird nur Roggen und Hafer angebaut, von Hackfrüchten hauptsächlich die Kartoffel. In den engen Thälern ist nur wenig Wiesenland vorhanden, auf dem Viehwirthschaft betrieben werden könnte. Die Wasserarmuth der Höhen lässt in sommerlich trockner Zeit die auf die Bestellung der Felder verwandte Mühe in Gefahr gerathen und wohl auch bisweilen zu nichte werden. Die Verkehrsverhältnisse waren ehemals sehr schlecht. „Das Bergische Land war Jahrhundertlang auf völlig unzulängliche Kommunikations- und Transportverhältnisse angewiesen.“\*) Alle Bedarfsgegenstände wurden früher auf steilen Saumpfadern getragen.

In solchem Oedland der Berge musste der Mensch darauf sinnen, auf andere Weise als aus der Landbestellung seinen Unterhalt zu gewinnen. Und hatte die Natur auf der einen Seite dieses Land vernachlässigt, so entstanden ihm auf der anderen Seite eben aus seiner eigenartigen gebirgigen Formation Vortheile, welche die Untauglichkeit des Bodens für landwirthschaftliche Bebauung ausglich. Es war dies sein Wasserreichthum. Die Höhen des Bergischen Landes bilden die erste grosse Bodenerhebung, an welche die von Westen kommenden, die Feuchtigkeit des Meeres mit sich führenden Winde anprallen. Bedeutende Niederschläge sind die Folge davon. Die Thalsohlen haben starke Neigung, sodass aus dem abfliessenden Wasser eine grosse Arbeitsleistung zu erzielen ist.

Die Verwerthung dieser Wasserkräfte liess die landwirthschaftliche Unfruchtbarkeit des Landes in Segen verwandeln. Gewerbe wurden herangezogen und in politischen und religiösen Wirren boten die Thäler Holländern, den Hugenotten u. a. eine Zufluchtsstätte und neue Heimath. Das Ausland (England, Schweden), das Siegener Land und die Mark (Ruhr- und Lippegebiet) spendeten aus ihren Bergwerken das Eisen und den Stahl, und die Hammerwerke an der Wupper und ihren Zuflüssen ver-

\*) F. Ziegler, Wesen und Werth kleinindustrieller Arbeit, Berlin 1901.

arbeiteten das harte Material und schmiedeten Waffen und Werkzeuge daraus. Das Wassergefälle lieferte dabei die erforderliche mechanische Kraftleistung zum Breiten, Dehnen und Schleifen des Stahls, und der ehemalige reiche Holzbestand der Berge, späterhin die Kohle des Ruhrbezirks, unterhielten das Schmiedefeuer. In dem Austausch der erzeugten Gebrauchsgegenstände des täglichen Lebens gegen die landwirthschaftlichen Güter der fruchtbaren Rheinniederung fand die Bevölkerung der Berge die Möglichkeit einer auskömmlichen Existenz. War auch die zur Verfügung stehende Kraft keine vollkommen gleichmässige und versagte sie auch mitunter in der sommerlichen Trockenheit ganz, so gab man sich damit eben zufrieden oder versuchte wohl durch Anlegung kleiner Teiche den Missstand zu mildern. Der Wirthschaftsbetrieb der damaligen Zeit war ein so extensiver, dass diese kurzen Stockungen nicht ins Gewicht fielen. Dies bekundet auch der Umstand, dass die Wasserräder der Hammerwerke vielfach im Freien liefen, sodass die Triebwerke Wochen lang still lagen, weil die Räder eingefroren waren. Solcher Störung hätte doch erforderlichenfalls leicht durch Ummauerung und Ueberdeckung der Räder begegnet werden können.

Da trat als gefährlicher Gegner die Dampfkraft auf, und mit ihr entstand eine intensivere Bethätigung auf allen gewerblichen Gebieten. Sie behob mit einem Schlage den Uebelstand des ungleichmässigen Kraftzuflusses, und es war naturgemäss, dass man sich ihrer grösseren Zuverlässigkeit anvertraute. Die Wasserwirthschaft der Thäler begann in Verfall zu gerathen. Theils wurden Wassertriebwerke durch Dampfanlagen ergänzt, theils ganz ersetzt. Andere Erfindungen kamen hinzu, die den Arbeitsbetrieb vervollkommneten. An die Stelle der Wasserhämmer traten die genauer arbeitenden Dampfhämmer; auf den Höhen entstanden Walzwerke und Dampfschleifereien, während die Schleifereien in den Thälern in früherer Zeit lediglich durch Wasserkraft betrieben wurden. Dieser grosse Umwandlungsprozess begann um die Mitte des vorigen Jahrhunderts und dauerte bis in die Gegenwart hinein.

Mit der Verdrängung der Wasserkraft durch den Dampf war die natürliche Vorbedingung der Industrie des Bergischen Landes gefallen. Aber die Gewerbe behaupteten sich im Lande; sie nahmen zu an Umfang und Bedeutung, nachdem durch viele Generationen hindurch die gewerbliche Bethätigung der Bevölkerung in Fleisch und Blut übergegangen und gewissermassen zu einer vom Vater auf den Sohn vererbten Fähigkeit geworden war. Nur aus den Thälern, ihren Geburtsstätten, zogen die Gewerbe auf die Höhen und liessen hier die modernen Industriezentren von Solingen und Remscheid entstehen, und der Fremde, der das Land flüchtig besucht, wird nicht leicht die natürlichen Entstehungsgründe des reichen gewerblichen Lebens erkennen. Der riesenhafte Aufschwung des modernen Verkehrswesens brachte zudem den Erzeugnissen der Kleineisenindustrie ein über den ganzen Erdball ausgebreitetes Absatzgebiet und gab diesem Lande, das einstmals gegenüber der ertragreichen Niederung des Rheinthales von der Natur vernachlässigt und zur Verarmung bestimmt schien, Wohlstand und blühendes Leben.

Aber es ist von Bedeutung, den weiteren Entwicklungsgang in der Gegenwart zu verfolgen. Wenn die Ungleichmässigkeit der Wasserführung der Bäche der Grund zur Abwanderung der Gewerbe aus den Thälern war, so haben die Verbesserungen, welche hierin die Sammelbecken an der oberen Wupper und im Eschbachthale neuerdings geschaffen haben, wiederum das Vertrauen zu den natürlichen Wasservorräthen des Landes wachgerufen.

Die Uebelstände der langen sommerlichen Trockenheit sind durch diese Anlagen behoben oder wenigstens gelindert; die Wasserkräfte sind gleichmässiger geworden und die früher nothgedrungene Unthätigkeit der Triebwerke im Sommer mit allen ihren üblen Folgen für die Menschen und Gewerbe ist der Möglichkeit geordneter Arbeit gewichen. Die Hochwasserzurückhaltung hat den starken Abfluss des Wassers in nasser Jahreszeit vermindert; das kommt ebenfalls den Triebwerken zu Nutze. Denn wie durch Wassermangel in trockner Zeit erleiden viele derselben auch bei den Hochwasserfluthen eine Unterbrechung, indem infolge der Ausgleichung des Gefälles an den Wehrüberläufen die Wasserräder ins „todte Wasser“ kommen, in welchen Stunden dann garnicht oder nur mit Gefahr für die Räder gearbeitet werden kann.

Die Remscheider Thalsperre hat die Wasserkräfte der unterhalb im Eschbachthale gelegenen Triebwerke verdoppelt; den Triebwerken im Wupperthale liefern die Sammelbecken an der Bever und Lingese um ein Drittel bis zum Dreifachen — je nach der Grösse der Werke — der früheren Wasserkräfte. Aehnliche Erfolge sind an der Ruhr und ihren Zuflüssen zu verzeichnen. Die wesentlich grössere Billigkeit der Wasserkraft gleicht manche Unebenheiten aus, die vielleicht gegenüber der Dampfkraft noch bestehen, aber durch weitere Ausgestaltung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse ganz zu beseitigen sein werden. Triebwerke in den Thälern, die verlassen und verfallen waren, werden neu ausgebaut und vergrössert; andere neu angelegt. Eine freudige Thätigkeit ist erkennbar, und die Gewerbe, die vor Jahrzehnten auf die Höhen siedelten, treten zum Theil die Rückwanderung an die Stätte an, wo einst ihre Wiege stand. Zum anderen Theile werden Centralwerke errichtet, welche die im Thale gewonnene Kraft auf die Höhe abgeben, wozu die elektrische Uebertragung die Hand bietet. Denn die Enge der Thäler würde heute der reichentwickelten Industrie nicht genügende Raumentwicklung gestatten. Die Kraftgewinnung erfolgt im Thale, ihre Verwerthung aber auf den freieren Flächen der Höhen. Der beste Beweis dafür, dass hier Bedarf an mechanischer Arbeitsleistung und das Verlangen nach einer Aufbesserung der verfahrenen, wasserwirtschaftlichen Zustände vorhanden war und ist, ist wohl darin gegeben, dass diese Sammelbecken auf eigene Kosten und Gefahr der Betheiligten ins Leben gerufen und zur Ausführung gelangt sind. Und immer weitere Kreise zieht in Rheinland und Westfalen das Bestreben durch Thalsperrenbauten, den Wasserreichtum der Gebirge für Kraftzwecke weise zu reguliren und auszunutzen. Mehrere solcher Sperrmauern sind gegenwärtig in der Ausführung begriffen, andere werden

geplant. Neben den Erfolgen, welche die Aufhöhung des Niedrigwassers der Wupper und Ruhr zu verzeichnen hat, sind Unternehmungen, wie die Remscheider Thalsperre, welche die Wasserversorgung dieser Stadt, zum Theil auch die Kraft zum Heben des Trinkwassers aus dem Thale nach dem auf hohem Bergkegel gelegenen Ort liefert und ausserdem noch, wie erwähnt, Triebwasser für die Werke im Eschbachthal abgiebt, und das neue Wasser- und Elektrizitätswerk der Stadt Solingen im Sengbachthale, bei welchem die Sammelbecken das Trinkwasser und die zum Heben desselben nach der Stadt erforderliche bedeutende mechanische Arbeitsleistung und darüber hinaus noch einen Ueberschuss an Kraft gewinnen lassen, aus welchem in Verbindung mit dem gestauten Wasser der Wupper, elektrische Energie für Licht- und Kraftzwecke der Kleinindustrie und sonstigen Gebrauch hergestellt wird, weitere Zeugen des erfreulichen Fortschritts in der besseren Ausnutzung der Wasserläufe des Landes.

Ziegler\*) bezeichnet die Anlegung von Thalsperren als den Wendepunkt eines kritischen Zeitabschnittes für die gewerbliche Thätigkeit in den Thälern des Bergischen Landes und erkennt an, dass die „Remscheider Thalsperre, welche bahnbrechend in dieser Hinsicht gewirkt hat, eine Belebung der Thalindustrie herbeigeführt und vielen fleissigen Kleinmeistern und Industriellen die Möglichkeit dargeboten hat, den Jahrhunderte alten, ererbten Besitz zu erhalten und wieder unter glücklicheren Lebensbedingungen an dem allgemeinen Wettbewerbe erfolgreich theilnehmen zu können.“ Er ist der Ansicht, dass die weitere Anlage von Thalsperren zur Gewinnung elektrischer Kraft für das Kleingewerbe die gesunde Weiterentwicklung der Industrie sehr begünstigen würde.

Auch in den Vogesen hatte in früherer Zeit des Vorhandensein von Wasserkraften in den weit von den Kohlenbezirken abgelegenen Thälern zur Ansiedlung gewerblicher Thätigkeit Veranlassung gegeben. Allein den gesteigerten Ansprüchen der Neuzeit stand die Wassernoth bei Niedrigwasser entgegen, die sich durch Aufforstung u. a. m. nicht beseitigen liess und zu einem dauernden Streit um das wenige vorhandene Wasser zwischen der Landwirtschaft und den Gewerben führte. Man suchte dem Uebelstand zunächst durch Ausnutzung vorhandener natürlicher Becken, welche durch ein einfaches Abschlusswerk gestaut werden konnten, abzuhefen. Die hierbei gemachten Erfahrungen waren günstig; aber die verworrenen politischen Verhältnisse liessen es zur Ausführung von Stauweihern, an welche man im weiteren Verfolg wohl dachte, in der Zeit der französischen Herrschaft nicht kommen. Der Zwist zwischen Landwirtschaft und Industrie, der umso heftiger wurde, als sich die letztere in der Neuzeit mächtig entwickelt hatte, bestand trotz mancherlei behördlicher Verordnungen fort. Erst unter der deutschen Verwaltung ging man zu Thaten über und steuerte durch Ausführung von Stauweihern dem Wassermangel der Triebwasserbäche. Der Erfolg war ein überaus günstiger; es zeigte sich „überall eine er-

\*) Wesen und Werth kleinindustrieller Arbeit.

freuliche Thätigkeit zum Nutzen für Landwirthschaft und Gewerbebetrieb.“\*)

In anderen Theilen Deutschlands würden gewiss ebenso segensreiche Ergebnisse zu erzielen sein. Im Schwarzwald findet schon heute eine starke Ausnutzung der Wasservorräthe und vielfache gewerbliche Bethätigung statt. Die Wasserstauanlagen sind dort — wenn auch nur vor kleinem Umfange im einzelnen — bei ihrer grossen Verbreitung nicht ohne günstige und verzögernde Wirkung auf die Abflussverhältnisse der dortigen Flüsse. Nach dem Rheinstromwerk übersteigt die Zahl der Wassertriebwerke im südlichen und westlichen Schwarzwald 2000; die ausgenutzten Gefälle betragen etwa 7500 m, die gewonnenen Kräfte 30 000 Pferdekräfte. Die Verwerthung erfolgt hauptsächlich für Holzindustrie, Mahlmühlen, Schmiedwerke u. a. m. Aber die kleinen Anlagen vermögen zeitweilige Knappheit des Betriebswassers nicht zu verhindern und der Uebelstand könnte hier, wie eben an anderen Orten geschehen, wohl nur durch eine Ausgleichung der Abflussmengen im grossen beseitigt werden. Und man wird nicht zweifeln dürfen, dass in diesen hochentwickelten, aber den Kohlengebieten entfernt liegenden Landestheilen, wie auch im Main- und Neckarbezirk,\*\*) Absatz für billige mechanische Arbeitsleistung leicht zu finden sein würde.

Auch im Osten Deutschlands sind Pläne entworfen worden, die bessere Ausnutzung des vorhandenen, aber bisher unbeachteten Wasserreichthums systematisch zu betreiben. Man hat berechnet, dass aus dem in bedeutender Höhe über dem Seespiegel gelegenen ostpreussischen Seensystem etwa 40—45 000 Pferdekräfte zu sehr billigem Preise gewonnen werden könnten, und im Projekt des Masurischen Schiffahrtskanals findet die Ausnutzung des Wassers eine zweckmässige Vereinigung der Interessen des Verkehrs, der Landwirthschaft und der gewerblichen Kraftverwerthung.

Wenn man sich noch vergegenwärtigt wie auch in Schlesien bei Anlage der Hochwasserschutzbecken die industrielle Ausnutzung des Thalsperrenwassers in Aussicht genommen und im Gesetz vom 3. Juli 1900 vorgesehen ist, wie man sich in Sachsen an der Weisseritz und an der Mulde anschickt Thalsperren zur Förderung industrieller Zwecke anzulegen und wie überall in Deutschland ein reges Interesse für diesen Gegenstand erwacht ist oder im Erwachen begriffen ist, so wird man den Schluss ziehen dürfen, dass die Erkenntniss, dass dem Lande billige Kraftquellen erschlossen werden müssen, in weitere Kreise zu dringen beginnt, und dass, wo solche Kräfte gewonnen werden können, ihre nutzbringende Verwerthung möglich sein wird — wenn auch nicht gleich in erster Zeit in vollem Umfange, so aber doch sicher und in nachhaltiger Weise dann, wenn erst das Vertrauen Wurzel gefasst haben wird, dass durch den Thalsperrenbau ausreichende

\*) Fecht, Ueber die Anlage von Stauweihern in den Vogesen, Berlin 1892.

\*\*) Vergl. Centralbl. der Bauverw. 1901 S. 504.

und gleichbleibende Kräfte der produktiven Bethätigung billig zur Verfügung gestellt werden können.

Die aus dem Gesamtniederschlagsgebiet Deutschlands von 54,2 Millionen ha sekundlich abfliessenden Wassermengen betragen im Mittel etwa 5700 cbm;\*) das in den Flüssen Deutschlands nach der Nord- und Ostsee abströmende Wasser vollbringt eine Arbeitsleistung von rund 20 Millionen Pferdekräften, wovon allerdings ein kleiner Theil durch den Arbeitsverbrauch des Abflusses verzehrt wird. Von dieser Leistung werden schätzungsweise 170 000 Pferdekräfte durch Wassertriebwerke wirklich nutzbar gemacht, während im Jahre 1880 in Deutschland etwa 900 000 Pferdekräfte durch den Dampf erzeugt wurden. Es ist aus diesen Zahlen ersichtlich, welche gewaltige natürliche Kraftquelle hier noch geboten ist, und wie sehr der Dampfkraft diejenige mechanische Arbeitsleistung überlegen ist, auf welcher der Fortbestand und die Entwicklung unseres gewerblichen Lebens für die fernere Zukunft beruht.

Die elektrische Kraftübertragung durch Fernleitung ist allerdings ein integrierender Theil und die Vorbedingung für eine ausgebreitete Wasserkraftausnutzung, und es bedurfte ihrer Erfindung, um die in abgelegenen Thälern, entfernt von Mittelpunkten des Verkehrs und menschlicher Ansiedlungen, zu gewinnenden Wasserkräfte der allgemeinen Verwerthung erschliessen zu können.

Die Frankfurter Ausstellung vom Jahre 1891 wies die technische Möglichkeit der Kraftübertragung auf weite Strecken (177 km) bei 75 v. H. Nutzwirkung nach; thatsächliche Ausführungen haben seit dieser Zeit auch die praktische Durchführbarkeit solcher Unternehmungen dargethan und zu weiterer Ausbildung dieser Technik geführt. Die Uebertragung sehr starker Ströme auf weite Entfernungen ist gelungen. Bei den Fahrversuchen der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen in Berlin wurden Starkströme bis zu 12 000 Volt Spannung auf 15 km Entfernung übertragen. „Die Fortleitung grosser Energiemengen in Form des elektrischen Stromes bietet heute keine Schwierigkeiten mehr, da Ströme von höchster Spannung bis etwa 50 000 Volt ohne Schwierigkeiten und ohne Gefahr mehrere 100 km weit mit Leitungen von verhältnissmässig geringem Querschnitt geführt werden können.“\*\*) Und gewiss ist diese Entwicklung noch nicht am Ende ihrer Ziele angelangt. Damit ist, wie an der erwähnten Stelle hervorgehoben wird, nicht nur die Möglichkeit geboten, die Lage der Kraftcentralen so zu wählen, dass die geringsten Transportkosten für Kohlen entstehen, also auf entfernten Gruben, wo dann selbst minderwerthige Kohlen noch rentable Verwendung finden, sondern es können auch Wasserkräfte für den Bahnbetrieb nutzbar gemacht werden. Und man ist in Schweden im Begriffe diesen Plan in die Wirklichkeit umzusetzen und die Dampfbahnen des Landes in elektrische Bahnen umzuwandeln, deren Betriebskraft aus

\*) Nach Intze, Die bessere Ausnutzung der Gewässer und der Wasserkräfte.

\*\*) Lasche, Deutsche Bauzeitung 1901 S. 603.

dem grossen Wasserreichthum der Gebirge gewonnen werden soll. Amerika nutzt die Niagarafälle bereits in dieser Weise aus. In Deutschland wird voraussichtlich die im Bau begriffene Thalsperre im Ennepethale (Ruhrgebiet) die erste sein, welche Kraft für Verkehrszwecke und zwar für die elektrische Strassenbahn von Barmen nach Schwelm liefert. Die elektrische Energie soll in einer an der Thalsperre anzulegenden Kraftstation erzeugt werden.

Die elektrische Kraftübertragung gestattet die Abgabe der in der Centrale erzeugten Energie in jeder beliebigen Menge nach jeder beliebigen Stelle des Wirkungsbereiches. In dieser Möglichkeit, mechanische Arbeitsleistung in jeglicher Abstufung herab bis zu den Theilen einer Pferdestärke geliefert zu erhalten und in der steten Bereitschaft dieser Kraftquelle — der jederzeitigen Entnahme und jederzeitigen Abstellung, ohne Verlust durch Leerlauf — liegt ein besonderer Vorzug. Dazu kommen eine Reihe äusserer Umstände, welche den elektrischen Betrieb erleichtern und verbilligen, wie geringer Anschaffungspreis der Elektromotoren, die zum Theil verliehen werden (Berlin), wenig Raumbeanspruchung und einfache Bedienung, leichte Transportfähigkeit und Zuleitung der Kraft durch biegsame Leitungen, günstiger Wirkungsgrad bei verschiedener Belastung u. a. m.

Diese vortheilhaften Eigenschaften des Elektromotors treten besonders im Kleinbetriebe hervor und Ziegler\*) bezeichnet diese Betriebskraft für die Eigenart der Bergischen Kleineisenindustrie als „geradezu ideal“. Die Dampfmaschine mit ihrer den Grossbetrieb fördernden Tendenz findet hierin ein ausgleichendes Gegengewicht. Die kleine Dampfmaschine arbeitet sehr ungünstig; sie beutet nur etwa 1—2 v. H. der Kraftenergie der Kohle aus. Ueberdiess bedarf diese Maschine viel Wartung und muss naturgemäss dauernd unter Feuer gehalten werden, wenn die Kraft jederzeit soll entnommen werden können. Das Kleingewerbe hat aber im allgemeinen periodischen Bedarf; die Kraft wird meist nur stundenweise gebraucht. Nach Hoppe\*\*) wird bei den gegenwärtig im Betrieb befindlichen Elektrizitätswerken jedes für gewerbliche Anlagen angeschlossene Kilowatt während 600—1400 Stunden jährlich benutzt. In Remscheid wurden in den Jahren 1896—99 auf je 1 Pferdekraft der an das Elektrizitätswerk angeschlossenen Motoren im Mittel 528 Kilowattstunden abgegeben, sodass also jede Pferdekraft durchschnittlich nur an 686 Stunden im Jahre thätig war. Hieraus erkennt man ohne weiteres, wie theuer sich der Betrieb gestalten müsste, wenn für diesen Bedarf von 686 Stunden eine Dampfmaschine während der ganzen Jahresbetriebszeit von 3600 Stunden ständig unter Dampf gehalten werden müsste, und wie sehr der Grossbetrieb mit seinem gleichmässigeren Kraftbedarf und seinen grossen, mit besserer Nutzwirkung arbeitenden Maschinen dem Kleindampfbetrieb überlegen ist. Wenn man für 1 Kilowattstunde 16 Pfennig\*\*\*) und für 1 Dampfpferdekraftstunde

\*) Wesen und Werth kleinindustrieller Arbeit.

\*\*) Berechnungen von Betriebskosten und Rentabilitäten.

\*\*\*) Berlin.

bei kleinen Maschinen 8,21 Pfennig in Ansatz bringt, so würde der Kleinindustrielle im ersten Falle  $528 \cdot 0,16 = 84,48$  M.; im zweiten Falle  $3600 \cdot 0,0821 = 295,56$  M. jährliche Unkosten haben. Er müsste in letzteren Betrieben einen grossen Theil Kraft bezahlen, für welche er gar keine Verwendung hat. Dieser Umstand erklärt es, warum die Kleinindustrie so ausgiebigen Gebrauch von dem Elektromotor macht, obwohl die elektrische Energie bei den Einheitssätzen, wie sie z. Zt. von den Elektrizitätswerken erhoben werden, bei dauerndem, ununterbrochenem Betriebe, wie weiterhin nachgewiesen wird, doch recht theuer ist.

Wie sehr der Elektromotor einem vorhandenen Bedürfniss entsprochen hat, zeigt das Beispiel von Remscheid, wo seit dem Bestehen der elektrischen Centrale in der Zeit von 1894 bis 1901 die Zahl der in kleinen Werkstätten im Betriebe befindlichen Elektromotoren sich von 2 auf 157 Stück bei einer mittleren Stärke von 6—7 Pferdekräften vermehrt hat\*). An die Berliner Elektrizitäts-Werke waren i. J. 1899 etwa 5000 Elektromotoren, die sich auf die verschiedenartigsten Gewerbe vertheilten, angeschlossen.\*\*\*) Bemerkenswerth ist die Darstellung, welche Ziegler von diesem Vorgange mit Beziehung auf die bergischen Industrieverhältnisse giebt, indem er schreibt: „Wie kaum ein anderes Ereigniss hat die Nutzenanwendung des elektrischen Stromes eine grundlegende Umgestaltung der kleinindustriellen Verhältnisse, besonders auch auf dem Lande, wo die Miethen und Arbeitslöhne billiger sind, als in den Städten, herbeigeführt. Die Dampfkraft hat zwar viele kleinere Existenzen vernichtet und ihre Träger in der geschlossenen Fabrik zusammengepfercht; aber die rasch zunehmende Verwendung des Elektromotors ist geeignet, der entschwindenden Selbständigkeit der Klein-eisenindustrie neues Leben zuzuführen und die bedrängten und bedrückten Kleinmeister wieder in glücklichere, freiere Wirthschaftsverhältnisse überzuleiten.“

Eine Wanderung durch die Bezirke der Kleinindustrie im Wuppergebiet zeigt diesen Zustand. An allen Strassen und Wegen ziehen sich von hölzernen oder eisernen Masten getragen eine grosse Anzahl Leitungsdrähte auf lange Strecken hin. Sie kommen von den centralen Erzeugungstätten der elektrischen Energie her. Von den Hauptsträngen theilen sich die dünneren Abzweigdrähte, die in kleinen Häusern, in denen Werkstätte und Wohnung vereint ist, oder in einfachen Fabrikanlagen verschwinden, um dort Kraft und Licht zu spenden. Die Bevölkerung liebt es, in gartenumgebenen Einzelgehöften zu wohnen, die dicht über das Land ausgebreitet sind, ohne sich zu geschlossenen Strassenzügen zu verengen. In dieser Vertheilung findet die Hausindustrie ihre Bethätigung. Dazwischen liegen eingestreut, in geringen Entfernungen von einander, mittlere und kleinere Städte, die Sammelstätten grösserer industrieller Anlagen und kaufmännischer Geschäfte.

\*) Nach Ziegler, Wesen und Werth kleinindustrieller Arbeit.

\*\*) Nach Mittelmann, elektrische Licht- und Kraftanlagen, Halle a. S. 1901. Jetzt wird die Zahl zu 8300 angegeben.

Die Häuser — meist leichte Fachwerksbauten — sind fast alle mit Schiefer beschlagen zum Schutz gegen die Unbillen der Witterung und machen in dieser Bekleidung auf den Fremden einen eigenartigen Eindruck; es ist dies die charakteristische Bauart des Bergischen Landes. Ihr schmuckes Aeussere und ihr guter baulicher Zustand lassen darauf schliessen, dass sich die Bewohner eines reichlichen Verdienstes erfreuen. Aus dem Innern heraus hört man ein emsiges Schnurren oder Hämmern der Arbeitsmaschinen. Es ist ein Bild werkthätigen Schaffens. Eisenbahnen und Strassenbahnen, die Geländeschwierigkeiten überwindend, überziehen die Gegend mit einem engen Verkehrsnetz und erleichtern das Fortkommen nach allen Richtungen. Sie werden lebhaft benutzt, und man erkennt an den dichtbesetzten Wagen und dem bedeutenden Güterverkehr der Landstrassen und Eisenbahnen die Intensität des geschäftlichen Lebens.

Es gleicht das Ganze einer grossen gewerbreichen Gartenstadt, in der alles dazu beiträgt, eine Stätte der Zufriedenheit und des Wohlbefindens zu schaffen. Und das ist der Erfolg industrieller Arbeit in einem landwirthschaftlich sehr wenig ertragreichem Lande.

Es ist nicht uninteressant, die Einheitskosten in Vergleich zu stellen, welche bei der Ausbeute der verschiedenen uns zu Gebote stehenden Kraftquellen in kleineren Betrieben sich ergeben. Die nachstehende Tabelle stellt die auf die Pferdekraftstunde bezogenen Preise dar. Die linke Hälfte, welche sich auf die aus Dampf, Gas, Benzin und Petroleum gewonnenen Kraftenergieen bezieht, ist der Abhandlung von Mittelmann entnommen, die rechte Hälfte ist nach den Ergebnissen projektirter bezw. ausgeführter Wasserkraftanlagen berechnet.

### Kosten der Pferdekraftstunde in Pfennigen.

Grösse des Motors in Pferdestärken	Elektromotor, elektr. Energie durch Dampfkr. erzeugt. (Halle a. d. Saale) (3000 Benutzungsstunden i. Jahre)	Dampfmaschine	Gasmotor 5000 Cäl. Heizwerth 10 Pf. f. d. cbm	Benzinmotor	Petroleummotor	Elektromotor, elektrische Energie durch Wasserkraft erzeugt.			
						Masurischer Schiffskanal			Urfthalsperre (Eifel) bis auf 30 km Entfernung von der Kraftstation
						an der Verwendungsstelle am Kanal	in Königsb. bei 60 km Entfernung	in 100 km Entfernung	
1.	2.	3.	4.	5.	5.	7.	8.	9.	10.
1	11,8	25,0	16,5	17,4	20,8	1,62	2,7	3,2	3,4
3	10,7	23,6	11,5	12,5	14,8	1,20	2,2	2,7	2,8
5	10,26	17,0	10,7	11,5	14,0	0,89	1,8	2,4	2,5
10	9,6	14,2	9,7	10,3	12,9	0,68	1,6	2,2	2,2

Bem. Die Tabelle giebt die Preise für die effektive durch den Motor an der Verwendungsstelle geleistete Pferdekraft einschl. Kosten für Verzinsung und Tilgung der Motorenanlage. Bei den Wasserkraftanlagen sind nur die Selbstkosten in

Ansatz gebracht einschl. Verzinsung und Tilgung; man vergl. hierüber Intze, Nutzbar-  
machung erheblicher Wasserkräfte durch den Masurischen Schiffahrtskanal und für die  
Angaben über die Urfthalsperre: Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge. Die Preise  
der elektr. Energie in Halle gelten für 3000 Benutzungsstunden im Jahre. Bei geringerem  
Bedarf sind dieselben wesentlich höher so z. B. bei 1000 Benutzungsstunden für Motore  
von 1, 3, 5 und 10 P. S. bezw. 22,8, 21,5, 20,4 und 19,3 Pfennig für 1 Pferdekraftstnde.

Hiernach ergeben sich z. B. die Kosten für die elektrische effektive  
Jahrespferdekraft bei 3600 Betriebsstunden und einer Grösse des Motors  
von 10 P. S.

in Halle a. S. (Dampfkr.) zu	346 M.
in Königsberg i. Pr. (Wasserkkr.) zu	58 „
im Bereich der Urfthalsperre zu	79 „

Vergegenwärtigt man sich hierzu noch, dass die Berliner Elektrizitäts-  
Werke z. Z. die elektrische Energie als Betriebskraft zu 16 Pf. für die  
Kilowattstunde\*) abgeben, sodass sich für den Abnehmer die Jahrespferde-  
kraft bei 10 P. S. einschl. Verzinsung und Tilgung des eigenen Motors zu  
521 M., bei 1 P. S. zu 623 M. stellt, während die Wupperthalsperrengen-  
ossenschaft die Nutzpferdekraft (3000 Stunden) mit 80 M. berechnet, so  
erhellet, ein wie gewaltiges Volksvermögen durch eine regere Ausnutzung  
der Wasserkräfte geschaffen werden könnte.

Aus der obigen Darstellung der Bergischen Industrieverhältnisse geht  
hervor, welch' ein bedeutendes sozialpolitisches Moment auf der Klein-  
abgabe mechanischer Arbeitsleistung beruht, und es kann nicht bezweifelt  
werden, wie diese Wirkung durch die Verbilligung der Preise nur noch  
erhöht werden würde. Und sollte weiterhin eine ausgebreitete Erschliessung  
billiger Kraftquellen nicht dazu angethan sein, Industrien in Landbezirke  
hineinzuziehen, in denen die Gewerbethätigkeit bisher Wurzel nicht hat fassen  
können? Gab ehemals für das Bergische Land ausser den eigenen Wasser-  
vorräthen die Nähe des Ruhrkohlenlagers sowie der Eisenhütten an der  
Sieg und Lippe den Anstoss zur Entwicklung der Kleineisenindustrie, so  
treten bei dem gegenwärtigen vervollkommeneten Verkehrswesen diese natür-  
lichen Vorzüge der Erzeugung sehr zurück. Auch Ziegler\*\*) weist darauf-  
hin, wie die Ursachen, welche einst die Industrie dort haben erstehen lassen,  
so sehr fortgefallen sind, dass „in der That nichts mehr davon übrig ge-  
blieben ist,“ indem der Vortheil der Wassergefälle durch die Dampfkraft  
hinfällig geworden sei. Jedoch hat sich gezeigt, wie die neuere zweck-  
mässigere Ausnutzung des Wasserreichthums dieses Landes den Gewerben  
jetzt wiederum einen Vorsprung sichert. Aber die örtliche Gebundenheit  
der Gewerbe an die Fund- oder Erzeugungsstätte der von ihnen verarbeiteten  
Rohprodukte ist durch die Verkehrsfortschritte gelöst. Sie können sich  
dorthin wenden, wo billigere Arbeitskräfte oder sonst unter den gegen-  
wärtigen Kulturverhältnissen als natürlicher Vorsprung wirkende Faktoren  
der Gütererzeugung zur Verfügung stehen. „Von hervorragender Bedeutung

\*) Nach Hoppe, Betriebskosten und Rentabilitäten. Andere Städte sind noch theurer.

\*\*) Wesen und Werth kleinindustrieller Arbeit.

wurde der Umstand, dass Bezug und Versendung der (voluminösen, schweren, geringwerthigen) Erzeugnisse der Urproduktion durch die mechanischen Transportmittel eine relativ viel namhaftere Erleichterung erfuhren als der Transport der Fabrikate, welche letztere eben schon vordem weittransportfähig waren. Dadurch hat die Nähe des Gewinnungsortes der Roh- und Hilfsstoffe für die Stoffverarbeitung viel von ihrer Wichtigkeit in betreff des Standortes der Anlage verloren, wofür sie früher geradezu entscheidend war d. h. die Vortheile der Lage eines Industriezweiges inmitten oder in grösserer Nähe der Rohstoffgewinnung erlitten eine mehr oder minder ausgiebige Abschwächung. Eben dadurch wurde folgerecht die Bedeutung anderer Produktionsvortheile, wie solcher in den Arbeits- und Kapitalkräften, in der Lage zum Kreditmarkte u. dgl. verhältnissmässig gehoben.“\*) Es würde also anzunehmen sein, dass die Verbilligung der Arbeit, dieses heute so bedeutungsvollen Produktionsfaktors, durch die Erschliessung von Wasserkräften in Verbindung mit noch weiterer Verminderung der Transportkosten durch den Ausbau von Wasserstrassen eine Dezentralisirung herbeiführen würde und Industrien in jenen deutschen Landestheilen würde erstehen lassen, die gegenwärtig unter der landwirthschaftlichen Krisis zu leiden haben. Wenn ehemals im Bergischen Lande die Unfruchtbarkeit des Bodens eine ertragreiche Bewirthschaftung unmöglich bezw. nicht wettbewerbfähig machte, wodurch die Bevölkerung zu gewerblicher Bethätigung gedrängt wurde, so sind es heute die erschwerten Produktionsbedingungen infolge hoher Arbeitslöhne und zum Theil vielleicht ebenfalls die geringere Ertragsfähigkeit des Bodens gegenüber dem Auslande (Russland, Amerika), die der deutschen Landwirthschaft so grosse Schwierigkeiten bereiten und sie förmlich ebenfalls auf jene Wege hinweisen, die dort zum Wohlstand geführt haben.

Andererseits wird die Gewinnung der Kohle dauernd schwieriger. Die Nothwendigkeit für die heutige Industrie, sie zu besitzen, zwingt dazu beim Abbau zu immer grösseren Tiefen herabzugehen. Darnach ist keine Aussicht vorhanden, dass die Kohlen jemals billiger werden als sie heute sind, von vorübergehenden Schwankungen abgesehen. Die Preise werden voraussichtlich dauernd anziehen. Und ist diese Kraftquelle von ewiger Dauer? Schon heute erheben sich Stimmen, welche vorausschauend das Ende des Kohlenvorraths der Erde berechnen. Nach neueren Ermittlungen soll das Kohlenlager im Ruhrgebiet bei einer Förderung von jährlich 100 Millionen t (1899 55 Millionen t) bis zur Teufe von 1000 m noch auf etwa 300 Jahre, die gesammte bekannte Kohlenmenge bei doppelter Förderung noch für etwa 600 Jahre reichen, während Grossbritannien der Erschöpfung seiner Kohlenflötze weit früher entgegen sieht.\*\*) Böhmen befindet sich schon heute in der Nothlage und ist gezwungen, sich neue Kraftquellen zu erschliessen, da die jetzige Kraftspenderin, die Braunkohle, in 20—30 Jahren

\*) Sax, Transport und Kommunikationswesen in Schönberg, Handb. der polit. Oekonomie.

\*\*) Nach Schultz bei Sympher, Die wasserwirthschaftliche Vorlage.

erschöpft sein dürfte.\*) Und überdiess wird es nöthig werden, für den Kraftbedarf der Dampfschiffe und sonstige unabweisliche Zwecke, bei denen ein Ersatz der Kohle und anderer Brennstoffe schwer möglich ist, in Zeiten eine Reserve an Kohlenlagern zu sichern. Der Verbrauch der gesammten Binnenwasser- und Seeflotte des Erdballs ist aber gewiss nicht gering.

Wenn zwar mit dem Aufhören der Kohlegewinnung in unseren Gegenden der gesammte Vorrath der Erde nicht erschöpft sein wird, da noch grosse unaufgeschlossene Massen in anderen Erdtheilen lagern, so würde dieser Vorgang doch ein Verlegen der Kulturzentren zur Folge haben. Zwar können derartige Betrachtungen heute noch nicht zu ernsthaften Sorgen Anlass geben und sie spielen daher auch noch keine Rolle bei dem Wettstreit zwischen Wasser- und Dampfkraft. Aber immerhin mahnen diese Erscheinungen den Menschen, nach Kraftquellen Umschau zu halten, die von dauernder und unversiegbarer Beschaffenheit sind.

Die Aufstauung des Wassers in künstlichen Haltungen (Thalsperren) muss die Hauptkraftquelle der Zukunft werden.\*\*). Dieser Gedanke bricht sich heute mehr und mehr Bahn und wie die „schwarzen Diamanten“ die Geburtsstätte und Grundlage der modernen Industrie geworden sind, so werden zweifellos in zukünftigen Zeiten jene Länder Mittelpunkte der Kultur werden, die die Natur mit Wasserreichtum gesegnet hat und die diese freie Gabe auszunutzen verstehen. Dann wird, nach Reuleaux, das elektrische Zeitalter kommen, in dem die Wasserkraft durch Elektrizität in physikalische, chemische und mechanische Energie umgesetzt werden wird.

#### f. Die Finanzierung.

Die Finanzierung eines Unternehmens, welches den verschiedensten Interessen dienen soll, wobei die Vortheile, die den Beteiligten zufallen, in Zahlen — dem am besten fassbaren Maassstabe — zum Theil schwer, zum Theil kaum darstellbar sind, das einen hohen Kostenaufwand erfordert und aus weitgehenden, volkwirtschaftlichen Gesichtspunkten angelegt werden muss, hat eine grosse und grundsätzliche Bedeutung.

Es ist für die Beurtheilung zweckmässig sich zu vergegenwärtigen, in welcher Weise bei den bisherigen Thalsperrenausführungen in Deutschland, die Aufbringung und Vertheilung der Kosten erfolgt ist.

Die Stauweiher im Elsass, welche wie erwähnt, der Landwirthschaft und Gewerbethätigkeit gleichmässig dienen, sind aus Staatsgeldern mit einem geringen Beitrage der Beteiligten erbaut. Sie wurden als ein Unternehmen von öffentlichem Nutzen angesehen, um die darniederliegenden wirthschaftlichen Verhältnisse der Vogesenthäler aufzubessern.\*\*\*) Das Bestreben, in den neuerworbenen Landestheilen gemeinnützige Werke ins Leben zu rufen, wird als ein politischer Beweggrund hinzugekommen sein.

\*) Deutsche Bauzeitung 1899 S. 503.

\*\*\*) Reuleaux, die Naturkräfte und ihre Umsetzung. Vortrag.

\*\*\*\*) Fecht, Stauweiher in den Vogesen.

Die Thalsperren und die zugehörigen 3 Ausgleichweier im Wuppergebiet sind, soweit sie der Vermehrung des Triebwassers und zur Lieferung von Wasser für andere gewerbliche Zwecke (Färbereien u. a. m.) dienen, auf dem Wege genossenschaftlicher Vereinigung mit Beitrittszwang aus eigener Kraft der Beteiligten entstanden. Die Kosten, rund 3 Millionen Mark, sind von der Gesamtheit der Genossen aufgebracht; im übrigen wird die Höhe der jährlichen Beiträge nach der Nutzleistung des Sammelbeckenwassers für den Einzelnen berechnet, sei es dass das Wasser dem Flusse direkt entnommen (geschöpft), sei es dass es als Aufschlagwasser der Triebwerke benutzt wird. Der dieser Vertheilung zu Grunde liegende Einheitssatz wird durch die jährlichen Betriebs-, Unterhaltungs-, Verzinsungs- und Tilgungskosten bedingt, sodass jeder Interessent die Leistung zum Selbstkostenpreise erhält und zu den entstehenden Kosten nur insoweit herangezogen wird, als er thatsächlichen Vortheil hat. Die Städte Elberfeld und Barmen zahlen für Hochwasserschutz sowie für die Aufbesserung der Niedrigwasserstände aus gesundheitlichen und ästhetischen Rücksichten jährliche Beiträge.\*)

Auf gleicher Grundlage sind die Thalsperren an der oberen Ruhr errichtet, die neben der Vermehrung des Triebwassers zum Theil der Wasserversorgung von Gemeinden dienen. Die Anlagen für die Wasserversorgung der Städte Remscheid, Barmen, Solingen u. a. sind eigene Unternehmungen dieser Städte.

Die Thalsperre an der Urft (Eifel) ist ein gesellschaftliches Unternehmen. (G. m. b. H.). Mit der in der Kraftcentrale aus dem Stauwasser bei dem grossen Gefälle von 110 m gewonnenen Energie sollen mittels elektrischer Uebertragung umliegende Städte und Ortschaften versorgt werden. Es ist dies die erste Wasserstauung in Deutschland, welche, als ein gewerbliches Unternehmen ins Leben gerufen, in nichts anderem als in der Ausnutzung der Energie des in dem Sammelbecken aufgespeicherten Wassers seine Rentabilität findet.

Die in Schlesien für den Hochwasserschutz zur Ausführung bestimmten Thalsperren werden auf Kosten von Staat und Provinz errichtet. Der Staat trägt  $\frac{4}{5}$ , die Provinz  $\frac{1}{5}$  der Gesamtkosten der Sammelbecken und der sonstigen Regulierungsarbeiten an den Gebirgsflüssen, während die späteren Unterhaltungskosten durch die Interessenten aufgebracht werden sollen.

Diese Beispiele lassen eine grundsätzliche Auffassung erkennen. Der rheinisch-westfälischen Industrie ist es überlassen worden, die Erhöhung und Verbilligung ihrer Kraftquellen durch Thalsperren sich selbst zu schaffen. In dem Eintreten der Gesamtheit für die Wohlfahrt und den Schutz einzelner Landestheile in Schlesien gegenüber elementaren Gewalten tritt der Grundsatz der staatlichen Fürsorge und die Anerkennung der Gemeinnützigkeit zu Tage, welche den Sammelbecken zugemuthet wird. Dieselbe Auffassung zeigen alle neueren preussischen Gesetze, welche staatliche Gelder für

\*) Intze, Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge.

die Ausführung umfangreicher Wasserbauten zur Beseitigung durch Hochwasser verursachter Schäden oder zur Gewährung von Beihilfen für Meliorationsmaassnahmen flüssig machen, im ersteren Falle meist ohne Bedingniss der Rückgabe, im zweiten Falle gegen spätere Tilgung.\*)

Nach <sup>welt</sup>Maassgabe dieses Gesichtspunktes würde das Thalsperrensystem, somit dasselbe dem Hochwasserschutz dient, als staatswirthschaftliche Anlage herzustellen sein, während die Industrie, Landwirthschaft und Schiffahrt die ihnen zu theil werdende Nutzleistung zu vergüten haben würden.

Ein treffendes Bild, wie sich diese Werthsteigerung für die Industrie ermitteln lässt, bietet der oben erwähnte Beitragvertheilungsplan der Wupperthalsperrenengenossenschaft, der für entsprechende Fälle als Richtschnur dienen könnte. Für die landwirthschaftliche Bewässerung würde sich in ähnlicher Weise auf Grund der Wassermengenabgabe und des erzielten Mehrertrages des Bodens ein gerechter Vertheilungsmaassstab für die Gesamtkosten finden lassen. Schwieriger liegt die Sache für die Heranziehung der Schiffahrt zu Beiträgen für den Vortheil, der ihr aus der Vermehrung des Niedrigwassers zu Theil wird. Unsere Ströme sind als natürliche Wasserstrassen abgabefrei; dieses Vorrecht ist ihnen durch die Verfassung des Deutschen Reiches (§ 54) und durch völkerrechtliche Verträge gesichert, nachdem in früheren Jahrhunderten verkehrshemmende Belastungen des Schiffahrtsverkehrs stattgefunden hatten. Die ungehinderte und abgabefreie Benutzung einer naturgegebenen Verkehrsstrasse für jedermann erscheint billig und recht. Aber es haben sich schon mehrfach im preussischen Landtag u. a. a. O. Stimmen erhoben, welche darauf hinweisen, dass unsere Ströme, nachdem viele Millionen\*\*) auf ihren Ausbau angewandt worden sind und die ursprüngliche Verwilderung durch einen sorgfältig gepflegten Wasserlauf ersetzt worden ist, schon nicht mehr im vollen Umfange als „natürliche“ Wasserstrassen anzusehen sind, und dass eine Abgabenerhebung von ihrem Verkehr in solcher Höhe, dass eine Deckung der Aufwendungen für die künstlichen Verbesserungen gefunden wird, berechtigt erscheint. Allerdings ist der Staat gehalten, die Wasserstrassen in einem ordentlichen Zustand zu erhalten. Vergl. Allg. Landrecht, Theil II Tit. 15 § 79, welcher besagt: „Gegen die dem Staate zukommende Nutzung der schiffbaren Ströme ist derselbe verpflichtet, für die zur Sicherheit und Bequemlichkeit der Schiffahrt nöthigen Anstalten zu sorgen.“ Bis zu welchem Maasse dies aber zu geschehen hat, darüber können die Ansichten verschieden sein. Wenn man bedenkt, dass bei Abfassung des Allgem. Landrechts eine systematische Regulirung unserer Ströme noch nicht stattgefunden hatte und überhaupt kaum etwas im Interesse der Fahrwasserverbesserung für Schiffahrtzwecke geschehen war, so kann zweifelhaft sein,

\*) Nothstandsgesetz für Pommern und Schleswig-Holstein vom 24. 4. 1873, für Oberschlesien vom 23. 2. 1881, für Theile der Rheinprovinz vom 21. 1. 1883 u. a. m.

\*\*) Für die preussische Rheinstrecke sind in der Zeit von 1840 bis 1890 m. 42 Millionen Mark für Regulirungsarbeiten ausgegeben worden.

ob derartige Arbeiten in obigem Wortlaut gemeint sind, und es erscheint fraglich, ob eine gesetzliche Verpflichtung des Staates zu Regulierungsarbeiten vorliegt. Nach Mahraun\*) hat der Staat zwar ein Recht, aber keine Verpflichtung zur Befestigung der Ufer, und zu letzterer können im gewissen Sinne auch die Stromregulirungswerke gerechnet werden.

Die revidirten Rheinschiffahrtsakte vom 17. Oktober 1868 geben ebenfalls keine bestimmten Vorschriften, sondern bringen lediglich zum Ausdruck, dass sich die vertragenden Theile verbindlich machen, „das Fahrwasser des Rheins in guten Stand zu setzen und darin zu erhalten“. (Art. 28.) Und sie setzen gleichfalls fest, dass eine Abgabe, welche sich lediglich auf die Thatsache der Beschiffung gründet, nicht erhoben werden darf (Art. 3), erkennen aber andererseits doch an, dass zur Bestreitung der nothwendigen Unterhaltungs- und Beaufsichtigungskosten von Einrichtungen der Ein- und Ausladungen und zur Niederlage von Waaren ein Entgeld insoweit erhoben werden darf, dass damit die entstandenen Kosten gedeckt werden. Sie stehen hierin in Uebereinstimmung mit § 54 des Reichsverfassungsgesetzes. Der Grundsatz, dass dort, wo eine Leistung erfolgt, auch eine Gegenleistung zu gewähren ist, wird hier ausdrücklich anerkannt. Dies auf die künstliche Verbesserung der Wasserstrassen angewandt, wird man der obigen Anschauung von der Nothwendigkeit der Abgabenerhebung eine gewisse Berechtigung nicht absprechen können. Denn der Vortheil kommt in erster Linie doch immerhin einem begrenzten Interessentenkreise zu Gute, und es ist schwer feststellbar, in wie weit daran die Gesamtheit Theil hat. Bei künstlichen Wasserstrassen, welche Staatseigenthum sind, wird die Zulässigkeit der Abgabenerhebung in oben angegebenen Grenzen heute anerkannt. (§ 54 des Reichsverfassungsgesetzes.) Würde aber eine so erhebliche Verbesserung der Rheinstromfahrwasserverhältnisse, wie sie aus der dargestellten Anlegung des Sammelbeckensystems erzielt werden und die weit über das Programm vom Jahre 1879\*\*) hinausgehen würde, nicht den Rhein im Sinne der gesetzlichen Bestimmungen zu einer „künstlichen“ Wasserstrasse machen? Dann aber müsste eine Abgabenbelastung der Schifffahrt bis zu dem Maasse, dass damit die Selbstkosten (antheilige Zinsen, Tilgung, Unterhaltung, Betrieb) gedeckt werden, als billig erscheinen. Es wird auch schwer halten, einen stichhaltigen Grund dafür zu finden, dass der ausländischen Schifffahrt, im besonderen der holländischen, die einen so erheblichen Theil der gesammten Schifffahrt bildet, dieser Vortheil ohne Gegengabe dargeboten wird.

Es bleibt noch zu erörtern, ob der Ausbau der deutschen Wasserwirthschaft in dem oben gegebenen Rahmen der Privatwirthschaft zu überlassen sein würde oder ob es als eine Sache des Staates angesehen werden muss, dieses Unternehmen selbst in die Hand

\*) Das Strombauverwaltungsgesetz. Berlin 1887.

\*\*) Herstellung einer Wassertiefe bei gemittelten, gewöhnlichen niedrigsten Wasserständen von + 1,50 a. P. z. Köln und zwar a) von Bingen bis St. Goar von 2 m b) von St. Goar bis Köln von 2,50 m c) von Köln bis zur niederländischen Grenze von 3,0 m.

zu nehmen. Es scheint, dass das letztere der Fall sein müsste. Die Gründe, welche hierfür sprechen, sind technischer und wirthschaftlicher Art.

Der Zweck des Unternehmens bedingt eine einheitliche Handhabung der Ausführung und des Betriebes. Das Sammelbeckensystem kann für die Niedrigwassermehrung nur dann Aussicht auf Erfolg haben, wenn dasselbe nach festen Grundsätzen, welche den vielseitigen Interessen der mitsprechenden Faktoren gerecht werden, ausgebaut wird und die Vereinigung des Hochwasserschutzes und der Interessen der Industrie, Landwirtschaft und Schifffahrt wird nur bei geregeltm Ausgleich aller Ansprüche durch angemessene Ausübung des Thalsperrenbetriebes, der Entleerung und Füllung der Becken, stattfinden. Die Herstellung der Thalsperren müsste dem wirklichen Wasserbedarf entsprechend erfolgen, im einzelnen Falle vielleicht sogar unter Hintansetzung der Rentabilität, die in dem Gesamtunternehmen gewahrt wird. Die Privatwirthschaft würde sich in erster Linie der Ausnutzung der Sammelbecken für Kraftzwecke als der einträglichsten und einfachsten Betriebsweise, bemächtigen; sie würde nur die günstigen Becken ausbauen und andere Thäler liegen lassen, wo vielleicht grade dem Hochwasserschutz und der Landwirtschaft gedient werden könnte. Die Massnahmen in den Quellgebieten müssen im Einklang stehen mit den Erfordernissen am unteren Strome, dessen Verwaltung dem Staate untersteht. Die Privatunternehmung würde nicht die nöthige Autorität besitzen, um diese verschiedenen wirthschaftlichen Interessentenkreise zu vereinigen und zu lenken. Und ähnlich wie im Verkehrswesen, würde auch bei diesem Unternehmen, das ja im gewissen Grade auch für den Verkehr geschaffen würde, die Voraussetzung für die Zulässigkeit der Privatwirthschaft fehlen: der Regulator einer ausgleichenden Konkurrenz von Unternehmungen\*). Es würde ein Monopol verliehen werden, und es liegt die Gefahr vor, dass dasselbe in privaten Händen einseitig ausgenutzt werden könnte.\*\*\*) Diesem Uebelstande könnte durch Staatsaufsicht in ausreichendem Maasse wohl kaum gesteuert werden. Alle diese Umstände sprechen für eine einheitliche Zusammenfassung der ganzen Wasserwirthschaft eines Stromgebietes und die Uebernahme des Thalsperrenbaues auf die staatliche Verwaltung. Die Zerrissenheit der deutschen Wasserwirthschaft, wie sie heute schon besteht, sollte nicht noch vermehrt werden.

Ueberdiess ist die Vorbedingung, dass sich das Privatkapital — ausser in der noch zu besprechenden genossenschaftlichen Vereinigung — überhaupt an einem solchen Unternehmen betheiligen würde doch die, dass ihr dasselbe zur gewerblichen Ausnutzung in vollem Umfange überlassen wird. Es kann aber nicht in der Aufgabe der Staatswirthschaft liegen, aus den Wasservorräthen des Landes gewerbliche Ueberschüsse zu ziehen und noch weniger kann es erwünscht sein, solche Ueberschüsse Einzelnen zufließen zu lassen. Wenn eine wesentliche Genugthuung dafür,

\*) Sax, Transport- und Kommunikationswesen.

\*\*) Kleinwächter, Die volkwirthschaftliche Produktion im Allgemeinen in Schönberg, Handb. der Polit. Oekonomie, Tübingen 1896.

dass unsere Eisenbahnen so erhebliche Reinerträge liefern und nicht eben nur mit Kostendeckung arbeiten, jedermann darin findet, dass diese Einnahmen der Staatskasse und damit der Gesamtheit zufallen, so muss dieser Gesichtspunkt auch im vorliegenden Falle zur Geltung kommen. Man hat der gewerblichen Thätigkeit der Gemeinwirthschaft früher engere Grenzen als heute gesteckt. Erst allmählich, durch Ueberlegung und Erfahrung belehrt, ist man zur Verstaatlichung und Verstadtlichung des Verkehrswesens, zur Kommunalisirung von Gas-Elektricitäts- und Wasserwerken u. a. m. übergegangen, nachdem man zu der Einsicht gekommen war, dass die grossen Einnahmen, welche aus diesen Anlagen gezogen werden können, doch besser dem allgemeinen Besten als privaten — und vielfach sogar ausländischen — Erwerbsgesellschaften zufallen. Wenn also der natürliche Wasserreichthum des Landes überhaupt zu einer Quelle gewerblicher Einkünfte gemacht werden sollte, so hätte die Gesamtheit doch gewiss in erster Linie berechtigten Anspruch darauf. Aber andererseits wird man sich die Frage vorlegen müssen, ob denn dieses Unternehmen nach privatwirthschaftlichen Grundsätzen einzurichten und Ueberschüsse anzustreben sein würden. Durch Ausbeute der einem Lande von der Natur gegebenen Rohstoffe und Vorräthe sollte die allgemeine Wohlfahrt gefördert werden. Die Sammelbecken, überall angelegt soweit es die natürlichen Verhältnisse ermöglichen, sollten bestimmt sein, der schaffenden Bevölkerung — sei es in landwirthschaftlicher oder gewerblicher Bethätigung, im Handel oder im Verkehrswesen — die Erzeugungskosten durch Gestellung günstiger Produktionsbedingungen zu ermässigen und ihr den Wettbewerb auf dem Weltmarkte zu erleichtern. Amerika betreibt die Ausnutzung seines Wasserreichthums für die Kraftverwerthung in hohem Maasse zum Theil an seinen bedeutenden Wasserfällen, zum Theil in dem Ausbau von Thalsperren. Ebenso ist der Wasserreichthum Russlands hoher Ausbildung fähig. Das sind zwei bedeutende Gegner. Schweden, die Schweiz und andere Länder gehen auch rüstig in der Nutzbarmachung ihrer reichen Wasserkräfte vor. Es werden demgegenüber bei uns in Zeiten Maassnahmen getroffen werden müssen nicht sowohl durch übertriebenen Abschluss und Verbot, als vielmehr auf dem natürlichen Wege der Steigerung der eigenen Kräfte des Landes, durch Beschaffung billiger Transportwege und durch Erschliessung billiger Kraftquellen. Aber wie dieser Zweck verloren gehen würde, wenn man die Ausbeute der Wasserkräfte an Erwerbsgesellschaften überliesse, die naturgemäss die Kraftenergie nicht zu einem billigeren Preise abgeben können und werden, als ihn die allgemeine Marktlage erheischt, ebenso so sehr würde dies auch der Fall sein, wenn der Staat den Betrieb nach gewerblichen Grundsätzen einrichtete.

Darum müsste auf Ueberschüsse verzichtet werden. Die Abgabe der Wasserkräfte hätte zum Selbstkostenpreise zu erfolgen, der durch ausgleichende Ermittlung des Gesamtnutzens der Sammelbecken zu bestimmen ist. Es werden nicht Bedenken entstehen dürfen, dass durch eine solche Wirthschaftsweise eine einseitige Bevorzugung einzelner Er-

werbszweige Platz greifen würde. Wie diese Art des Betriebes nur dann gerechtfertigt erscheint, wenn allen Gliedern des Staates gleicher Nutzen zu Theil wird, so ist die Vorbedingung für die Erfüllung dieser Forderung in der Sache selbst vorhanden. Nicht nur die Anlieger der künstlich gespeisten Gebirgsbäche würden die billige Kraft geliefert erhalten und dadurch ihren Wettbewerbern im Lande gegenüber bevorzugt sein, sondern durch die Fernübertragung der Energie und Abgabe über das ganze Land könnte jedermann den Vortheil geniessen. So würden nicht allein die Gewerbe hieraus Nutzen ziehen können, sondern auch die Landwirthschaft, die mehr und mehr motorische Arbeitsleistung in ihrem Betriebe anwendet, und der Verkehr. Und überdiess, wenn nach der einen Richtung hin einzelne Zweige der Gesamtwirtschaft gefördert werden, so wird darum nach irgend welcher anderen Richtung hin noch keine Schädigung entstehen dürfen. Den etwa hintangesetzten Interessen der übrigen Wirtschaftsgebiete wird zu gegebener Zeit in der ihnen angepassten Weise Genüge geschehen können. Die hohe Aufgabe der staatlichen Fürsorge aber muss es sein, ihr Ziel ohne Rücksicht auf Einzelinteressen zu verfolgen und die Wohlfahrt der Gesamtheit im Auge zu haben.

Hiernach würde sich die Ausnutzung der Thalsperren darauf zu beschränken haben, eine Deckung der Zinsen-Tilgungs-Unterhaltungs- und Betriebskosten zu erzielen; die weiteren Erfolge aus der Verbilligung des Gütertransportes, die Steigerung der landwirthschaftlichen Erträge und Förderung der produktiven Arbeitskräfte würden in einer günstigeren Gestaltung der gesammten Wirtschaftslage ihren Ausdruck finden und als staatswirthschaftliche Rentabilität anzusehen sein.

Aus allen diesen Gründen muss — soweit sich solches mit dem Gesamtzweck vereinigen lässt — der in Rheinland und Westfalen vorgezeichnete Weg der genossenschaftlichen Vereinigung zur Aufbringung der Bau- und Betriebskosten als durchaus richtig und zweckmässig erscheinen. Jene Absicht, die gewonnene Materie zum Selbstkostenpreise abzugeben, ist hier in vollkommener Weise erreicht, und das Bewusstsein, aus sich selbst heraus sich geholfen zu haben, muss eine moralische Stärke erzeugen. Wo aber die Betheiligten finanziell nicht so kräftig sind, um dies zu können, und wenn, wie dargelegt, das Interesse des Ganzen eine Einheitlichkeit der Handhabung erfordert, dann wird der Staat die Führung und Finanzierung übernehmen und den Betrieb leiten müssen.

In dem Bericht über die Wasserverhältnisse der Gebirgsflüsse Schlesiens\*) heisst es: „Wenn man auch nicht erwarten darf, dass die Industrie, welche gegenwärtig nur in beschränktem Maasse das gebotene Nutzwasser in den vorhandenen Motoren auszunutzen vermag, bereit sein wird, schon jetzt die Kosten zu decken, welche durch die Ausführung grösserer Sammelbecken

\*) Intze, Berlin 1899.

entstehen, so dürfte es wohl möglich sein, dass, wenn der Staat und die Provinz die Mittel zur Anlage grösserer Sammelbecken, als sie gegenwärtig für die industriellen Zwecke nothwendig sind, zur Verfügung stellen, sie demnächst durch Erhebung einer Abgabe von denjenigen Werken, welche ihre Motoren verbessern oder vergrössern werden, oder welche in neuen Triebwerken bisher ungenutzte Gefälle verwerthen, eine hinreichende Deckung für diese von ihnen übernommenen Kosten finden dürften.“

Dieser Gedanke hat denn auch in dem sog. schlesischen Hochwassergesetz vom 3. Juli 1900 eine feste Form gefunden, indem § 43 desselben bestimmt: „Wenn ein für Zwecke des Hochwasserschutzes bestimmtes Sammelbecken zugleich für Wassertriebwerke oder für Anlagen zur Entnahme von Wasser nutzbar gemacht wird, so sind die beteiligten Unternehmer verpflichtet, einen ihrem Vortheil entsprechenden Antheil an den Herstellungs- und Unterhaltungskosten zu tragen.“

Der hier eingeschlagene Weg wird als vorbildlich gelten dürfen. Aber der Staat könnte gegebenenfalls aus Zweckmässigkeits- und sozialpolitischen Gründen noch einen Schritt weiter gehen und in Gegenden, in denen etwa in privaten Triebwerken eine genügende Ausbeute der Wasserkräfte nicht erfolgt, weil die Beteiligten hierzu finanziell nicht leistungsfähig genug sind oder weil ihnen wegen geringen Kraftbedarfs eigene Anlagen nicht lohnend erscheinen, den Ausbau von Kraftcentralen selbst in die Hand nehmen und die gewonnene Energie in der Weise, wie an dem industriellen Bilde des Bergischen Landes oben besprochen wurde, an Kleingewerbetreibende abgeben.

## g. Politische Verhältnisse, Verwaltung und Gesetzgebung.

Neben der technischen Frage und der der Kostenbeschaffung bestehen noch mancherlei andere Schwierigkeiten, welche bei dem Ausbau unserer Wasserwirtschaft durch Thalsperren zu überwinden sein würden.

Fast alle deutschen Ströme gehören mehreren Staatsgebieten an, wodurch ein geschlossenes Vorgehen nach einheitlichen Plänen behindert wird, wie schon in Absch. II B. e. angedeutet wurde. Das Land, in dem das Quellgebiet des Hauptstromes oder seiner Nebenflüsse mit geeigneten Thälern für die Anlegung von Sammelbecken liegt, kann ein Interesse daran nicht haben, Geld auszugeben für Meliorationswerke, deren Wirkung im unteren Strome einem anderen Lande zu Gute kommt. Wie früher auf begrenzter Stromstrecke oft nebeneinanderliegende Bezirke die Regulirungen nach abweichenden Gesichtspunkten ausführten, ohne sich um einander und die dadurch erzeugten Umgestaltungen zu kümmern, so findet heute noch das Gesamtgebiet eines Stromes in seinen einzelnen Theilen im wesentlichen verschiedene Bewirthschaftung, je nachdem es den Absichten des betreffenden Staates entspricht, wenn auch wie für den Rhein

und die Elbe in den Schiffsahrtsacten hinsichtlich des Schiffsahrtsbetriebes und des Zustandes im Strome gewisse grundlegende Vereinbarungen zwischen den angrenzenden Uferstaaten getroffen sind. Das Zusammenfassen eines in der Natur zusammenhängenden Gebildes ist aber nur zu sehr erwünscht und nicht genug anzustreben. Schon Kaiser Napoleon III. erkannte die Zweckmässigkeit einer solchen Organisation an, indem er im Jahre 1856 an seinen Minister der öffentlichen Arbeiten schreibt: „Ich wünsche, dass die Aufsicht der grossen Flüsse einer einzigen Person anvertraut werde, damit die Verwaltung allgemein und genau sei in Zeiten der Gefahr.“\*) In Frankreich liegen die Verhältnisse allerdings günstiger als in Deutschland. Aber auch bei uns ist in den letzten Jahrzehnten schon manches verbessert worden, und die durch Errichtung der Strombauverwaltungen gewonnene einheitliche Behandlung doch wenigstens grosse Abschnitte eines Stromgebietes hat allgemein anerkannten Nutzen zur Folge gehabt. Man möge hierin noch einen Schritt weitergehen und den ganzen Strom im Staate — erforderlichenfalls unter Bildung von Reichsbehörden — mit allen seinen Nebenflüssen bis zu den Quellgebieten, mit der Melioration und der Deichwirthschaft zu einem Wirthschaftssystem und einem Verwaltungsbezirk zusammenfassen. Wenn man es hier auch mit einer aus der geschichtlichen und politischen Entwicklung hervorgegangenen Zersplitterung zu thun hat, so ist doch die Erkenntniss des Besseren des Guten Feind. Nur durch Vereinigung kann einer Verzettelung der Einzelkräfte vorgebeugt und unter Ausgleich der Interessengegensätze das Allgemeinwohl seine höchste Förderung erhalten.\*\*)

Und es dürften einem von gutem Willen geleiteten Bestreben der Staaten eines Stromgebietes die Wege sich wohl ebnen lassen. Die Wasser- und Strombautechnik kann sich in Verfolgung ihrer Endziele nicht wohl von politischen Grenzen einengen lassen; sie muss den Flusslauf von seinem Ursprung bis zur Mündung beherrschen, um ihre Wissenschaft und Praxis zur vollen Wirkung bringen zu können, und sie muss Einfluss auf die Quellgebiete erlangen und die Nebenflüsse in ihre Behandlung einbeziehen, wenn der Wasserabfluss im Strome selbst geregelt werden soll. Dazu würden naturgemäss Instanzen mit den nöthigen Mitteln und Vollmachten erforderlich sein. Die erwähnten Schiffsahrtsacte haben dargethan, dass eine völkerrechtliche Ordnung des Schiffsahrtsbetriebes, der Sicherung der Instandhaltung der Fahrstrasse und Häfen und der Schiffsahrtsgerichtsbarkeit sehr wohl möglich und von den günstigsten Folgen für alle Betheiligten ist. Es würden, wenn die Entwicklung der Dinge es nöthig macht, gewiss keine unüberwindlichen Hindernisse entgegenstehen, um durch weitergehende Verträge der Uferstaaten ein gemeinsames Vorgehen zur Verbesserung der wasserwirthschaftlichen Verhältnisse zu ermöglichen.

\*) Nach H. Overmars bei Intze, Die bessere Ausnutzung der Gewässer und Wasserläufe.

\*\*) Vergl. Stellungnahme des preuss. Wasserausschusses zu dieser Frage, Centr. d. Bauverw. 1901 S. 287.

Innerhalb des Reiches aber würde es Sache der Gesetzgebung sein, Schwierigkeiten auf rechtlichem Gebiet zu beseitigen und diesem Unternehmen freie Bahn zu schaffen. Die älteste deutsche Gesetzgebung, von den Anschauungen des römischen Rechtes ausgehend, hat sich lediglich mit der Ordnung der rechtlichen Verhältnisse der Vorfluth, des Wasserstauens u. a. m. beschäftigt.\*) Erst dann als mit der Ausbildung neuerer volkswirtschaftlicher Theorien die Erkenntniss gewonnen wurde, dass der Staat nicht lediglich ein politisches Gebilde ist, sondern dass es im Rahmen seiner Aufgaben liegt, auch die wirtschaftliche Entwicklung des Landes zu beeinflussen, fand diese Auffassung wie auf anderen Gebieten, so auch in der Wassergesetzgebung Ausdruck; zunächst zu dem Zwecke der Abwehr der verheerenden Wirkungen des Wassers, späterhin in der Förderung seiner nutzbringenden Eigenschaften. Als Mittel hierzu dienten neben finanzieller Unterstützung die freie und zwangsweise Vereinigung der Theiligten zu wirtschaftlichen Verbänden (Deichverbände, Ent- und Bewässerungsgenossenschaften).

Der Wasserstau in Sammelbecken kam im geltenden Recht erst in der neuesten Zeit zur Berücksichtigung. Wohl hat sich die ältere preussische Gesetzgebung mit dem Stau für landwirtschaftliche und gewerbliche Ausnutzung und mit der Regelung der landwirtschaftlichen Ent- und Bewässerung beschäftigt; auch der Hochwasserschutz findet in dem Deichgesetz vom Jahre 1848 eine umfassende Sicherstellung. Allein es ist naturgemäss, dass die Gesetzgebung nur solche Objekte und Zustände fassen konnte, welche die damalige Technik schuf und bot. Die Gesetze betreffen die gewöhnlichen Stauungen in Bächen und Flüssen, das Deichgesetz den Wasserschutz der Niederungen durch Eindeichungen. Erst in dem Gesetz vom 1. April 1879, betreffend die Bildung von Wassergenossenschaften, finden unter den baulichen Anlagen auch Sammelbecken Erwähnung. Dieses Gesetz gestattet die Benutzung von Wasserläufen zur Herstellung von Sammelbecken und die Bildung von Zwangsgenossenschaften zu diesem Zweck, jedoch nur für den Fall, dass es sich um die Bewässerung von Grundstücken zur Erhöhung der Landeskultur handelt (§§ 45 und 65). Für andere Zwecke ist ein Zwang zur Vereinigung ausgeschlossen.

Den ersten Bestrebungen zur Errichtung von Thalsperren in Westfalen für industrielle Zwecke erwachsen aus dieser Sachlage grosse Schwierigkeiten, indem einzelne der anliegenden Triebwerkbesitzer widerwillig waren und sich der Bildung einer freien Genossenschaft, ohne welche die Durchführung des Unternehmens nicht möglich war, entgegenstellten. Es gab keine gesetzlichen Mittel ihren Beitritt zu erzwingen, obwohl der gemeinnützige Zweck der Anlagen von der Mehrheit anerkannt wurde; an diesem Widerstande scheiterten zunächst die Ausführungen. Erst das Gesetz vom 19. Mai 1891 als Abänderung des vorgenannten Gesetzes vom

\*) Nieberding-Frank, Preussisches Wasserrecht. Breslau 1889.

1. April 1879 hat hierin Wandel geschaffen, indem es die zwangsweise Bildung von Genossenschaften zur Errichtung von Sammelbecken für das Gebiet der Wupper und ihrer Nebenflüsse ermöglichte und ihnen das Enteignungsrecht verlieh; es ist dann durch das Gesetz vom 18. April 1900 auf das Gebiet der Ruhr ausgedehnt worden. An der Ruhr ist es überdies gelungen, in freiwilliger Vereinigung einen Ruhrthalsperrenverein zu gründen, der durch jährliche Beiträge den Bau von Thalsperren im Quellgebiet dieses Flusses unterstützt und wesentlich fördert. Man geht wohl nicht fehl darin, wenn man dieses seltene freiwillige Zusammenschliessen der Interessenten auf die Einsicht von der nutzbringenden Wirkungsweise der Thalsperren, die aus den Betriebsergebnissen der fertigen Anlagen sich ergab, zurückführt.

In weiterer Entwicklung hat denn auch der Hochwasserschutz zweck der Sammelbecken in der Gesetzgebung Berücksichtigung gefunden. Es ist dies geschehen durch das Gesetz vom 3. Juli 1900, betreffend Maassnahmen zur Verhütung von Hochwassergefahren in der Provinz Schlesien mit dem Geltungsbereiche für die grösseren linksseitigen Zuflüsse der oberen und mittleren Oder.

Es handelt sich hier wie an der Wupper und Ruhr um Gesetze für besondere Fälle. Die Gesetzgebung ist auf diesem Gebiet im Zustande des Anfanges und des Versuchs; sie folgt der bahnbrechenden Technik nach, ihre Forderungen auf rechtlichen Schutz und Hinwegräumung von Hindernissen erfüllend. Eine allgemeine Regelung der preussischen Wassergesetzgebung ist seit langem angebahnt;\*); sie wurde immer noch hinausgeschoben, da einem solchen Vorgehen infolge der Verschiedenheit der bisher auf privatrechtlichem Gebiet geltenden Rechtssysteme Schwierigkeiten entgegenstanden.\*\*\*) Nachdem durch Inkrafttreten des Bürgerlichen Gesetzbuches dieser Uebelstand beseitigt ist, dürfte die Reform näher gerückt sein, auf welche von vielen Seiten und erst neuerdings vom Ausschuss zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in Preussen\*\*\*)) hingedrängt wird. Es ist zu hoffen, dass dann, wenn diese Neubearbeitung erfolgt, auch der Thalsperrenbau in seiner vielseitigen Verwendungsfähigkeit Berücksichtigung in dem Umfange findet, dass seiner Entwicklung Hemmnisse rechtlicher Art nicht entgegenstehen. Eine bemerkenswerthe Anregung nach dieser Richtung hin giebt Hempel in seinem Aufsätze über die Umgestaltung der Wasserwirtschaft. Man sollte erkennen, meint er, dass es zweckmässig ist, in Zeiten diesen Gegenstand in den Kreis der Erörterung und gesetzlichen Regelung zu ziehen und im besonderen für die Freihaltung solcher Thäler, welche sich zur Anlegung von Sammelbecken eignen, von Bebauung, Durchquerung von Eisenbahnen und Chausseen zu sorgen, wo solches ohne Schädigung wesentlicher anderer Inter-

\*) Ebenso in Bayern.

\*\*) Nieberding und Frank, Preussisches Wasserrecht.

\*\*\*)) Vergl. Centr. der Bauverw. 1901 S. 287.

essen möglich ist. Der § 47 des schlesischen Hochwassergesetzes bietet im Geltungsbereich dieses Gesetzes bei Eisenbahnbauten eine Handhabe, indem er bestimmt: über Eisenbahnbauten im Quell- und Hochwasserabflussgebiete sind die Wasserpolizeibehörde, die Interessentenvertretung und der Oberpräsident vor der Planfeststellung zu hören.\*)

Einen bedeutenden Schritt vorwärts auf dem Wege der Wassergesetzgebung hat Württemberg durch die Einführung der Wasserrechtsbücher (1. 1. 1902) gethan, in denen alle rechtlichen Verhältnisse an den Gewässern eingetragen, den Nutzungsberechtigten ihre Ansprüche gesichert werden, und öffentlichen Lasten und polizeilichen Beschränkungen, welche gesetzmässig den Gewässern auferlegt werden können, grundbuchartig festgelegt werden sollen\*). Es wird damit Klarheit in mancherlei verworrene Zustände, die an den Wasserläufen herrschen, gebracht werden, wodurch viele Rechtsstreitigkeiten vermieden werden dürften.

### C. Thalsperren für Trinkwasserversorgung.

#### a. Ihr Einfluss auf die Niedrigwasservermehrung der Ströme.

Die Sammelbecken für Trinkwassergewinnung sind aus dem Rahmen der vorstehenden Erörterungen ausgeschieden worden, weil sie nach ihrem Zweck, nach den Anforderungen ihres Betriebes sowie wegen der Form der Unternehmung, in welcher diese Werke gewöhnlich zu Stande kommen, eine Sonderstellung einnehmen. Wenn zwar das Versorgungswasser einer Stadt, nachdem es seinen eigentlichen Zweck erfüllt hat, in der Abströmung auch noch anderen Wirthschaftszweigen zu Nutze kommen kann, so fällt dieser Erfolg doch gleichsam nur als ein Nebenprodukt ab. Man wird ihn gerne hinnehmen; aber bei der exakten Planung des Ausbaues unserer wasserwirthschaftlichen Verhältnisse wird man nicht damit rechnen können, weil er ein zufälliger ist.

Die Trinkwasserbecken dienen örtlich abgegrenzten Interessen. Dies trifft vor allem bei jenen Becken zu, aus welchen das Trinkwasser direkt entnommen und in das Versorgungsgebiet abgeleitet wird. Ihr Betrieb muss eine unbedingte Sicherheit bieten. Mehr Unheil und Verderben, als wenn etwa einige Zeit die künstliche Aufhöhung der Triebbäche ausbliebe, würde entstehen, wenn die Wasserversorgung einer grossen Stadt auch nur für einen Tag unterbrochen würde. Dort ein wirthschaftlicher Schaden; hier ausser solchem eine dringliche Gefahr für Leib und Leben. Aus diesem Grunde muss die Wasserabgabe und die Bemessung des Vorraths im Becken unabhängig sein von anderen Ansprüchen und lediglich nach eigenem Bedarf geleitet werden. Je grösser das Gemeinwesen, um so nothwendiger ist diese Forderung. In kleinen Orten mit geringem Verbrauch

\*) Vergl. auch Handl. der Ingenieur-Wissensch. III. Bd. 1900 Kap. XII.

ist es immerhin möglich, falls eine Stockung in der Wasserzufuhr eintreten sollte, aus Brunnen, Teichen und Quellen schnellen Ersatz zu schaffen, um über den Zeitpunkt der Gefahr hinüber zu kommen. Die örtlichen Verhältnisse sind bekannt und die Wege nicht weit. Anders ist es in grossen Städten, wo neben dem hauswirthschaftlichen Bedarf meist auch eine umfangreiche Industrie angewiesen ist auf die gleichmässige künstliche Wasserspeisung. Das Rohrnetz zieht sich hier wie ein Lebensnerv durch die Stadt, und eine Stockung erschüttert gleich wie im Blutumlauf den ganzen Körper. Daher haben die grösseren Gemeinden, die finanziell leistungsfähig sind, ihre Wasserversorgung durch Thalsperren als Einzelunternehmen ins Leben gerufen und sich dadurch das ausschliessliche Verfügungsrecht gesichert. Nur insofern, als nach der unbedingten Sicherstellung des Bedarfs noch Wasserüberschüsse vorhanden sind, werden diese, wie z. B. in Solingen, in anderer Weise ausgenutzt. Kleinere Gemeinden, denen daran gelegen sein muss, die Lasten zu vertheilen, haben allerdings zum Theil die eigene Wasserversorgung mit Zwecken anderer öffentlicher Körperschaften vereinigt, wie an der oberen Ruhr.

Das Einflussgebiet der Sammelbecken für Trinkwasserversorgung wird weiterhin begrenzt durch ihre örtliche Gebundenheit. Sie müssen mit Vortheil in der Nähe jener Stadt liegen, die aus ihnen Wasser entnehmen will. Grosse Städte liegen nun meist in der Ebene oder doch wenigstens nicht gerade im Quellgebiet der Ströme. Demgegenüber aber wurde oben die Nothwendigkeit erkannt, die Thalsperren möglichst im oberen Gebirge anzulegen. Wenn die Stadt Frankfurt a. M. ihre Wasserversorgung aus Sammelbecken beziehen würde, so kommen die Abflussmengen in trockner Zeit nur der Aufhöhung des unteren Mains und Rheins zu Gute und wenn Wiesbaden und Köln sich ihr Brauchwasser auf gleichem Wege verschaffen wollten, so würden hieran nur begrenzte Schiffahrtsinteressen und in gewissem Grade der Hochwasserschutz Theil haben. Jedoch, je weiter hinauf an den Nebenflüssen die Städte liegen, umso mehr können auch die anderen Wirtschaftszweige aus deren Sammelbecken Nutzen ziehen. Die Thalsperren im Wuppergebiet für die Städte Barmen, Remscheid und Solingen sind rund 50, 30 bzw. 20 km oberhalb der Mündung der Wupper in den Rhein belegen, sodass sowohl der Hochwasserschutz wie die am unteren Flusse arbeitenden Triebwerke daraus Vortheil haben. Noch besser wird diese Aufgabe bei den Thalsperren an der oberen Ruhr erfüllt, die Gemeinden versorgen, die noch eigentlich im Quellgebiet liegen.

Auch die erhöhten Anforderungen, welche an die Beschaffenheit des Niederschlagsgebietes bei Sammelbecken für die Trinkwasserversorgung gestellt werden müssen (vergl. nächsten Abschnitt), heben sie aus dem Rahmen der übrigen Anlagen heraus, für welche die Güte des Wassers ohne wesentliche Bedeutung ist.

Es erübrigt sich, das zeitliche Zusammenfallen des Wasserbedarfs der Trinkwasserversorgung mit der Niedrigwasservermehrung für die übrigen erörterten Zwecke in trockner Zeit zu begründen. Dies liegt in der Natur

der Sache; denn die Trinkwasserbecken sollen eben wie die anderen Becken die sommerliche Wasserarmuth durch Aufsparung des Ueberflusses in nasser Zeit ausgleichen. Allerdings werden sich bei jenen nicht so ausgeprägte Schwankungen im Abfluss zeigen. Die anderen Wirthschaftszweige decken ihren Bedarf zum Theil aus der jeweiligen natürlichen Wasserführung, zu welcher Zeit dann die künstliche Speisung ruht, während die Trinkwasserabgabe ständig erfolgen muss. Die in den Trinkwasserbecken aufgespeicherte Wassermenge wird also nur in diesem Antheile der über das Jahr annähernd gleichmässig erfolgenden Wasserentnahme der allgemeinen Wasserwirthschaft zu Gute kommen. Im übrigen entwässern die Städte fast immer nach demselben Wasserlaufe hin, aus dessen Niederschlagsgebiet sie ihre Sammelbecken füllen, sodass diese Becken darin in gleicher Art wirken wie die für die sonstigen Zwecke anzulegenden Thalsperren.

In welchem Maasse tragen nun die Becken für Trinkwasserversorgung dazu bei, das Niedrigwasser aufzuheben? Es sei dies an der Anlage der Stadt Solingen verfolgt.

Die geringste Wasserführung des Sengbaches, welcher die Trinkwasserversorgung liefert, ist zu 2000 cbm täglich oder rund 23 Liter sekundlich gemessen worden. Die jährliche mittlere Abflussmenge des abgesperrten Niederschlagsgebietes beträgt 8 Mill. cbm, wovon jedoch nur 2 Mill. cbm für Trinkwasserzwecke benutzt werden, während das übrige Wasser in Kraft und elektrische Energie umgesetzt wird. Mit jenen 2 Mill. cbm wird es möglich sein, in trockner Sommerszeit i. M. täglich 6000 cbm an die Stadt abzugeben. Würde der Wasservorrath lediglich für Trinkwasserzwecke Verwendung finden, so könnten also täglich 24000 cbm oder sekundlich rund 270 l entnommen werden. Die Abwässer der Stadt fliessen zur Wupper. Rechnet man auf ein Drittel Verlust durch Verdunstung u. s. w., so würden in trockner Zeit der Wupper 180 l zugeführt werden; also eine Vermehrung um 157 l sekundlich stattfinden. Diese Verstärkung würde aus einem Stauraum von 3 Mill. cbm erzielt werden. Der Erfolg für die Niedrigwasservermehrung ist also ein viel geringerer als bei den übrigen Becken. \*)

Eine andere Stellung in der Wasserwirthschaft als die eigentlichen Trinkwasserbecken nehmen jene Sammelbecken ein, aus denen das Brauchwasser nicht direkt entnommen wird, sondern welche der Wasserversorgung insofern indirekt dienen, als sie die Wasserführung der Bäche in trockner Zeit vermehren und auf die Weise den Grundwasserstrom des Thales, aus welchem die Wasserwerke schöpfen, speisen. Das Wasser dieser Becken kann auf seinem Wege vom Quellgebiet bis zu den Entnahmestellen, die entlang am Flusse liegen, für Kraft- und Bewässerungszwecke ausgenutzt werden, ehe es in die städtischen Leitungen tritt. Die spätere Nutzbarkeit der Abwässer ist die gleiche wie bei der direkten Entnahme. Hier findet also eine sehr weitgehende Verwerthung des Wassers statt, und die Interessen fallen

\*) Vergl. Abschn. II D.

im wesentlichen mit denen der in Abschnitt II B besprochenen Wirthschaftszweige zusammen.

Ein solches Vorgehen zur Wassergewinnung zeigt sich gegenwärtig an der Ruhr. Aus dem Grundwasserstrom dieses Flusses beziehen viele Gemeinden ihren Wasserbedarf. Sein Niedrigwasser wurde dadurch derart vermindert, dass ein behördliches Einschreiten nothwendig und für die einzelnen Wasserwerke eine maximale Entnahme festgesetzt wurde. Um der Wasserknappheit abzuhelpfen, haben sich nun die Pumpwerke und Wassertriebwerke zur Errichtung von Thalsperren zusammengethan, die bei freiem Abfluss des Wassers den beiderseitigen Interessen gerecht werden. Solche Becken sind gegenwärtig bei Haspe, im Hennethale bei Meschede, im Ennepethale oberhalb Altvörde u. a. a. O. im Bau begriffen.

Wenn die landwirthschaftliche Bewässerung sich mit der geschilderten indirekten Trinkwasserversorgung unschwer wird vereinigen lassen, so wird es im Einzelfalle besonderer Untersuchung bedürfen, ob die Abwässer der Städte in den Gebirgsthalern für die Landwirthschaft ungerneigt Verwerthung finden können oder ob sie sich etwa erst nach Klärung und Reinigung hierfür als brauchbar zeigen. Färbereien, Kohlen- und Kalibergwerke, chemische Fabriken und andere Anlagen verschmutzen bei der meist nicht reichlichen Wasserführung die Flussläufe mit Säuren, Farbstoffen u. s. w. oft stark und in einer dem Pflanzenwuchs und der Fischzucht schädlichen Weise. Wer die Verhältnisse an der unteren Wupper kennt, deren trübe, schlammige Wassermassen den ehemaligen Fischreichthum vernichtet haben, die Wirksamkeit der Wassermotoren behindern\*) und an warmen Sommertagen die unangenehmsten Ausdünstungen abgeben und die Gesundheit gefährden, der wird zugeben müssen, dass hier grosse Uebelstände herrschen. Solche sind aber an vielen Flussläufen unterhalb grosser Städte mehr oder minder vorhanden.

Andererseits kann man beobachten, dass selbst das so stark durch Abwässer der Industrie und der Städte Elberfeld und Barmen verunreinigte Wupperwasser auf die Pflanzen vortheilhaft wirkt. Die Uferstreifen, welche der zeitweisen Uberschwemmung ausgesetzt sind, zeigen einen kräftigen Graswuchs und der befruchtende Einfluss des Hochwassers wird von den Anliegern sehr geschätzt.

Aber hier wie an anderen Orten ist die Forderung der Reinhaltung der Gewässer zu einer unbedingten Nothwendigkeit geworden.

Die Gesetze bieten die erforderliche Handhabe, die Reinigung der Schmutzwässer vor ihrer Einleitung in die Wasserläufe zu verlangen\*\*), und

\*) Die Verminderung des Nutzeffekts der Motoren durch das verunreinigte Wupperwasser wird zu 35 v. H. geschätzt.

\*\*) Vergl. die von den preuss. Ministern für Landwirthschaft, Domänen und Forsten, für Handel und Gewerbe, der öffentlichen Arbeiten, der geistlichen u. s. w. Angelegenheiten und des Innern erlassene „Allgemeine Verfügung betreffend Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer“ vom 20. Februar 1901, im Reichsanzeiger vom 5. 3. 1901; vergleiche auch Centralbl. d. Bauverw. 1901 S. 145.

hierauf gerichtete Bestrebungen sind gegenwärtig sehr im Gange. Für Preussen ist zur Förderung dieser Angelegenheit die „Staatliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung“ ins Leben gerufen worden, welcher das lebhafteste Interesse von seiten der städtischen Gemeinwesen und gewerblicher Verbände entgegengebracht wird. Aber es ist schwierig, nachdem viele Zustände zur alten Gewohnheit geworden und Industrien herangewachsen sind, die von der früheren Freiheit Gebrauch machen, nach der einen Seite hin Verbesserungen herbeizuführen, ohne auf der anderen Seite Schädigungen aufkommen zu lassen, die nicht nur den einzelnen Nutzniesser, sondern ganze Erwerbszweige treffen würden. Denn die Lasten, welche der Industrie und den Städten durch die Reinigung der Abwässer entstehen, sind oft sehr bedeutende und man hat es erlebt, dass die Gewerbe dort, wo ihnen nach dieser Richtung hin zuweit gehende Forderungen auferlegt wurden, abgewandert sind oder abzuwandern drohten. Damit ist dann naturgemäss eine Schädigung des gesammten wirthschaftlichen Lebens der betreffenden Gegend verbunden. Das Mittel ist also zweischneidig, und es ist hier für gesetzliche und polizeiliche Maassnahmen nicht einfach die Diagonale der widerstrebenden Interessen zu finden. Daran liegt es, wenn die Bewegung bisher einen langsamen Fortgang genommen hat.

In den Zeiten sommerlicher Dürre treten alle diese Uebelstände besonders hervor, und es ist allgemein anerkannt, dass die Aufhöhung des Niedrigwassers in den verschmutzten Flussläufen ein sehr wirksames Mittel zur Verbesserung bedeutet. Wie durch Maassnahmen der Gesetzgebung und Verwaltung, so werden demnach auch durch den Einfluss der Sammelbecken Erfolge für die Reinhaltung der Gewässer erzielt werden können.\*)

#### b. Die Thalsperren als Quelle der Trinkwasserversorgung.

Diese Ausführungen lassen erkennen, dass die Thalsperren für Trinkwasserversorgung innerhalb gewisser Grenzen neben ihrem eigentlichen Zweck einen allgemeinen Werth für die Wasserwirtschaft haben. Ihre Ausbreitung fördert somit die Gesamtwohlfahrt. Es ist darum nicht ohne Interesse, sich zu vergegenwärtigen, welche Bedeutung sie als Quelle der Trinkwasserversorgung besitzen.

Ihre Verwendung hierfür hat im Auslande wie in Deutschland in den letzten Jahren stark zugenommen, da in den Gebirgen Grundwasser meist nicht in hinreichenden Mengen zu finden ist. Nach den Feststellungen des Remscheider Wasserwerks ist es in den Thälern des Wuppergebietes in trockner Zeit nicht möglich mehr als 40—50 cbm Grundwasser in 24 Stunden von 1 qkm des Gewinnungsgebietes aufzusammeln. Daraus ergeben sich für den Wasserbedarf einer nur mittleren Stadt schon Flächen für die Anlage der Brunnen, wie sie im Gebirge garnicht zu finden sind. Man ist hier also förmlich gezwungen, das Oberflächenwasser zur Hilfe zu nehmen

\*) Ueber die unerträglichen Zustände in der Vesdre unterhalb Verviers vor Erbauung der Thalsperre der Gileppe (Belgien) vergl. Ziegler, Der Thalsperrenbau.

und die Wasserläufe aufzustauen. Rheinland und Westfalen haben bereits 10 Trinkwasserbecken; weitere sind hier geplant.

Eine Streitfrage ist darüber entstanden, ob das Thalsperrenwasser alle Anforderungen erfüllt, die an ein reines und gesundes Trinkwasser gestellt werden müssen.

Die ersten Anlagen stiessen in dieser Hinsicht auf keinen Widerspruch. Dann aber wurden Bedenken gegen die Güte des Oberflächenwassers erhoben; man stellte dem Thalsperrenwasser das Grundwasser gegenüber und wollte nur das letztere gelten lassen. Dieser Streit wurde bald ein brennender; denn Jedermann ist mit seinem eigenen Leibe an die gute Beschaffenheit dieses für das Leben unentbehrlichen Genussmittels auf das höchste interessirt und bei der Unübersichtlichkeit und Unergründlichkeit des Gegenstandes für den Laien ist hier allen möglichen Einwürfen und Behauptungen Thür und Thor geöffnet.

Wenn es zwar auffallend ist, dass derartige Zweifel aufkommen konnten, nachdem eine langjährige Wasserversorgung aus Stauweihern in Königsberg i. Pr.\*), Remscheid, Chemnitz u. a. a. O. zur vollsten Zufriedenheit bestanden hatte und nachdem in ausserdeutschen und aussereuropäischen Ländern viele Städte auf gleichem Wege ihr Wasser und zum Theil ohne jegliche Reinigung, die bei den deutschen Anlagen erfolgte, bezogen hatten, wenn also die plötzliche Aufwallung im Gegensatz zu den Thatsachen stand, so war doch nun einmal der Widerspruch vorhanden und Klarheit konnte nur durch die Wissenschaft und durch Beobachtung geschaffen werden. Umfangreiche chemische und bakteriologische Untersuchungen, Wärmemessungen u. s. w. sind an Thalsperrenanlagen in langjährigem Betriebe ausgeführt worden und haben im Verein mit den Aufzeichnungen über die Gesundheits- und Sterblichkeitsverhältnisse in solchen Städten, die ihre Wasserversorgung aus Stauweihern beziehen, ein reichhaltiges und zuverlässiges Material für die Beurtheilung geliefert.

Diese Ergebnisse haben zu der Erkenntniss geführt, dass das Thalsperrenwasser als ein einwandfreies Trinkwasser anzusehen ist. Professor Kruse in Bonn schreibt nach längeren Ermittlungen an der Remscheider Anlage: „Man kann sagen, das Thalsperrenwasser 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.“\*\*)

Bemerkenswerth sind die Kruse'schen Untersuchungen insofern noch, als sie im Gegensatz zu früher geltenden Anschauungen ergeben haben, dass das Wasser in den Sammelbecken sich verbessert, reinigt und bakterienfreier wird. Es geht hier ein Reinigungsprozess vor, dessen Ursache wahrscheinlich auf Sedimentirung beruht. Es erscheint darnach vortheilhaft, das

\*) Königsberg i. Pr. hat Teichanlagen von zus. 7 Mill. cbm Stauinhalt, die durch Erddämme abgesperrt werden. Dieses Beispiel zeigt, dass auch in der Ebene sehr bedeutende Stauräume gewonnen werden können.

\*\*) Schreiben an die Direktion des Remscheider Wasserwerkes vom 28. April 1901 bei Intze, Entwicklung des Thalsperrenbaues in Rheinland und Westfalen.

zufließende Bachwasser nicht direkt der Wasserversorgung zuzuführen, sondern zunächst aufzustauen, damit diese Selbstreinigung erfolgen kann. Deswegen hat man an der Barmer Thalsperre bei Herbringhamen an den Berghängen rund um das Staubecken Gräben gezogen, um die Abflussmengen des nächstliegenden Niederschlagsgebietes, welche sonst in das Becken direkt gelangen würden, abzufangen. Man hat den Gräben ein von der Sperrmauer abgewandtes Gefälle gegeben und leitet ihr Wasser in den oberen Theil des Beckens, nahe dem Bacheinlaufe. Auf diese Weise wird der Abfluss aus der unmittelbaren Umgebung der Sperre gezwungen, den langen Weg durch das Becken zu machen, wodurch das Wasser der selbstreinigenden Wirkung unterzogen wird.

Prof. Kruse verlangt weiterhin, das Wasser soll möglichst der Beckensohle entnommen werden, da es dort von gleichmässiger Wärme ist und von allen äusseren Einflüssen am meisten verschont bleibt. Die Reinigung des Wassers in Filtern ist nach seiner Ansicht nicht in jedem Falle erforderlich, sondern nur dann, wenn die Stauweiher flach sind, unreine Zuflüsse empfangen und der Boden der Becken vor der Füllung nicht gründlich von allen organischen Resten gesäubert worden ist.

Dieser Verlauf der Dinge ist nicht ohne Wirkung geblieben, und selbst ehemalige Gegner der Wasserversorgung aus Stauweihern haben sich, durch die Betriebsergebnisse überzeugt, zu gegentheiliger Ansicht bekannt. Die Thalsperren-Besichtigungs-Kommission der Stadt Nordhausen a. H. machte im Sommer 1901 eine Studienreise durch Rheinland und Westfalen, um alle Thalsperrenanlagen, welche der Trinkwasserversorgung dienen, kennen zu lernen. Sie hat gefunden, dass man überall mit der Güte des Versorgungswassers rückhaltlos zufrieden war, obwohl in einzelnen Orten anfänglich Misstrauen zu Tage getreten war, und es darf als eine erneute Anerkennung angesehen werden, dass diese Stadt nach den günstigen Ergebnissen der Reise auch zum Bau einer Thalsperre für Trinkwassergewinnung überzugehen im Begriffe ist, obwohl dortselbst viele Gegnerschaft vorhanden war. Auch der Ausgang des Streites in Barmen, der in letzter Stunde nach Fertigstellung der Thalsperre entstand, ist von Interesse. Man wollte hier das Thalsperrenwasser von gegnerischer Seite nur für Industriezwecke zulassen. Man erkannte an, dass seine weiche Beschaffenheit gegenüber dem kalkhaltigen Grundwasser für die Kesselspeisung, für die Färbereien und sonstigen Wirthschaftsgebrauch ein grosser Vorzug sei, aber man bekämpfte seine Verwerthbarkeit für Trinkwasserzwecke mit dem Hinweis darauf, dass das von der Oberfläche des Niederschlagsgebietes ablaufende Wasser der Infizierung durch gesundheitschädliche Stoffe zu sehr ausgesetzt sei und dass die Sandfiltration nicht im Stande sei, solche Verunreinigungen mit Sicherheit zu beseitigen. Man wies auf das Grundwasser hin, das in seiner durch die Absorptions- und Filtrationsfähigkeit starker, naturgegebener Bodenschichten gereinigten Beschaffenheit die einzige zuverlässige Gewinnungsquelle für Trinkwasser sei.\*)

\*) H. Glass, Gegen die Thalsperren als Quelle der Trinkwasserversorgung der Städte. Barmen 1901.

Die Güte wirklichen Grundwassers ist gewiss nicht zu bezweifeln; nur ist der Begriff selbst vielfach noch ein unklarer. Man bezeichnet damit im allgemeinen alles Wasser, welches sich im Untergrunde eines Flussthales vorfindet. Nun wird aber der Wassergehalt der Thalsohle meist durch den Wasserstand im Flusse beeinflusst und damit in seiner Reinheit gefährdet. „Der Stand des Grundwassers in der Nähe eines Flusses ist nicht allein durch die atmosphärischen Niederschläge, sondern auch durch das Steigen und Fallen des Wassers im Flusse bedingt.“\*) In welchem Maasse solche Einwirkungen erfolgen, lassen die Beobachtungen in der Rheinebene bei Strassburg zwischen dem Rhein und der Ill erkennen.\*)

Es möge hier die Frage unerörtert bleiben, ob dies in der Weise geschieht, dass das höhere Aussenwasser in den Grundwasserstrom eintritt oder ob der Grundwasserstrom durch die hohen Flusswasserstände gestaut wird, ohne dass dabei ein Uebertreten des letzteren in das Erdreich stattfindet. Die Ansichten hierüber gehen auseinander und es wird, wenn überhaupt, nur im Einzelfalle möglich sein, diesen Vorgang klarzustellen. An der Ruhr, an welcher, wie bemerkt, eine Anzahl von Thalsperren erbaut werden, um das Niedrigwasser und damit indirekt die aus dem Flussthale schöpfenden Wasserwerke zu speisen, findet sonach eine Beeinflussung des Grundwassers durch das Aussenwasser statt.

Man wird daher im allgemeinen das Wasser im Thalgrunde, soweit es unter dem Hochwasser des angrenzenden Flusslaufes liegt, nicht als Grundwasser sondern nur als ein auf natürlichem Wege — infolge Durchsickerung durch Kies-, Sand- und andere Bodenschichten — gereinigtes Oberflächenwasser ansehen dürfen, welches der Infektionsgefahr ausgesetzt ist. Denn es ist nicht von Belang, durch welche der beiden oben erwähnten Ursachen der Wechsel im Grundwasserstande hervorgerufen wird. Es ist festgestellt worden, dass die Thatsache an sich, dass solche Schwankungen vorhanden sind, genügt, um die Güte des Grundwassers zu beeinträchtigen.\*\*\*) Die Wasserentnahmestelle muss also über dem Hochwasser liegen. Das ist aber bei den meisten sog. Grundwasserwerken nicht der Fall; sie schöpfen aus dem Thalgrunde, der unter dem Wasserspiegel des Flusses liegt.

Die in Barmen gegen das Thalsperrenwasser erhobenen Einwände haben nicht vermocht zu überzeugen. Man hätte den Gebrauch dieses Wassers als Genusswasser durch Verlegen eines zweiten Rohrnetzes und Hergabe lediglich für industrielle Zwecke ohne Schwierigkeit vermeiden können, aber man hat kein Bedenken gehabt, es für Trinkwasserversorgung zu verwerthen. Es ist darin ein weiterer Beweis des Vertrauens zu erblicken, welches man gegenwärtig dem Thalsperrenwasser entgegenbringt.

Allerdings wird beim Entwurf solcher Thalsperren neben der Sicherung der erforderlichen Wassermenge die Sorge für eine gute Beschaffenheit des Niederschlagsgebietes und für die Reinigung des Wassers nicht ausser

\*) Handbuch der Ingenieur-Wiss. Bd. III 1892 Kap. I. Taf. 1.

\*\*\*) Handbuch der Ingenieur-Wiss. Bd. III 1892 Kap. I.

Acht zu lassen sein. Die leitenden Grundsätze hierfür sind auf der XXV. Versammlung des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege im Jahre 1900 vom Geheimen Regierungsrath, Professor Intze in Aachen und Professor Fränkel in Halle festgelegt worden. Dieselben müssen dem projektirenden Ingenieur als Richtschnur gelten und sie finden, soweit ihre technischen Gesichtspunkte in Betracht kommen, bei den gegenwärtig in der Ausführung begriffenen Anlagen Berücksichtigung. Die Thesen mögen darum wegen ihrer grossen Bedeutung hier wörtliche Erwähnung finden:

1. Das Thalsperrenwasser ist seiner Herkunft und Beschaffenheit nach im wesentlichen als Oberflächenwasser anzusehen, und deshalb, wie dieses vor dem Gebrauch zu Zwecken der menschlichen Versorgung von etwa vorhandenen gesundheitsschädlichen Stoffen, namentlich lebenden Krankheitserregern zu befreien, falls nicht etwa besondere örtliche Verhältnisse einen an sich ausreichenden Schutz gegen die Infektionsgefahr gewähren. Immerhin erscheint es gegen letztere in der Regel besser gesichert als das Oberflächenwasser unserer grösseren Ströme, Flüsse und Seen, und unterscheidet sich von diesem zu seinem Vortheil ausserdem auch durch die gleichmässigeren, vom Wechsel der Jahreszeiten unabhängigeren Temperatur. 2. Die Niederschlagsgebiete, in denen man Thalsperren zu Wasserversorgungszwecken anlegt, müssen möglichst wenig menschliche Wohnstätten, jedenfalls keine grösseren Ortschaften, enthalten. In der Umgebung des Sammelbeckens müssen die Thalhänge eine gute Bewaldung und die Thalsohle Wiesenflächen besitzen. Je stärker das ganze Gebiet bewaldet ist oder bewaldet wird, um so besser eignet es sich für die Wassergewinnung. 3. Der Betrieb von Fabriken, durch den das dem Sammelbecken zulaufende Tagewasser verunreinigt werden könnte, ist in dem Niederschlagsgebiete des Thalbeckens nur dann zulässig, wenn durch besondere Kanäle eine Entwässerung der Fabriken nach einem anderen Niederschlagsgebiete vorgenommen ist. Ebenso dürfen Gräben oder Sammelkanäle für Schmutzwasser aus Ortschaften oder Gehöften nicht im Niederschlagsgebiete der Thalsperre münden. 4. Soweit die bisherige Gesetzgebung die Reinhaltung des Wassers in künstlichen, zu Wasserversorgungszwecken angelegten Sammelbecken nicht bereits durch das Recht der Enteignung von Grundstücken oder durch die Versagung der Genehmigung schädigender gewerblicher Betriebe hinreichend sicherstellt, ist dahin zu streben, die Gesetzgebung in diesem Sinne zu erweitern. 5. Zur Verbesserung des dem Sammelbecken zuströmenden Tagewassers sind, wenn möglich, in den oberhalb desselben gelegenen Wiesen Riesel- und Drainage-Anlagen zu schaffen. 6. Die Reinhaltung des im Sammelbecken aufzuspeichernden Versorgungswassers ist jedenfalls dadurch zu fördern, dass die ganze zu überstauende Fläche von allen Bäumen, Sträuchern und deren Wurzeln, sowie von der Grasnarbe und, soweit erforderlich, auch von Humusschichten gesäubert wird. 7. Die technischen Mittel, welche bei einer erforderlichen Reinigung des dem Thalbecken entnommenen Wassers anzuwenden sind, können, sobald sich hierzu Gelegenheit bietet, in einer Berieselungsanlage hinreichend grosser, von ver-

unreinigenden Zuflüssen frei zu haltenden Wiesenflächen mit Drainage und Grundwassergewinnung oder in einer künstlichen Filteranlage (Sandfilter) bestehen. —

Den Ausgang der lebhaften Erörterungen der letzten Jahre über die Streitfrage der zweckmässigsten Trinkwasserversorgung wird man hiernach dahin zusammenfassen können, dass es sich heute nicht mehr um die Entscheidung: Grundwasser oder Thalsperrenwasser handelt, sondern dass man zu dem Schluss gelangt ist: Grundwasser und Thalsperrenwasser. Beide Versorgungsarten können als gleichwerthig angesehen werden und die Wahl wird durch die Kosten bestimmt sein. Für Solingen gaben die dauernden hohen Betriebskosten bei Beschaffung des Trinkwassers aus dem Grundwasserstrom der Rheinebene den Ausschlag für die Thalsperrenanlage. Das Pumpwerk der letzteren kann lediglich durch die billige Wasserkraft betrieben werden, während das Grundwasserwerk eine Dampfanlage mit grossem Kohlenverbrauch hätte werden müssen.

#### **D. Der Einfluss der bisherigen Thalsperrenausführungen in Deutschland auf die Niedrigwasservermehrung der Ströme.**

Nicht ohne Interesse ist es, die Wirkung zu verfolgen, welche die bereits hergestellten bezw. zur Ausführung bestimmten Thalsperren auf die Niedrigwasservermehrung der deutschen Ströme ausüben werden.

Der grösste Stauraum ist bisher im Wupper- und Ruhrgebiet vorhanden. Wenn die gegenwärtig hier im Bau begriffenen Anlagen fertig gestellt und in Betrieb genommen sein werden, so wird in 16 Sammelbecken ein Gesamtstauinhalt von rund 43 Millionen cbm<sup>\*\*</sup>) vorhanden sein. Durch die Bever- und Lingesethalsperre im Quellgebiet des ersteren Flusses soll nach dem Wasserwirtschaftsplane das niedrigste Wasser der Wupper bei Tagesbetrieb um 4,5 cbm sekundlich erhöht werden; <sup>\*\*\*</sup>) ihr Inhalt beträgt zusammen 5,9 Millionen cbm. Nimmt man bei ziemlich gleichen Betriebsverhältnissen, wie sie in dem ganzen Gebiet thatsächlich obwalten, das obige Ergebniss zum Anhalt, so kann man darauf rechnen, dass aus diesen Wasserstauungen bei Ausgleich des Abflusses auf 24 Stunden, der sich an der Mündung der Wupper annähernd einstellen wird, die niedrigste Wasserführung des Rheins abzüglich der Verluste um etwa 15 cbm sekundlich vermehrt werden wird. Das bedeutet eine Wasserspiegelhebung um 5—6 cm. Es ist dies immerhin schon eine kleine Hilfe, die der Schifffahrt des Unterrheins in trockner Zeit zu Theil werden

\*) Vergl. Centr. der Bauverw. 1901 S. 608.

\*\*\*) Auch diejenigen Sammelbecken sind hierin mit einbegriffen, welche zum Theil der Trinkwasserversorgung dienen. Da die Abwässer der betreffenden Städte und Gemeinden wieder in die alten Wasserläufe, deren Niederschlagsgebiet das Wasser entnommen wurde, zurücklaufen, so kommen sie der Niedrigwasservermehrung ebenfalls zu Gute; vergl. II. C.

\*\*\*\*) Intze, Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge, deren Verbesserung und wirtschaftliche Ausnutzung.

wird und die sich in den Beobachtungen der maassgebenden Pegelstationen im Vergleich mit früheren Wasserständen bemerkbar machen müsste. Auch die Vogesenstauweiher dienen der Niedrigwasservermehrung des Rheins, wenn schon in bescheidenerem Maasse als die vorerwähnten. Der Gesamtstauinhalt dieser Becken beträgt 3,9\*) Millionen cbm. Der Alfeldweiher mit einem Inhalt von 1,1 Millionen cbm soll das Niedrigwasser der Doller, welche der Ill zuströmt, um 0,5 cbm sekundlich erhöhen. Man wird hier nach und in anbetracht des Umstandes, dass spätere genaue Messungen grössere Abflussmengen ergaben als die sind, worauf obige Annahmen des ursprünglichen Entwurfs fussen, die Gesamtvermehrung zu 2 cbm sekundlich annehmen dürfen.

Die nützliche Wirkung der grossen Urftthalsperre (Eifel), welche gegenwärtig in der Ausführung begriffen ist, wird leider der deutschen Schifffahrt nicht zu Gute kommen, da die Urft und Roer dem Stromsystem der Maass angehören. Welche Aenderung dieses Becken bei 45 Millionen cbm Inhalt in der Wasserführung der von ihm beeinflussten Wasserläufe herbeiführen wird, geht daraus hervor, dass aus demselben selbst in trockenster Zeit Tag und Nacht hindurch 6—9 cbm sekundlich zur Abströmung gelangen werden, während jetzt der Wasserabfluss der Roer bei Düren in trockner Zeit 1—2 cbm sekundlich beträgt. Die Hochwassermenge, welche bei dieser Stadt zu 500—450 cbm angenommen wird, wird durch Zurückhaltung der Fluthen in dem Sammelbecken um etwa 150 cbm sekundlich vermindert werden.\*\*)

Im Stromgebiet der Oder sind Sammelbecken in den Gebirgsthalern von drei grösseren Nebenflüssen geplant bezw. in der Ausführung begriffen: an der Görlitzer Neisse, am Bober und Queiss und an der Glatzer Neisse. Diese Anlagen sind in erster Linie für den Hochwasserschutz und die Industrie bestimmt; doch werden sie naturgemäss ebenfalls nicht ohne Einfluss auf die Niedrigwasserstände der Oder sein. Ihre volle Wirkung wird erst für die untere Oder, oberhalb Frankfurt, zur Geltung kommen.

Die 6 Thalsperren in Böhmen im Quellgebiet der Görlitzer Neisse mit einem Gesamtstauinhalt von 8,1 Millionen cbm werden bei ununterbrochener Tag- und Nachtabströmung das Niedrigwasser dieses Flusses um 1,74 cbm sekundlich heben.\*\*\*) Unter Zugrundelegung eines gleichen Verhältnisses der Niedrigwasservermehrung kann man aus den zukünftigen Sammelbecken am Bober und Queiss mit 77 Millionen cbm Gesamtfassungsraum eine Zuschlagsmenge von 16,5 cbm sekundlich und aus dem Gebiet der Glatzer Neisse, wo mit Vortheil für den Hochwasserschutz und die Industrie 9 Sammelbecken mit zusammen 20,1 Millionen cbm angelegt werden könnten, eine Vermehrung von 4,3 cbm erwarten. Diese erhöhte Zuflussmenge würde während 54 Tagen zur Ver-

\*) Einschl. Lauchensee.

\*\*) Intze, Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge. — Die geringere Wirkung gegenüber den rheinisch-westfälischen Sammelbecken dürfte sich aus der gleichmässigen Wasserabgabe der Urftthalsperre erklären.

\*\*\*) Intze, Ueber die Anlage von Thalsperren im Quellgebiet der Görlitzer Neisse.

fügung stehen. Die Niedrigwasservermehrung der unteren Oder würde demnach  $1,74 + 16,5 + 4,3 = 22,5$  cbm und abzüglich der Verluste annähernd 20 cbm sekundlich betragen. Nach den Angaben von Gothein\*) werden für die untere Oder, welche bei mittlerem Niedrigwasser 1 m Tiefe besitzt, 40—45 cbm in der Sekunde erforderlich sein, um ihre Fahrtiefe in trockner Zeit auf 1,4 m, wie sie erwünscht erscheint, zu erhöhen. Mit den obigen Sammelbecken würde demnach eine Wasserspiegelhebung von 20 cm erreicht werden. Da nach den bisherigen Untersuchungen durch verstärkte Stromregulierung eine geringste Fahrwassertiefe von 1,25 m unterhalb Breslau erhofft werden kann,\*\*) so würde bei Ausführung der Thalsperren in den vorgenannten Quellgebieten das vorläufig gesteckte Ziel für die untere Oder erreicht werden können.

Auch die Elbe wird durch die in ihrem Niederschlagsgebiet im Königreich Sachsen in Aussicht genommenen umfangreichen Thalsperrenanlagen eine nicht unwesentliche Verbesserung ihrer Wasserführung erfahren.

Nothwendig ist es, sich zu vergegenwärtigen, dass diese Vortheile der Schifffahrt ohne Gegenleistung zufallen und dass dort, wo die Sammelbecken aus privaten Mitteln ins Leben gerufen wurden, der Staat und die Gesamtheit ohne Zuthun aus der Aufwendung privaten Kapitals Nutzen zieht, wie er eben allgemein aus der Verbesserung der Transportwege folgt. Dieser Nutzen wird mit der weiteren Ausbreitung des Thalsperrenbaues gleichmässig wachsen und dann eine gewiss nicht zu unterschätzende Grösse annehmen. Liegt somit in dieser — in den ersten Stadien der Entwicklung unbeabsichtigten — Wirkung der Sammelbecken ein weiterer praktischer Beweis der Identität der Interessen der Landeskultur, der Industrie und des Verkehrs, so geht doch auch andererseits daraus hervor, dass die Fürsorge, welche die Staatswirthschaft der Erhaltung und Verbesserung der Ströme für Schifffahrtzwecke zu Theil werden lässt, sich folgerichtig zu einer allgemeinen staatlichen Förderung des Thalsperrenbaues erweitern müsste.

---

\*) Deutsche Bauzeitung 1899 S. 502.

\*\*) Centralblatt der Bauverwaltung 1901 Nr. 72.

### III. Schlussbetrachtung.

Die vorhergehenden Ausführungen und rechnerischen Ermittlungen, angestellt auf der Grundlage bestehender Verhältnisse, von Erfahrungen und Ergebnissen des Betriebes in ausgeführten Anlagen und Einrichtungen zeigen in technischer wie in wirtschaftlicher Hinsicht die verheissungsvollen Aussichten eines Unternehmens, welches die Erweiterung der Wasserwirthschaft am Rhein und der gesammten deutschen Wasserwirthschaft durch den Ausbau eines Sammelbeckensystems für Hochwasserschutz, landwirthschaftliche Bewässerung, Kraftgewinnung und Niedrigwasservermehrung der Ströme für Schiffahrtzwecke zum Gegenstande haben würde.

Die zu lösende Gesamtaufgabe ist gross.

Die nächstliegende Arbeit, welche der Plan verlangt, ist die Beschaffung genauer technischer und wirtschaftlicher Unterlagen. Die bisher mangelhafte Kenntniss grade der hier einschlägigen wasserwirtschaftlichen Verhältnisse wird als ein grosser Uebelstand empfunden. Wenn an unsern schiffbaren Strömen wohl die Aufzeichnung der Wasserstandsbewegungen, die für die Regulierungsarbeiten erforderlich war und erst ein erfolversprechendes Arbeiten ermöglichte, seit langen Jahren stattgefunden hat, und wenn ebenso in den Gebirgen und Landbezirken in meteorologischen Stationen die Niederschläge seit langem gemessen sind, so ist doch an beiden Stellen die Kenntniss der Wasserabflussmengen, der Art des Abflussvorganges, des Verhältnisses der Abflusshöhen zu den Niederschlagshöhen und anderer wichtiger Zustände des Wasserhaushaltes eine geringe und unzuverlässige und neuere für besondere Zwecke ausgeführte und darum auch nur lückenhafte Messungen und Beobachtungen haben hier schon manche irrthümliche Auffassung früherer Zeiten umgestaltet. So z. B. hat sich gezeigt, dass die Jahresabflussmengen nicht, wie früher geglaubt wurde, in einem bestimmten Verhältniss zu den Niederschlagsmengen stehen, sondern dass die Abflussmengen aus den Quellgebieten von einer bestimmten Verlusthöhe, welche von der Regenhöhe abgeht, bedingt werden.\*)

Die Abflussmengen der Wasserläufe sind für den Thalsperrenbau von ausschlaggebender Bedeutung; ihre Grösse für ein gegebenes Niederschlags-

\*) Intze, Ueber die Wasserverhältnisse im Gebirge.

gebiet, das durch eine Sperrmauer abgeschlossen werden soll, festzustellen, ist der erste und unumgängliche Theil der Vorarbeiten. Man lernt daraus beurtheilen, welches Maass von Wasserenergie zur Verfügung steht, und die Schwankungen der Abflussmengen im Jahreslaufe geben den Anhalt für die Inhaltsbemessung des Sammelbeckens. Das Fehlen von solchem statistischen Material ist bei den ersten Thalsperrenanlagen schwer empfunden worden.

In den unteren Stromgebieten ist durch den preussischen Wasserausschuss, der zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Ueberschwemmung ausgesetzten Flussgebieten im Jahre 1892 eingesetzt wurde, vieles geklärt worden. Seine Aufgabe geht nun zu Ende; aber er soll Fortsetzung in einer preussischen Landesanstalt für Gewässerkunde erhalten. Die Aufgaben und Ziele, welche für diese Anstalt in Aussicht genommen sind, lassen die Gewinnung einer eingehenden Kenntniss der Wasserverhältnisse im Gebirge und aller ihrer Einzelheiten und unerforschten Beziehungen zum Gesamthaushalte der Natur und damit die Anbahnung ihrer ausgiebigen Verwerthung erhoffen.

Aber diese Arbeiten würden die gesammten technischen Fragen des Thalsperrenbaues noch nicht lösen; dieser greift auch auf das Gebiet der Geologie hinüber. Zunächst kommt hier die äussere Gestaltung der Gebirge in Betracht und die sehr wichtige Frage, ob die zur Anlegung von Thalsperren geeigneten Thalmulden vorhanden sind; sie ist neben der Kenntniss der Abflussmengen von grundlegender Bedeutung. Hempel\*) empfiehlt, Kommissionen einzusetzen, welche in diese Prüfung eintreten und die brauchbaren Thäler feststellen sollen. Und gewiss kann in Anbetracht der in die Gebirgsthäler immer weiter vordringenden Kultur hier vieles versäumt und manche spätere Anlage dadurch vereitelt werden. Darum erscheint die Anregung wohl beachtenswerth.

In das eigentliche Gebiet der Geologie entfällt die Untersuchung der Felsbeschaffenheit in den Thälern, die für die Herstellung von Sammelbecken in Aussicht genommen werden. Das Becken muss auf allen Seiten von geschlossenem Gestein umgeben sein, damit das Wasser nicht in vielleicht unerkennbarer Weise seitwärts entweichen kann. Das Mauerwerk der Thalsperre muss in der Sohle wie an den Hängen in gesunden, festen und dichten Fels eingreifen, um einen dauernden Bestand und die Dichtigkeit der Absperrung zu sichern. In anbetracht der verheerenden Wirkungen, welche der Bruch einer grossen Thalsperre und der damit zusammenhängende plötzliche Erguss gewaltiger Wassermassen in die unteren Thäler mit sich bringt, muss diese Prüfung eine eingehende sein. Versäumnisse nach dieser Richtung hin haben in Frankreich (Bouzey), Algier (Habra), Spanien (Val de Inferno) und anderwärts böse Folgen gehabt und dadurch den ganzen Thalsperrenbau in Verdacht gebracht.

Wo ein guter Fels für die Gründung vorhanden ist, da wird im allgemeinen auch die weitere Forderung erfüllt sein, dass festes und

---

\*) Zur Umgestaltung der Wasserwirthschaft.

schweres Steinmaterial für das Mauerwerk in der Nähe der Baustelle gewonnen werden kann. Ist dies nicht der Fall, so erhöhen sich die Kosten bei dem grossen Bedarf an Steinen in den nach vielen tausenden Kubikmetern zählenden Mauermassen der Thalsperren sehr wesentlich. Die Möglichkeit, geeignete Zufuhrwege für die Heranschaffung der zum Bau erforderlichen Mörtel- und anderer Materialien herzustellen, sind Sache einer weiteren, ins Einzelne gehenden Prüfung; aber auch dieser Punkt ist von Bedeutung. Denn Thäler, in denen Sperrmauern mit Vortheil errichtet werden können, liegen in der Regel weit ab vom Verkehr, in unwirthlichen und schwer zugänglichen Bergen, und der Transport dorthin ist schwierig und kostspielig; besondere Zufuhrbahnen müssen meist angelegt werden. — Die Profilirung der Mauern, ihre Grundrissform, die Gestaltung der Betriebseinrichtungen und der Bauausführung fallen in den Rahmen des besonderen Entwurfs und sind deshalb von dieser allgemeinen Erörterung ausgeschlossen worden.

Das Ergebniss dieser Untersuchungen wird über die technische Möglichkeit der Ausführung entscheiden. Ueberdies ist die Klarstellung dieser Verhältnisse grundlegend für die wirtschaftliche Prüfung, die Hand in Hand mit jenen gehen muss. Die Gesichtspunkte, nach denen die Rentabilitätsfrage zu behandeln ist, sind in Abschnitt II B. d. erörtert worden.

Die Erledigung aller dieser vorbereitenden Arbeiten erfordert einen grossen Arbeits- und Kostenaufwand; aber dieser erscheint berechtigt durch die Bedeutung des Gegenstandes und ist unerlässlich, um Gewissheit zu schaffen, und um auf sichern Bahnen dem Ziele entgegenzugehen.

Nicht auf einmal kann die ganze Aufgabe gelöst werden. Im allmählichen Vorgehen wird sich eine ruhige Entwicklung abspielen. Kenntnisse und Erfahrungen müssen gesammelt werden, die dem weiteren Aufbau förderlich sind und spätere Zeiten erst werden die Vollendung bringen.

Unsere Zeit aber muss sich klar werden über die Bedeutung, welche der Thalsperrenbau für die deutsche Wasser- und Volkswirtschaft und die kulturelle Entwicklung des Landes hat.

Für den Raubbau, welchen der Mensch jetzt an der Kraftenergie der Kohle ausübt, kann hier aus unerschöpflichen Quellen, die sich selbstthätig immer wieder erneuern und fliessen so lange, als die natürlichen Lebensbedingungen für die Menschheit überhaupt vorhanden sein werden, für die fernere Zukunft Ersatz geschaffen werden. In der ewigen Bewegung des Wassers von der Erde zu den Wolken und wieder herab zu der Erde und dem Meere soll seine Energie in dem Theile des Kreislaufs, in dem es mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln möglich ist, Einfluss auf diesen natürlichen Vorgang zu üben, zeitweise gehemmt und aufgesammelt, später aber in zweckmässiger Vertheilung in die alten Wege zurückgeleitet werden. Das Schiller'sche Wort von der wohlthätigen Macht des Feuers in der Herrschaft des Menschen und seiner furchtbaren Wirkung bei ungefesselter Entfaltung gilt auch von der elementaren Gewalt des Wassers. Die Sammelbecken sind die grossen Kampfplätze, in denen das

Wasser zur Ruhe und seine Energie zur Aufspeicherung gelangt, um in tröckner Zeit in segenbringender Weise nutzbar gemacht zu werden.\*)

Solchen Landestheilen, welche sich nicht in dem glücklichen Besitz von Kohlenlagern befinden, kann im Interesse ausgleichender Gerechtigkeit schon jetzt Ersatz dafür geschaffen und der Wettstreit mit begünstigteren Ländern erleichtert werden. Die Landeskultur kann zum Nutzen der Landwirthschaft gefördert, die Trinkwasserversorgung im Gebirge gesichert und die Regulirung unserer Ströme in neue Bahnen gewiesen werden, die zu dem idealen Endziele hinstreben, die Wasserführung der Bäche, Flüsse und Ströme zu einer über das Jahr gleichmässigen zu machen, wodurch ihre höchste Ausnutzung für Kraftzwecke und Verkehrswege erreicht werden würde.

Der staatlichen Wirthschaftspolitik zeigt sich hier ein weiter Ausblick; zwar zweifelnd wird der Uneingeweihte einem so grossen, ihm vielleicht gewagt erscheinendem Unternehmen gegenüberstehen. Aber die erschwerten Daseinsbedingungen, welche die Neuzeit dem einzelnen Menschen wie den ganzen Völkern bringt, und die zunehmende Bevölkerung, welche ihre Expansion in fernen Ländern und Kolonien sucht, drängen zu einer intensiveren Wirthschaftsweise. Der Mensch muss wagemuthiger sich seine Existenzmöglichkeit erringen. Der Wettkampf der Völker auf dem Weltmarkte zwingt dem einzelnen Lande, wenn es nicht erdrückt werden will, auf, alles was ihm die Natur an Kräften und Schätzen irgend verliehen hat, sich zu erschliessen mit Aufbietung immer grösserer Anstrengung. Unternehmungen, die früher nutzlos waren, weil die aufgewendete Mühe nicht aufgewogen wurde durch den Werth der erzeugten Güter — sie werden heute unter den verschärften Produktionsbedingungen mit den vervollkommeneten Mitteln der modernen Technik lohnend und gewinnbringend.

Unsere Wasserwirthschaft ist jetzt noch in hohem Maasse extensiv; ein grosses Nutzungsfeld liegt hier brach. Aber wie für eine Stadt die gesicherte Wasserversorgung eine Lebensfrage ist, von der ihr Sein oder Nichtsein abhängt, so wird auch im Haushaltungsplane der Zukunft die wasserwirthschaftliche Frage sich mit zwingender Nothwendigkeit Geltung verschaffen. Wenn die Menschheit der Gegenwart — aus reichen Vorräthen zehrend — es noch in ihrem Belieben hat, die werthvolle Energie des Wassers sich dienstbar zu machen oder ungenutzt zu lassen — den kommenden Geschlechtern wird hier keine Wahl mehr frei stehen; ihnen wird diese Nutzbarmachung durch Thalsperren ein Gebot der Selbsterhaltung werden. Wohl aber dem Lande, das mit festem Entschluss und Willen einen richtigen Plan rechtzeitig zur Verwirklichung bringt.

\*) Intze, Ueber den Bau, die wirthschaftliche Bedeutung und Wirkung der Thalsperren.







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000301500