

## Die Bedeutung von Technik und Bodenkunde für die deutsche Wasserwirtschaft.

Von Dr.-Ing. O. SCHOENEFELDT und Dr. F. ALTEN, Berlin.

(Eingeg. 27. Dezember 1934.)

In den einschlägigen Veröffentlichungen finden sich des öfteren Vergleiche des Standes der deutschen Wasserwirtschaft der letzten Jahre mit denjenigen der alten Ägypter, Babylonier, sowie mit denjenigen einiger Gegenwartsstaaten. Soweit sich diese Vergleiche auf die Förderung der Acker- und Wiesenbewässerung beziehen, fallen sie sehr zuungunsten der heutigen deutschen Wasserwirtschaft aus.

Nun war die Bewässerungswirtschaft dieser Völker bei ariden Irrigationsböden, d. h. trockenen, auf Bewässerung angewiesenen Böden, eine Lebensfrage, ohne die eine zahlenmäßig starke Bevölkerung nicht erhalten oder aufgezogen werden konnte. Erst eine verhältnismäßig dichte, straff organisierte Bevölkerung mag ein genügendes Wehrvermögen äußeren Feinden gegenüber ergeben haben, und demzufolge ermöglichte erst die Sicherheit einen Wohlstand, auf dem die Kultur zu hoher Blüte gelangen konnte.

Eine wesentliche Vorbedingung für diesen Wohlstand ist die richtige Ausnutzung von Boden und Wasser. In Deutschland, bei seiner verhältnismäßig günstigen klimatischen Lage, brauchte die Boden- und Wasserfrage bisher nicht so im Vordergrund zu stehen, weil für die bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts verhältnismäßig geringe Bevölkerungszahl genügend Bodenraum zur Verfügung stand.

Bereits im frühen Mittelalter haben zwar Anlagen zur Bewässerung der Hangwiesen in Süddeutschland bestanden. Es konnte aber der künstlichen Bewässerung bisher bei uns eine allgemeine lebenswichtige Bedeutung nicht zukommen.

Zwar ist es dem Bauern durch die Höhe und glückliche Verteilung der Niederschläge möglich, mit dem natürlichen Feuchtigkeitsanfall so hauszuhalten, daß bei geeigneter Bewirtschaftung eine ziemlich gleichmäßige Wasserversorgung der Pflanzen gewährleistet wird, da aber die warme Jahreszeit und die Zeit der wirksamen Sonnenbestrahlung kurz ist, ist der Steigerung der Ernteerträge gegenüber den wärmeren Landstrichen eine vorzeitige Grenze gesetzt. Während der Trockensubstanzertrag im tropischen und subtropischen Klima auf 1 ha der Fläche nach *Vageler* etwa 10 t und mehr beträgt, überschreitet er bei uns im Durchschnitt nicht 5 t.

Die bisherige Wasserwirtschaft in Deutschland berücksichtigte die Interessen der Landeskultur daher vornehmlich durch Entwässerung nasser Landstriche und durch Hochwasserschutzanlagen (Deichbauten und Buhnen). Die künstliche Bewässerung dürfte sich in Deutschland, wie *Oehler* (15) angibt, auf nur 425 000 ha, d. h. etwa 1,5 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche, beschränken. Im übrigen war die Wasserwirtschaft auf die Förderung der Schifffahrt und der Kraftwasserwirtschaft sowie auf Versorgung der Städte und Ortschaften mit Reinwasser und auf die unschädliche Abführung der Abwässer abgestimmt.

Da sich seit 1875 die Dinge rein bevölkerungspolitisch wesentlich geändert haben, so daß heute unser Bodenraum bei weitem nicht ausreicht, wenn nicht alle vorhandenen Möglichkeiten der Intensivierung ausgenutzt werden, muß zwangsläufig auch eine Schwerpunktsverlagerung innerhalb der deutschen Wasserwirtschaft erfolgen.

Der Anteil der Wasserstraßen am Güterverkehr war mit Ausnahme des Rheins, der Spree-Havel und Unteren Elbe bereits 1926 relativ gering und dürfte sich auch angesichts der umsichgreifenden Motorisierung des Verkehrs kaum erheblich steigern lassen<sup>1)</sup>. 1930 betrug die Ausbauleistung der Wasserkraftanlagen nur 12,5 % der Primärkraftmaschinen, die Dauerleistung aber wohl kaum 8 %<sup>1)</sup>.

Es ist in der Fachpresse bereits mehrfach darauf hingewiesen worden, daß durch die Begradigung z. B. des Sorgenkindes unter den deutschen Strömen — des Oderlaufes — zur Förderung der Schifffahrt und des Hochwasserabflusses das Eintreten von schädlichen Wasserklemmen in Trockenperioden durch Absenkung des Wasserspiegels beschleunigt und verstärkt worden ist. Hierdurch erliegt nicht nur die Schifffahrt, sondern die mit der Absenkung des Flußwasserspiegels zusammenhängende Absenkung des Grundwasserstandes schadet der Bodenkultur. Durch Beschleunigung des Hochwasserabflusses infolge Begradigung und Eindeichung der Oder wurde die Hochwassergefahr für den Unterlauf verstärkt. Der bisherige Ausbau von Talsperren an den Zuflüssen der Oder zum Hochwasserschutz und zur Anreicherung der Niedrigwasserführung ist bei weitem nicht ausreichend, um die Frage zu lösen. Selbst wenn man neben dem 1933 in Betrieb genommenen Staubecken von Ottmachau mit 143 Millionen Kubikmeter Stauraum<sup>2)</sup> die bis 1955 vorgesehene Fertigstellung des Staubeckens bei Sersno von 80 Millionen Kubikmeter und des geplanten Beckens oberhalb Turawa mit 88 Millionen Kubikmeter Stauraum berücksichtigt (2), ist diesen Maßnahmen nur ein gewisser Teilerfolg beschieden. Nach neuen Veröffentlichungen in der Fachpresse soll die Ausführung von weiteren Hunderten von Millionen Kubikmeter Stauraum erforderlich sein, um den einigermaßen regelmäßigen, vollen Schiffsverkehr zu ermöglichen.

Da die weitere Zurverfügungstellung wertvollen Speicherraumes lediglich für Hochwasserschutzzwecke und Kraftgewinnung nicht wirtschaftlich erscheint, sind zum Ausgleich der Hochwasserspitzen neue umfangreiche Polderanlagen im Odertal geplant, was mit Rücksicht auf den in Zukunft zu erwartenden gesteigerten sommerlichen Wasserbedarf und die hierdurch erforderliche Freihaltung des möglichen Stauraumes für die Zwecke der Niedrigwasseranreicherung als eine gebieterische Notwendigkeit anzusehen ist.

Während nun die Landwirtschaft in der Zeit vor der Machtübernahme der Regierungsgewalt durch den Führer tiefmütterlich behandelt wurde, wird seit dem 30. Januar 1933 hier gründlich Wandel geschaffen.

Fast die gesamten Meliorationsarbeiten, welche durch den Arbeitsdienst ausgeführt werden, sind im weiteren Sinne auch wasserwirtschaftlicher Natur und verändern den Wasserhaushalt.

Ödländereien, die bisher brachlagen, werden durch diese Meliorationsarbeiten zu landwirtschaftlich genutzten Äckern und brauchen damit für den darauf wachsenden Pflanzenbestand neue Wassermengen.

Sowohl ein Zuviel als auch ein Zuwenig an Bodenwasser ist der Bodenkultur schädlich. Es wird nun durch Entwässerungen überschüssiges Bodenwasser beseitigt, wodurch stellenweise überhaupt erst Ackerbau oder Grünlandwirtschaft ermöglicht wird, denn im Grundwasser ohne Luftzutritt können Nutzpflanzen überhaupt nicht gedeihen. Durch Lehmmergelungen von unpro-

<sup>1)</sup> Vgl. Deutsche Technik, 2, 811 u. 812 [1934].

<sup>2)</sup> Davon entfallen allein 60 Millionen Kubikmeter auf den Hochwasserschutz.

duktiven und durchlässigen Sandheiden wird die Wasserspeicherung der Böden, durch Sandmengenungen mooriger Böden die Wasserergiebigkeit erhöht.

Lysimetermessungen von *Seelhorst* 1904 in Göttingen (9) ergaben eine Verdunstung im Sommerhalbjahr bei Hafer auf Leimboden von 410 mm und bei Brache auf Lehm von 186 mm. Selbst für Gras auf trockenem Sandboden fand *Friedrich* für 1930/32 analog durchschnittlich 295 mm, für Sandboden ohne Vegetation jedoch nur 137 mm (10). Beide Versuche zeigen mit voller Deutlichkeit, welch wesentlich höhere Wassermengen durch Neukultivierung und Neuanbau gegenüber dem Ödland ohne Pflanzenwuchs verbraucht werden.

Es werden heute infolge der durch den Staat geförderten Steigerung der landwirtschaftlichen Erzeugung und der Veränderung der Fruchtfolge — sowohl zur Schaffung der Nährfreiheit des deutschen Volkes als auch zur Rohstoffversorgung — Untersuchungen darüber angestellt, welche Wassermengen für die Einführung der künstlichen Bewässerung erforderlich sind. Hier hat eine neue Fragestellung der Agrikulturchemie einzusetzen, die darüber Aufschluß zu geben hat, wie Bodenbearbeitung und Meliorationsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, um mit den geringsten Wassergaben Höchstserträge zu erzielen. Ständen uns in Deutschland große Überschüsse an Wasser zur Verfügung, so wäre das Problem schon allein von der technischen Seite aus zu lösen. In der Tat wird die Gesamtabflußmenge der deutschen Ströme, welche aus innerdeutschen Entwässerungsgebieten mit 122 Milliarden Kubikmeter jährlich gespeist werden, durch außerdeutschen Zufluß auf 158 Milliarden Kubikmeter erhöht. Wasser ist somit zwar in ausreichendem Maße vorhanden, wenn man die abfließende Wassermenge als Jahres Ganzes betrachtet und die Möglichkeit besteht, sie während der Vegetationsperiode zeitlich und räumlich nach Bedarf zu verteilen. Bei den jahreszeitlichen Abflußverhältnissen unserer Flüsse liegen die Dinge aber nun so, daß gerade in der Zeit, in der die Pflanzen den höchsten Wasserbedarf haben, die Ströme nur Niedrigwasser führen, so daß sie keine nennenswerten Zuschußwassermengen liefern können, wie schon aus dem Beispiel der Oder hervorgeht.

Ein sehr drastisches Beispiel der wirklichen Verhältnisse liefert die Havel.

Rechnet man mit einer durchschnittlich erforderlichen Zuschußwasserhöhe von 200 mm im Verlauf der Vegetationsperiode Mai/August, d. h. 50 mm/Monat, so würde dieser Wasserhöhe z. B. im Spree-Havel-Gebiet die Abflußmenge der Havel gegenüberstehen, welche auf das gesamte Einzugsgebiet der Havel und Spree ausgebreitet im Sommerhalbjahr (Mai-Oktober), eine Höhe von nur 50 mm im Durchschnittshalbjahr ergibt (3).

In den 4 Vegetationsmonaten beträgt die Abflußhöhe der Havel bei Rathenow im langjährigen Durchschnitt jedoch nur insgesamt 35 mm, und für die Spree bei Beeskow und Fürstenwalde gar 29 mm.

Da die landwirtschaftlich genutzte Fläche im Spree-Havel-Gebiet 54 % der Gesamtfläche beträgt, so wäre zur Grünland- und Ackerbewässerung während der Vegetationsperiode eine auf das gesamte Einzugsgebiet bezogene Wasserhöhe von 108 mm, also die dreifache gleichzeitige durchschnittliche Abflußmenge der Havel erforderlich. Im Sommer 1904, 1911 und 1934 betrug die Abflußhöhe der Havel bei Rathenow zur Zeit der Wasserklemme nur 2 mm im ganzen Monat, statt der entsprechenden Durchschnittshöhe von 7 mm.

Da die Abflußzahlen für die Elbe und Oder in der gleichen Zeit nicht wesentlich höher waren, so geht daraus hervor, daß Flußwasser im trockenen Sommer für die künstliche Bewässerung nicht zur Verfügung steht, was *K. Fischer* bereits 1913 feststellte (3).

Wollte man nun für nur  $\frac{1}{10}$  der landwirtschaftlich genutzten Fläche unseres Vaterlandes durch Aufspeicherung von Winterwasser Speicherräume zur Einführung der künstlichen Bewässerung schaffen, so müßten diese bei

rund 280 000 km<sup>2</sup> landwirtschaftlich genutzter Fläche einen Inhalt von

$$\frac{280\,000 \times 1000 \times 200}{10} = 5,6 \text{ Milliarden m}^3$$

aufweisen, d. h. mehr als das Vierfache des gesamten, heute vorhandenen Stauraumes der deutschen Talsperren.

Diese wenigen Zahlen zeigen, daß

1. die künstliche Bewässerung nur auf einem Bruchteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche Deutschlands durchzuführen sein wird und daß
2. hierzu Speicherbecken in Höhe des Vielfachen der heute vorhandenen und in Betrieb befindlichen Talsperren erforderlich sind.

Ehe nun Untersuchungen über die zweckmäßigste Methode und das zulässige Maß der Einführung der Ackerbewässerung angestellt werden, erscheint es erforderlich, eine Betrachtung über den Wasserhaushalt und seine Beeinflussung durch die Vegetation anzustellen, um Rückschlüsse auf die zukünftige Entwicklung ziehen zu können.

Es sind folgende Fragen zu beantworten:

- a) Ist die Steigerung der landwirtschaftlichen Erzeugung durch Intensivierung möglich oder zu erwarten, in welcher Höhe und in welcher Zeit?
- b) Welchen Einfluß hat die Vegetation auf den Wasserhaushalt der Natur?
- c) Welche Veränderung des Wasserhaushaltes ist in Zukunft bei Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion zu erwarten?

Durch *Justus Liebig's* Agrikulturchemie hat die landwirtschaftliche Erzeugung eine wesentliche Steigerung er-

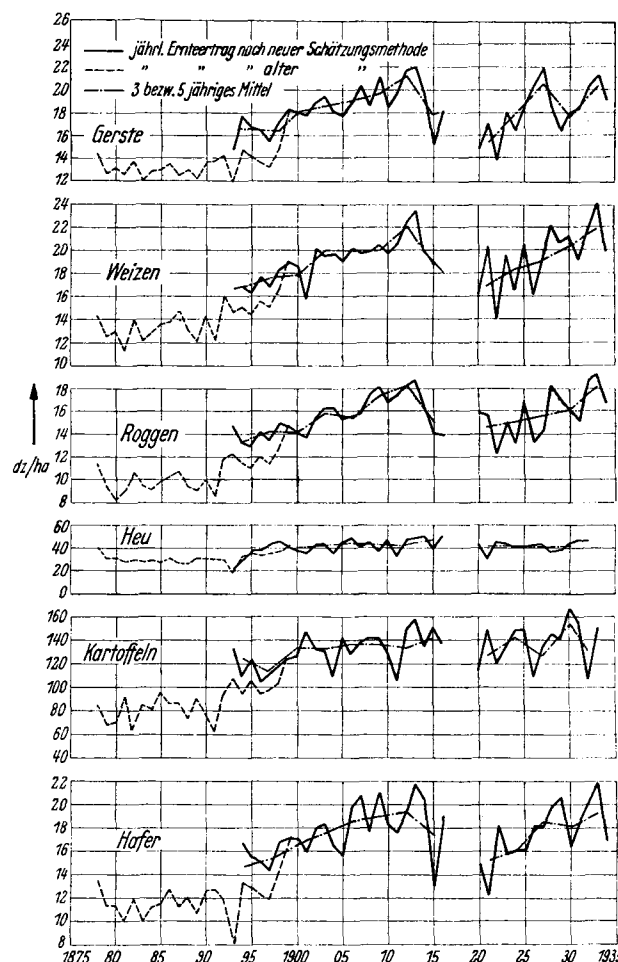


Abb. 1. Ernteerträge einzelner Fruchtarten in Deutschland in den Jahren 1878–1934.

fahren, welche allerdings erst seit der Einführung der Reichsstatistik 1878 verfolgt werden kann.

In Abb. 1 ist die Erzeugung Deutschlands für einige Fruchtarten in den Jahren 1878—1934 in dz/ha angegeben (4).

Nun haftet einer Schätzung der Zunahme der Ernteerträge infolge der verschiedenen Auswertungen leider eine gewisse Unsicherheit an; nach den zur Verfügung stehenden Angaben mußten sich die Ernteerträge von 1883/87—1909/13 wie folgt gesteigert haben:

Tabelle 1.  
Durchschnitts-Erträge in Deutschland in dz/ha.

	1883/87	1909/13	1933	Zunahme der Erträge 1909/13 gegenüber 1883/87 in %
Roggen .....	10,04	18,16	18,8	81,0
Weizen .....	13,46	21,44	21,9	59,4
Gerste .....	12,68	20,74	20,5	63,0
Hafer .....	87,4	136,96	163,2	74,0
Kartoffeln ....	11,34	19,74	20,2	57,0
Heu .....	28,58	42,86	46,1	48,5

Die außerordentlich ungünstige Einwirkung der Kriegs- und Inflationszeit auf die Erträge ist trotz der Unterbrechung der Statistik von 1917—1920 zu erkennen. Auch weiterhin ist zu erkennen, daß die landwirtschaftliche Produktion eine Krise durchmachte. Soweit diese Krise nicht durch die — gelinde gesagt — falsche Wirtschafts- und Steuerpolitik des Weimarer Staates bedingt war, die die Landwirtschaft stellenweise fast zum Erliegen brachte, mag sie in einer gewissen Unsicherheit der Landwirte in der Anwendung der künstlichen Düngemittel zu suchen sein, weil die zwischen dem Wasserhaushalt der Pflanze und ihrer Ernährung bestehenden Beziehungen noch nicht restlos bekannt waren.

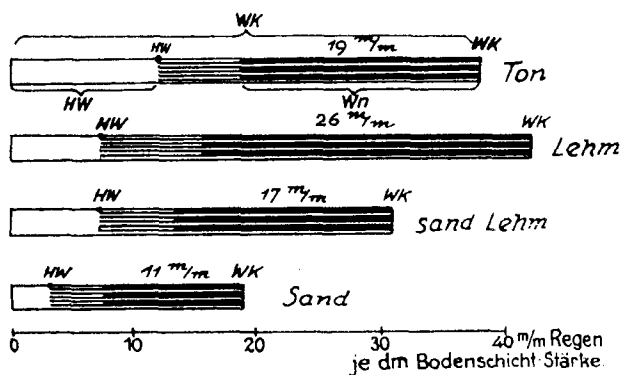


Abb. 2. Wasserkapazität (WK), hygroscopische Feuchtigkeit (HW) und für die Pflanze nutzbares Wasser (Wn).

Auch heute dürfte die vollständige Ausnutzung der Produktionskraft des Bodens durch optimale Anwendung des Handelsdüngers in einzelnen Landstrichen noch auf sich warten lassen, da sich die Landwirtschaft naturgemäß nicht in einem Jahre von der vorausgegangenen Periode erholen kann. Der Durchschnittsertrag wäre bereits 1932 erheblich höher gewesen, wenn die Wirtschaftslage eine andere gewesen wäre. Trotzdem sehen wir wieder, wie z. B. bei Weizen, einen steilen Aufstieg der Produktion. Trotz der außerordentlichen Dürre 1934 ist der Ertrag im Durchschnitt der Jahre 1932/34 höher als der Rekordertrag 1911/13. Unter Berücksichtigung des heutigen Forschungsstandes auf dem Gebiete der physikalischen Chemie ist nun mit einer weiteren Zunahme des durchschnittlichen Ernteertrages je Flächeneinheit zu rechnen. Während durch Krieg, Inflation, unrationelle Wirtschaft und wirtschaftlichen Niedergang der Fortschritt in der Landwirtschaft zu stocken schien, ist die Forschung rastlos weitergeschritten und hat heute bereits einen erheblichen Vorsprung vor der allgemeinen praktischen Anwendung gewonnen.

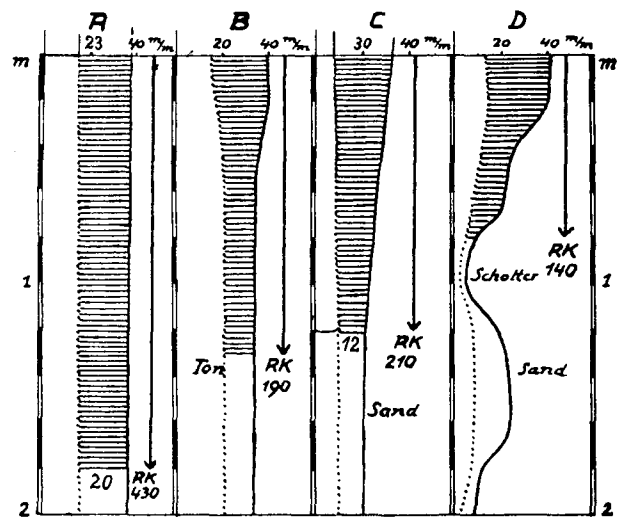


Abb. 3. Nutzare Regenkapazität (RK) verschiedener Bodenprofile.

Da Handelsdünger als wertvolle Ergänzung der Stallmistdüngung in beliebiger Menge vorhanden ist und die Kostenfrage hierfür heute keine ausschlaggebende Rolle spielt, ist die mögliche Ertragssteigerung fast ausschließlich eine Frage des Wasserhaushaltes des Bodens. Die Bodenbearbeitung des Bauern bezieht sich zum erheblichen Teile auf eine rationelle Vorratswirtschaft des Bodenwassers.

Im Wasserhaushalt der Natur versickert nur ein Teil des in den Boden eindringenden atmosphärischen Wassers in den Untergrund, während ein beträchtlicher Teil, soweit er nicht sofort verdunstet oder gar oberflächlich abfließt, im Boden als capillares Wasser zurückgehalten wird.

Von dem Bodenwasser ist die hygroscopische Feuchtigkeit oder das Schwarmwasser für die Pflanzen nicht nutzbar; ebenso ist der träge bewegliche Teil des Capillarwassers für die Pflanze dynamisch ebenfalls nicht erreichbar. Sehera (7) nennt das Fassungsvermögen eines Bodens seine Wasserkapazität WK, die hygroscopische Feuchtigkeit HW und den für die Pflanzen nutzbaren Anteil des Capillarwassers Wn (vgl. Abb. 2) und stellt die Erfahrungsgleichung auf:

$$Wn = 0,75 (WK - HW).$$

Die Beantwortung der Frage, wieviel Regenwasser in nutzbarer Form in der durchwurzelten Bodentiefe aufgespeichert werden kann, ergibt die nutzare Regenkapazität RK des Standortes (vgl. Abb. 3).

Die Unterschiede in der RK der einzelnen Bodentypen sind einmal durch die wasserhaltende Kraft des Bodens, das andere Mal aber durch die Wurzeltiefe bedingt. Selbst für die leichteren Böden des Gaues Kurmark beträgt RK i. M. 200—240 mm Wasserhöhe.

In Abb. 4 ist die Abhängigkeit des Ertrages von der nutzaren Wasserspeicherung im Boden (Regenkapazität)

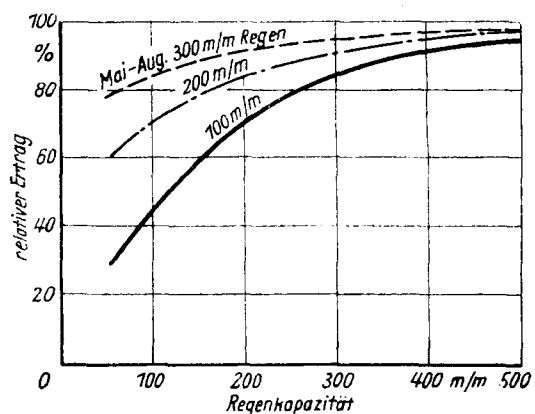


Abb. 4.



Um nun den Einfluß der Pflanzentranspiration auf den Wasserhaushalt der Natur festzustellen, sind die Ernteerträge und Anbauflächen für 1932 in der Tabelle 3 zusammenge stellt.

In Spalte 6 und 7 sind die Erträge in Stroh und Blade nach den Angaben im Landwirtschafts-Kalender für 1934 von O. Mentzel und A. v. Lengerke angenommen; die Trockensubstanzerträge in Prozent des Rohertrages sind geschätzt.

Hiernach ergeben sich die Gesamtanbauflächen ohne Obst usw., jedoch einschließlich des Brachlandes, zu 275 520 km<sup>2</sup> und der Trockensubstanzertrag im Reichsdurchschnitt zu 4,330 bis 4,700 t/ha — i. M. 4,515 t/ha.

Werden die Werte der Spalte 12 in Tabelle 3 mit denjenigen der Tabelle 2 multipliziert, so ergibt das eine Transpirationsmenge der Feldpflanzen von 50,600 Millionen m<sup>3</sup> und eine Transpirationshöhe von

$$\frac{50\,600\,000\,000}{275\,520 \cdot 1000} = 183,7 \text{ mm.}$$

Zur Kontrolle dieser Zahl ist eine andere Rechnung aufgestellt:

Zur Produktion von je 100 kg marktfähigen Ernteerzeugnissen je Hektar gibt *Vageler* (1) in runden Ziffern die folgenden Wassermengen (in Kubikmeter) unter Einrechnung des Verbrauches sämtlicher Pflanzenteile an:

Tabelle 4.

Halmfrüchte (Körner)	Hackfrüchte (Knollen)	Industriepflanzen (Fasern)
Winterweizen 84,5	Kartoffel .... 9,7	Lein ..... 190,0
Sommerweizen 86,7	Zuckerrüben . 14,0	Hanf ..... 170,0
Winterroggen. 90,0	Futterrüben . 5,4	Baumwolle .. 600,0
Sommerroggen 89,9		Sisal ..... 130,0
Gerste ..... 70,9	Futterpflanzen	
Hafer ..... 54,0	(als Heu)	
Mais ..... 51,0	Gräser ..... 50,0	
Hirse ..... 90,0	Kleearten ... 38,0	Genußmittel
Sumpfreis .... 120,0	Mais ..... 42,5	Tee (Blätter) . 300,0
Bergreis ..... 70,6		Kaffee (Bohn.) 400,0
	Industriepflanzen	Mate (Blätter) 500,0
	(Körner)	Kakao (Bohn.) 700,0
	Lein ..... 82,3	Tabak (Blätt.) 80,0
Leguminosen (Körner)	Hanf ..... 133,0	
Erbsen ..... 109,0	Kümmel .... 88,8	
Bohnen ..... 108,0	Mohn ..... 112,0	Waldbäume
Sojabohnen .. 90,0	Raps ..... 82,2	Kiefer ..... 70,0
Lupine ..... 101,0	Sonnenblume 180,0	Eiche ..... 60,0
Erdnüsse .... 100,0	Sesam ..... 110,0	Buche ..... 60,0
	Ricinus .... 176,0	

Werden nun diese Zahlen mit den entsprechenden Werten der Tabelle 3 der Berechnung zugrunde gelegt, so ergibt das eine Transpirationshöhe von 200 mm.

Wird im Reichsdurchschnitt für eine Produktion von 4,515 t/ha Trockensubstanz für die Transpirationshöhe ein Mittelwert von 192 mm angenommen, so ergibt das einen Bedarf von 425 m<sup>3</sup> Wasser je t (also über 20% mehr als die Zahlen der Versuchstation Lichterfelde ausmachen).

Der Einfluß des Waldes kann für Holz nur sehr roh angegeben werden;

In Deutschland beträgt der Ertrag bei

3,6 Millionen ha Laubwald 11,6 Millionen Festmeter und bei  
9,0 „ ha Nadelwald 30,6 „ „ „

Unter Zugrundelegung des Gewichts von

1 Festmeter Buchen	zu 800 kg
1 „ Kiefern	„ 700 „
1 „ Eichen	„ 900 „

ergibt sich eine Transpirationshöhe von 164 mm für Laub- und 166,7 mm für Nadelwald.

Diese Zahlen beruhen nur auf einer äußerst vagen Schätzung. Unter Einrechnung der sommerlichen hohen Oberflächenverdunstung des Laubes kann aber wohl mit einer gesamten Laubverdunstung von mindestens 200 mm gerechnet werden.

Für eine Bilanz der Haushaltswirtschaft des Wassers ist zunächst eine Schätzung des durchschnittlichen Jahresniederschlags, des Abflusses und der Verdunstung für das Reichsgebiet anzustellen.

Nach *Hellmann* (11) betrug die Niederschlagshöhe für das Reichsgebiet vor 1918 690 mm gegenüber 638 mm für Preußen und 830 mm für Süddeutschland. Die Jahresniederschlags- und Abflußhöhe für das heutige Reichsgebiet konnte auf Grund einer ausführlichen Tabelle von *Karl Fischer* (12) geschätzt werden. Für die wichtigsten Stromgebiete sind die Werte in Tabelle 6 enthalten, wobei fehlende Angaben für die Niederschlagshöhe auf Grund der Angaben von *Hellmann* für die preußischen Provinzen geschätzt werden mußten und die Abfluß- und Verdunstungshöhe unter Benutzung der Gleichung von *Keller* für das Durchschnittsverhalten  $A = 0,942 N - 405$  eingesetzt wurden.

Es ergibt sich der Jahresabfluß zu  $A = 260$  mm, die Verdunstung zu  $V = 442$  mm und der Niederschlag zu  $N = 702$  mm.

Tabelle 5.

Zusammenstellung der Niederschlagshöhen, Verdunstung und Abfluß der Stromgebiete in Deutschland.

Nr.	Fluß- oder Gebietsname	Flächen- größe km <sup>2</sup>	Nieder- schlag mm	Abfluß		Verdunstung		Abweichung vom Durch- schnitt nach <i>Keller</i> mm	Bemerkungen
				Höhe mm	Menge Mill. m <sup>3</sup>	Höhe mm	Menge Mill. m <sup>3</sup>		
1	Pregel .....	13600	580	154	2,094	426	5,794	+13	Die Einzugsgebiete der Hauptströme vgl. auch die Tafel auf Abb. 6.
2	Oder oberhalb der Warthe	53756	678	179	9,630	499	26,824	—55	
3	Elbe bei Artlenburg (1851/90) .....	134900	601	158	21,314	443	59,761	— 3	Für die 12 preußischen Provinzen vor 1914 betragen die Jahresniederschlagshöhen n. <i>Hellmann</i> : Ostpreußen ..... 608 mm Westpreußen ..... 536 mm Posen ..... 509 mm Brandenburg ..... 554 mm Pommern ..... 610 mm Schlesien ..... 666 mm Hannover Gebirge 775 695 mm Flache 680 Schleswig-Holstein .... 714 mm Rheinprovinz (Rechte Rhpr. 887) 767 mm Westfalen (Westf. Süd Essen 947) .. 807 mm
4	Böhm. Elbe bei Tetschen	51000	692	192	9,792	500	25,500	—55	
5	Weser .....	45253	717	264	11,942	453	20,454	+ 6	
6	Ems unterhalb der Hase	8200	729	275	2,255	454	3,723	— 7	
7	Rhein bis einschl. Bodensee Konstanz	11000	1376	908	9,988	468	5,148	+17	
8	Thur bei Andelfingen	1696	1356	965	1,637	391	0,665	+93	
9	Mosel: Ausländ. ... Inländ. ....	18922	764	334	6,320	430	8,136	+19	
10	Rhein oberhalb Köln	144300		472	68,009	439	63,348	+19	
11	Ruhr b. Hohensyburg	3454	820	388	1,340	432	1,492	+15	
12	Lippe bei Dorsten..	4495	796	306	1,375	490	2,202	—39	
13	Donau bei Vilshofen.	47674	838	402	19,165	436	20,786	+18	

Tabelle 6.  
Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in einigen Stromgebieten Deutschlands.

	Deutschland mit Saargebiet 470680 km <sup>2</sup>			Havel bei Rathenow 19500 km <sup>2</sup>			Elbe bei Artlenburg 134900 km <sup>2</sup>			Weser unterhalb Aller 37900 km <sup>2</sup>			Oder bei Pollenzig 47293 km <sup>2</sup>		
	So	Wi	Jahr	So	Wi	Jahr	So	Wi	Jahr	So	Wi	Jahr	So	Wi	Jahr
N			702	342	229	571	361	240	601	395	322	717	427	250	677
A			260	50	73	123			158	88	176	269	85	97	182
V	367	75	442	372	76	448*)	368	75	443	376	77	453	411	84	495
				377	77	454**)									

\*) nach Fischer.

\*\*) nach Köhne.

Zum Vergleich mit diesen allgemeinen Durchschnittswerten des Gesamtgebietes sind in Tabelle 6 die Jahres- und Halbjahreswerte für N, A und V für einige Stromgebiete zusammengestellt.

Für die durchschnittliche Halbjahresverdunstung wurde nach Fischer (13) mit 83% für den Sommer (Mai bis Oktober) und 17% für den Winter gerechnet, entsprechend den Lysimeterversuchen von Seelhorst-Köhne und Mayr.

Werden die Transpirationszahlen für Land- und Forstvegetation von 192 bzw. 200 mm entsprechend den Flächenanteilen auf das Reichsgebiet bezogen, so ergibt sich aus der Bedingung, daß die Gesamtverdunstung  $V = 442$  mm betragen muß, und unter Berücksichtigung der Verdunstung von offenem Wasser mit etwa 800 mm eine mittlere Oberflächenverdunstung für das feste Land von 262 mm Höhe.

In Tabelle 7 sind nun die Einzelwerte der Verdunstung für die vorgenannten Stromgebiete zusammengestellt. Es ergibt sich eine Übereinstimmung der Ergebnisse mit den bekannten Zahlen für das Havel- und das gesamte Elbegebiet, während das Weser- und Odergebiet Abweichungen aufweisen.

Diese Übereinstimmung wird noch sichtbarer durch die getrennte Aufführung der Winter- und Sommerverdunstung. Hierbei wird die Annahme gemacht, daß die Wintertranspiration für die Monate November—April nur 5% der Jahrestranspiration beträgt, während die Oberflächenverdunstung für Land im Winter etwa zu 25% ihrer Jahreshöhe angenommen ist. Bindemann hatte am Grimnitzsee bei 939 mm Jahresverdunstung 24,2% für die Winterverdunstung gefunden. Die Richtigkeit dieser Zahlen wird neuerdings von Friedrich angezweifelt, welcher (17) bei Sehnde (Mittellandkanal) eine Jahresverdunstung von 635 mm und den Winteranteil zu 29% fand. In Tabelle 7 ist die Verdunstungshöhe an offenen Gewässern daher mit 800 mm angenommen und der Winteranteil zu 28%.

Die Abweichung für das Wesergebiet von 5,7% erklärt sich z. T. daraus, daß die Zahlen der Tabelle 6 für das Einzugsgebiet bis unterhalb der Aller mit zusammen 37900 km<sup>2</sup> gelten, während die Tabelle 7 sich auf das Gesamtgebiet mit 44500 km<sup>2</sup> bezieht. Nun aber weist gerade der Unterlauf der Weser den großen Anteil an Unland auf, welches 15% des Gesamtgebietes ausmacht, was die niedrigere Zahlenangabe der Tabelle 7 z. T. bewirken mag. Da sich die Differenz fast ausschließlich auf die Sommerverdunstung bezieht, darf man

schließen, daß die Transpiration hier einen höheren Betrag gegenüber dem angenommenen Durchschnittswert ausmacht, was durch die höheren Ernteerträge des Weserlandes gegenüber dem Durchschnitt seine Begründung findet. Die höheren Abweichungen des Odergebietes von fast 11% mögen z. T. in den Sommerüberschwemmungen und den hierbei beobachteten hohen Verdunstungen, z. T. aber auch in den noch ungeklärten Sickerverlusten der Oder ihre teilweise Begründung finden.

Ein Mangel in der Darstellung der einzelnen Verdunstungsfaktoren nach Tabelle 7 ist, daß sowohl die Ernteerträge als auch die Anbauflächen der Fruchtarten für die einzelnen Stromgebiete entsprechend dem Reichsdurchschnitt angenommen sind, obgleich diese Werte von Fall zu Fall verschieden sein dürften. Desgleichen ist die Oberflächenverdunstung auf Unland, Wiese oder Wald gegenüber dem Mittelwert von 262 mm sehr verschieden.

Tabelle 7 bezweckt aber nur, einmal den Einfluß der Vegetation im Haushalt der Natur zu demonstrieren, zum andern die Bedeutung der rechnerischen Erfassung dieser Faktoren nachzuweisen, und soll schließlich ein Bild der unter gewissen Bedingungen zu erwartenden Entwicklung im Wasserhaushalt ermöglichen. Und diesen Zwecken genügen die Annahmen, da im Augenblick eingehendere Unterlagen nicht erreichbar sind.

Um sich nun ein Bild von der zukünftigen Entwicklung des Wasserhaushalts zu machen, muß man von der zu erwartenden Zunahme der Anbaufläche als auch der Einheitsproduktion ausgehen.

Von der Reichsstelle für Arbeitsdienst werden die wohl vornehmlich für die Land- und Forstwirtschaft zu leistenden Tagewerke auf 10 Jahre für 1 Million Mann angegeben.

Und zwar werden genannt:

- 2 Millionen Hektar Moorflächen zu entwässern und zu besanden,
  - 1 Million Hektar Sandheiden zu mengen,
  - 1 Million Hektar Überschwemmungsland zu schützen,
  - 5 Millionen Hektar Umlegungen,
  - 8—10 Millionen Hektar Gelände zu entwässern und Wiesen zu verbessern;
- dazu sieht das Reichsernährungsministerium ein Programm für 2,2 Millionen Hektar Aufforstungen — darunter 1000000 ha Ackerland und 800000 ha Ödlandaufforstung — vor.

Tabelle 7.

	V Verdunstg. der Teilfläch.		Reichsgebiet Verdunstg. i. mm Höhe			Spree-Havel-Geb. Verdunstg. i. mm Höhe			Elbe Verdunstg. i. mm Höhe			Weser Verdunstg. i. mm Höhe			Oder b. Pollenzig Verdunstg. i. mm Höhe		
	Jahr in mm	Wi.- Ant. %	Fl.- Ant. in %	Jahr	Wi.- halb- jahr	Fl.- Ant. in %	Jahr	Wi.- halb- jahr	Fl.- Ant. in %	Jahr	Wi.- halb- jahr	Fl.- Ant. in %	Jahr	Wi.- halb- jahr	Fl.- Ant. in %	Jahr	Wi.- halb- jahr
Transpi- ration	192	5	62,7	120,3	6,0	54	103,5	5,2	64,7	124	6,2	59,7	114,4	5,7	64,9	124,30	6,2
Landesvegetat. Waldvegetation	200	5	27,2	54,4	2,7	37	74	3,7	27,3	54,6	2,7	24,9	49,8	2,5	28,6	57,20	2,8
Obfl.-Verdunstg. Land ..	262	24,7	99	259,3	64,1	97,8	256,2	63,3	99,4	260,4	64,3	99,8	261,5	64,6	100	262	64,8
„ „ Gewäss.	800	28	1	8,0	2,2	2,2	17,6	4,9	0,6	4,8	1,3	0,2	1,6	0,5			
Sa.				442	75		451,3	77,1		443,8	74,5		427,3	73,3		443,50	73,8
Vergleichszahl V nach Tabelle 6 .....		17		442	75		451	76,5		443	75		453	77		495	84



Es wird somit ein erheblicher Teil des Ödlandes kultiviert werden und allein hierdurch eine landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Ertragssteigerung von 15—20% zu erwarten sein.

Nach der Reichsstatistik nehmen Ödland, Unland, Wege, Häuser usw. 9,1% der Reichsgebiete in Anspruch, im Wesergebiet 15,2%, im Spree-Havelgebiet 6,8%, im Elbegebiet 7,48% und in Schlesien über 6,5%. In späterer Zukunft werden voraussichtlich mindestens 50% dieser Flächen in Kultur gebracht werden. Für die nun folgende Überlegung ist angenommen worden, daß die Zunahme der Kulturfäche sich nur auf Wald bzw. Baumpflanzungen erstrecken möge, während die landwirtschaftlich genutzte Fläche im großen und ganzen die heutige Größe beibehalten soll.

Um den Einfluß einer Intensivierung der landwirtschaftlichen Erzeugung zu verdeutlichen, sei nun die Annahme gemacht, daß die Transpiration der Altkulturen allmählich um durchschnittlich 140 mm, entsprechend einer Produktionssteigerung von  $\frac{140 \cdot 10}{425} = \text{rd. } 3,3 \text{ t/ha}$  Trocken-

substanz (Korn und Stroh), also auf 7,80 t/ha gewachsen sei. Diese Zunahme der Transpiration würde auf die einzelnen Stromgebiete ausgebreitet einer Wasserhöhe von 77—91 mm entsprechen. Nun ist diese Steigerung der Produktion nur bei Durchführung geeigneter betriebswirtschaftlicher Maßnahmen zur Verminderung der Bodenverdunstung möglich, auch hört bei mit Pflanzen bedecktem Feld, durch Beschirmung, sowie Sättigung der Luft mit Wasser über dem Boden und Behinderung des Windzutrittes die Verdunstung von selbst auf. Nach Alten ist ein Rückgang der Bodenverdunstung bei optimaler Produktionssteigerung bis zu 30% zu erwarten. Diese Zahl würde also die Mehrtranspiration z. T. ausgleichen; sie soll in der Folge zu 50% der Transpirationszunahme angenommen werden. Schließlich muß eine über  $\frac{2}{3}$  der Fläche des ganzen Reichsgebiets verteilte Mehrverdunstung auch einen gewissen Einfluß auf die Niederschläge haben.

Die durch Zufuhr feuchter Luft von außerhalb (Meereszufuhr) gespeiste Atmosphäre eines Niederschlagsgebietes scheidet infolge des Aufsteigens der Luftmassen aus dem Gebiete (Landverdunstung) durch Kondensation einen Teil der Feuchtigkeit als Niederschlag aus. Die Zufuhr von außerhalb entspricht im langjährigen Mittel dem Abfluß der Wasserläufe, d. h. die Meereszufuhr  $M = A$ . Tatsächlich entweicht aber ein Teil der zugeführten Wassermenge, ohne sich niederzuschlagen. Desgleichen entweicht, wie Keller, Fischer und andere Autoren nachgewiesen haben, auch ein erheblicher Teil der landverdunsteten Wassermenge, um sich in benachbarten Gebieten an Erhebungen niederzuschlagen, oder weiter fortgeführt zu werden. Immerhin soll nun die Annahme zugelassen werden, daß der Verdunstungsverlust, welcher durch intensivere Transpiration entsteht, zur Hälfte durch Vermehrung der Niederschlagshöhe ausgeglichen wird.

Es würden sich sodann nachstehende Veränderungen der heutigen N-, A- und V-Zahlen ergeben:

Tabelle 8.

	Niederschlags- höhe mm	Zu- bzw. Abnahme der Verdunstungs- höhe mm	Abflußhöhe mm
Reichsgebiet	+ 24	+ 48	— 24
Havel.....	+ 21	+ 42	— 21
Elbe.....	+ 22	+ 44	— 22
Weser.....	+ 26	+ 53	— 27
Oder.....	+ 24	+ 48	— 24

Trotzdem nun die Verdunstung nur im Sommer zunimmt, braucht nicht die ganze Abflußabnahme auf den

Sommer zu fallen, da ja der Abfluß ohnehin aus der Winter-rücklage gespeist wird. Andererseits ist die Hoffnung auf eine Zunahme der Niederschläge nur für den langjährigen Durchschnitt berechnet, nicht aber für Dürreperioden wie 1904, 1911 und 1934, in denen sich die landverdunstete Wassermenge während längerer Dauer nicht niederschlägt, sondern in alle Windrichtungen verflüchtigt. In solchen Trockenperioden muß sich die Hoffnung auf einen auch nur teilweisen Ausgleich der Mehrverdunstung als Fehlspekulation erweisen, wie es der Verlauf des Sommers 1934 einem jeden eindringlich vor Augen geführt hat. Nun sind die Sommerabflüsse der deutschen Ströme bereits sehr gering, wie das Beispiel der Havel zeigt, welche, wie bereits dargelegt, im Sommerhalbjahr 50 mm, in Dürrejahren aber nur 2 mm monatlich abführt. Daher würde schon ein Bruchteil der in Tabelle 7 aufgeführten Abflußminderungen genügen, um die meisten Ströme während der sommerlichen Dürre zum Erliegen zu bringen. Selbst die Oder mit einer Sommer-Abflußhöhe von 98 mm ist nur scheinbar besser gestellt. Stellen sich doch an ihr nach Abfluß der Hochwässer die schlimmsten Wasserklemmen ein.

Selbst wenn wir mit der um 18% geringeren Einheits-transpiration von 350 m<sup>3</sup>/t Trockensubstanzertrag rechnen, so zeitigt diese — in die Zukunftsbilanz eingesetzt — kein wesentlich anderes Ergebnis, da die Abflußhöhe sich hierbei nur um 3—4 mm günstiger stellt.

Daß wir uns in einer in der vorausgesagten Richtung liegenden Verschiebung der Niederschlags- und Abflußverhältnisse bereits seit Einführung der modernen Kunstdüngerwirtschaft befinden, scheint aus den Untersuchungen von W. Sperling (16) hervorzugehen. Bei einem Vergleich der jährlichen Niederschlagshöhen von 11 norddeutschen Städten (von Lüneburg bis Tilsit) ergaben sich allgemein seit 1856 die nachstehenden Veränderungen:

Tabelle 9.

Nr.	Beobachtungsstellen	Jahresniederschlagshöhen (nach W. Sperling) in mm in den Zeitabschnitten			
		1856/75	1856/78	1879/95	1896/1930
1	Tilsit .....	667	677	677	734
2	Königsberg .....	578	593	688	710
3	Köslin .....	631	629	722	741
4	Görlitz .....	607	621	669	720
5	Frankfurt a.d. O. ...	492	490	539	536
6	Stettin .....	490	496	543	561
7	Torgau .....	493	496	558	546
8	Halle .....	466	464	529	519
9	Göttingen .....	541	549	552	615
10	Hannover .....	559	568	601	648
11	Lüneburg .....	582	595	611	623
	Mittel	554	562	608	632

Während die Mittelwasserstände der Flüsse von 1856 bis 1930 zum Teil zunahmen, nahmen die Niedrigwasserstände in der gleichen Zeit ab. Die Frage, ob diese Verschiebungen allein aus Klimaschwankungen, Meßfehlern und Bettveränderungen der Flüsse zu erklären sind, oder welche Rolle hierbei schon die steigende landwirtschaftliche Produktion spielt, bedarf noch einer näheren Klärung.

Die Folgerungen, die sich aus dem allen ergeben, liegen zunächst auf dem Gebiete der Planung und Forschung.

Die Bereitstellung von neuen Talsperrenräumen für die mannigfaltigen Zwecke der Wasserwirtschaft wird sich immer wieder als nicht ausreichend erweisen, wie sich das bereits in der jüngsten Vergangenheit ergeben hat, wenn nicht dem Gang der landwirtschaftlichen Entwicklung Rechnung getragen wird. In der nächsten Zukunft, längstens im Laufe dieses Jahrhunderts, wird die starke zu er-

wartende landwirtschaftliche Ertragssteigerung den sommerlichen Abfluß der deutschen Flüsse stark beeinträchtigen.

Ganz abgesehen von den kleineren Wasserklemmen in den Jahren 1912, 1913, 1921, 1929 und 1930 sind die außerordentlichen Dürrejahre 1904, 1911 und 1934 für die Landwirtschaft keine Katastrophenjahre gewesen, wie es die Ernteerträge nach Abb. 1 eindeutig beweisen, dagegen waren es Katastrophenjahre für die Verkehrswasserwirtschaft. Selbst trotz der beispiellosen Regenarmut des Sommers 1934, welchem dazu noch ein besonders trockener Winter vorausgegangen ist, liegen die durchschnittlichen Ernteerträge nach Abb. 3 über den Erträgen des Jahres 1930 bzw. 1931, während gerade im Jahre 1934, nach Verlautbarung aus der Preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde, die Wasserstände der offenen Wasserläufe und stehenden Gewässer wesentlich unter dem bisher bekannten Tiefstand lagen.

Der Grund hierfür liegt darin, daß die Pflanzen ihren Bedarf aus der Bodenfeuchtigkeit bis zur nutzbaren Wurzeltiefe (bei einjährigen Pflanzen 1,20–2,50 m Tiefe) decken, bei hohem Grundwasserstand jedoch direkt aus dem Capillarsaum des Grundwassers. Nun werden die Niederungsströme im Sommer in der Regel nur aus dem im Laufe des Winters aufgespeicherten Grundwasservorrat gespeist, da die Verdunstung hier größer ist als die Summe aus Niederschlag und Abfluß (vgl. Tabelle 5). Durch die hohe Transpiration wasserfressender Niederungsgräser entsteht aber eine Absenkung des Grundwasserspiegels, welcher dann wie an der Havel- und Oderniederung bisweilen sogar unter dem Flußwasserspiegel liegen kann. In solchen Fällen können selbst künstlich gespeicherte Zuschußwassermengen in der trockenen Jahreszeit nicht die erhoffte Erhöhung des Flußwasserstandes bringen, da das Zuschußwasser vom porösen Untergrund aufgenommen wird und zunächst der Erhöhung des Grundwasserstandes dient. Allgemein ist der vom Grundwasser ausgefüllte Raum gleich den natürlichen Seen als der von der Natur bereitgestellte Speicherbehälter anzusehen, in welchem das in der nassen Jahreszeit anfallende überflüssige atmosphärische Wasser gesammelt wird, das in der trockenen Jahreszeit den Flüssen zugeführt werden kann.

Will man nun zur Erzielung bzw. Erhaltung einer gewissen Mindestwasserführung in den deutschen Strömen Speicherräume durch Talsperren dergestalt schaffen, daß in den 4 Haupt-Vegetationsmonaten eine durchschnittliche Zuschußwasserspense von 1 l/s.km<sup>2</sup> gesichert ist, was einer über das Reichsgebiet ausgebreiteten Gesamtwasserhöhe von 10,4 mm entspricht, so müßten diese Speicherräume einen Inhalt von 4,9 Milliarden Kubikmeter haben, also die heutigen Talsperren von 1,3 Milliarden Kubikmeter Fassung etwa vervierfacht werden.

Zu diesem Bedarf sind noch die bei Einführung der künstlichen zusätzlichen Wiesen- und Ackerbewässerung für Trockengebiete erforderlichen Speicherräume hinzuzuzählen.

Besonders bewässerungsbedürftig sind die Niederungsgebiete, da die Regenhöhe allgemein mit der Lage über dem Meeresspiegel zunimmt. Geht man nach *Wollmann* von einer erforderlichen jährlichen Regenhöhe von 660 mm aus, so würden die meist unter 300 m über NN gelegenen Gebiete besonders für die Bewässerung in Frage kommen. Daß dieses nur sehr bedingt zutrifft, beweist ein Blick auf die Regenkarte von *Hellmann*, da die Kondensationsbedingungen von der Zugänglichkeit eines Gebietes für die feuchten Meereswinde, als auch von seiner Lage und der vorherrschenden Windrichtung abhängen (vgl. auch Abb. 6).

*Oehler* (15) nimmt mit *Freckmann* an, daß nur  $\frac{1}{4}$  der bewässerungsbedürftigen Flächen von 11 Millionen Hektar in Deutschland infolge günstiger Lage bewässert werden können,

d. h. also etwa 2,7 Millionen Hektar, und errechnet hierfür einen Bedarf an Speicherräumen von 5,4 Milliarden Kubikmeter. Zu diesem Bedarf ist noch ein Zuschlag für Sicker- und Verdunstungsverluste infolge Aufspeicherung und Zuleitung des Wassers von etwa 20 % zu machen. Daß die technischen Schwierigkeiten, welche der Schaffung so großer Speicherräume entgegenstehen, gewaltige sind, liegt auf der Hand. Zudem ist die Annahme auf der Voraussetzung der allgemeinen Einführung der künstlichen Beregnung aufgebaut. Sie ist jedoch mit Rücksicht auf die hohen Anlage- und Betriebskosten und weil Schwierigkeiten physiologischer Natur bestehen, heute noch nicht so weit erforscht, daß man sie bedingungslos empfehlen könnte.

Die künstliche Beregnung ist eine Inflationsgeburt und heute mit verschwindenden Ausnahmen nur auf Deutschland beschränkt. Trotz einer lebhaften Propaganda beschränkt sich ihr Anwendungsgebiet in Deutschland auf höchstens 0,05 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Die zusätzliche Bewässerung hat jedoch im großen in Deutschland nur Aussicht auf Erfolg, wenn sie mit den billigsten Mitteln durchgeführt wird. Es müssen daher alle unwirtschaftlichen Anlagen vermieden werden, welche geeignet sind, die Technik zu einer Geißel für den Landwirt zu machen. Statt dessen würde aber bei ausschließlicher Einführung der Berieselung — selbst auf rationellster Grundlage — der Wasserbedarf gegenüber der Annahme von *Oehler* (80 mm für Äcker und 300 mm für Dauerfutterflächen) infolge der ungleichmäßigen Beschickung wesentlich wachsen.

Eine dritte Möglichkeit besteht nun darin, das Grundwasser durch Anreicherung mit überschüssigem Winterwasser der Ströme so zu heben, daß es von den Pflanzenwurzeln erreicht werden kann. Überall da, wo es in Niederungsgebieten gelingt, den Grundwasserstand etwa auf 1,00–1,50 m unter Geländeoberkante zu erhöhen oder zu halten, ist die ideale Bewässerungsmöglichkeit gegeben.

Durch die Erhöhung des Grundwasserstandes können die Pflanzenwurzeln ihren Bedarf jederzeit decken, ohne daß der größte Teil der künstlichen Anreicherung durch Bodenverdunstung verlorengeht. Während der Vegetationszeit muß lediglich darauf gesehen werden, daß der Grundwasserstand gehalten wird. Die in Dürreperioden zu ersetzende Wassermenge entspricht dann der zur Steigerung des Ertrages erforderlichen Transpirationsmenge, sowie der zum Vorfluter abfließenden Grundwassermenge, welche jedoch die für den Flußlauf so notwendige Zuschußwassermenge für seine Niedrigwasseranreicherung darstellt.

In welcher Weise die Natur sich der unterirdischen Speicherung für ihre Vorratswirtschaft bedient, geht aus der Mitteilung von *Köhne* hervor, wonach in den nassen zwanziger Jahren ein Grundwasseranstieg von durchschnittlich 1,50 m in Deutschland beobachtet wurde, was einer Wassersäule von 300 mm entspricht. Diese Vorratsmenge, welche in ganz Deutschland die gewaltige Summe von 141 Milliarden Kubikmeter ausmacht, ist im Laufe der letzten Trockenjahre allmählich zur Deckung eines gewissen Feuchtigkeitsdefizits verbraucht worden. *Köhne* schätzt, daß die Kulturpflanzen aus dieser unterirdischen Sparbüchse rund 25 Milliarden Kubikmeter zur Deckung ihres Fehlbetrages entnommen haben, und zwar ohne den Anteil der Wälder. Der Hauptanteil dieser Speicher-menge ist den Flüssen zugute gekommen. Wenn man bedenkt, daß der Inhalt unserer gesamten Talsperren über das ganze Reich ausgebreitet eine Wasserschicht von nur 3 mm Höhe (oder im Grundwasser von nur 1,5 cm) ergeben würde, dann dämmert wohl die Erkenntnis, daß wir bisher durch die einseitige Absenkungswirtschaft des Grundwasserstandes allorts ungeheure Wasserreservoirs verloren haben. Hier ist der Weg für den Einsatz der Technik von der Natur vorgezeichnet.

Wenn es gelingt, die Methode der Bewässerung durch Grundwasseranreicherung etwa nach holländischem Vorbild im großen durchzuführen, so kann hierdurch infolge Inanspruchnahme des Untergrundes als Speicherbecken er-



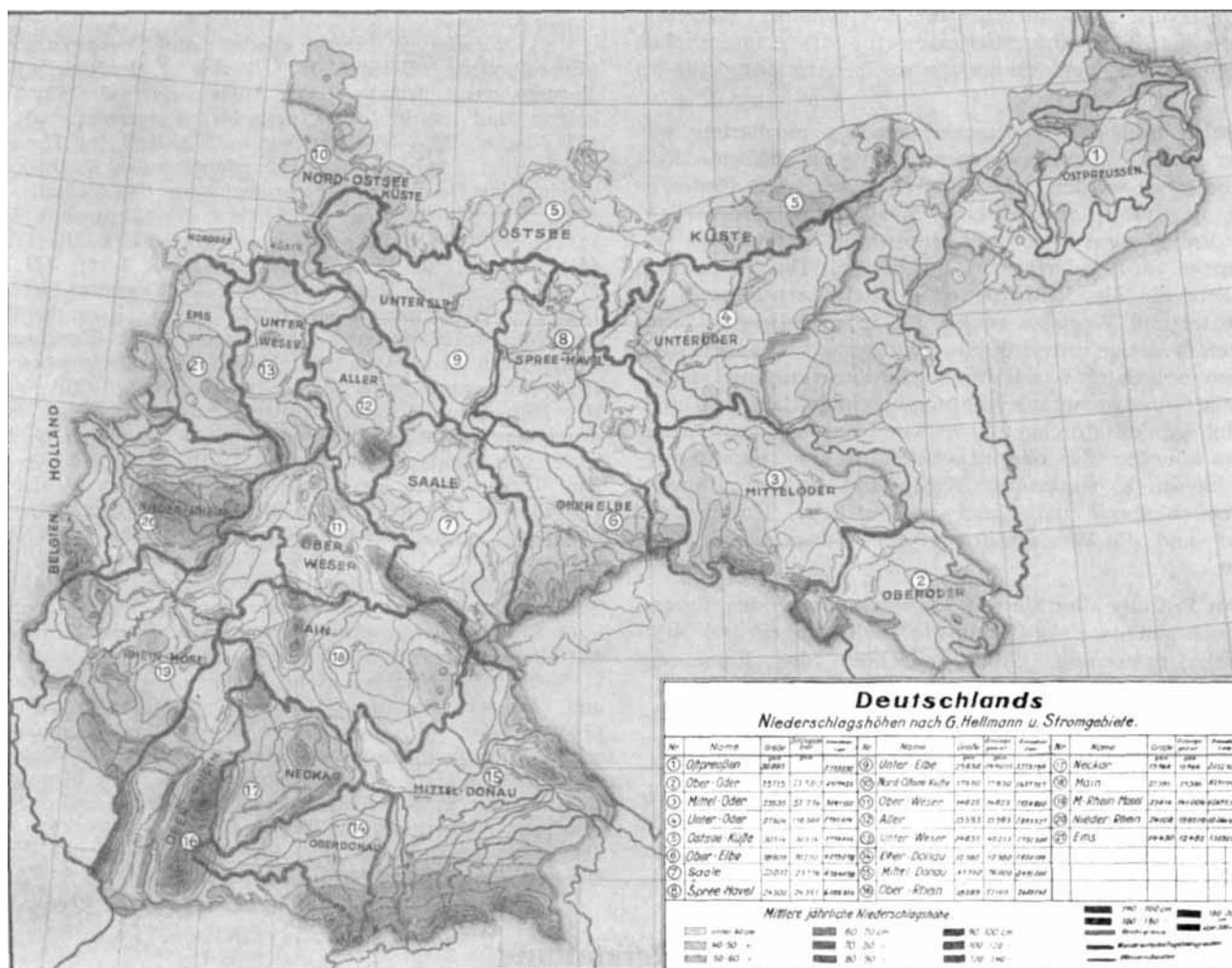


Abb. 6.

heftlich an oberirdischen Stauräumen gespart werden. Die zur Erhöhung des Grundwasserstandes dienenden Anlagen sind Weiher, Bewässerungsgräben, wie sie der Landwirt bereits für den Wiesen-Grabenstau allgemein anwendet, Schöpfwerke, Kanäle. Hier ergeben sich nun aber zwanglos Lösungen für eine Reihe weiterer Fragen. So z. B. schafft die Methode der Grundwasseranreicherung, welche hier nur von einer Seite aus gestreift ist, ohne Zweifel alle Voraussetzungen für die Lösung der mannigfaltigen wasserwirtschaftlichen Aufgaben für die Durchführung des deutschen Siedlungswerkes. Die wasserwirtschaftliche Planung kann infolge der Fülle der zu lösenden Aufgaben jedoch nur einheitlich gelöst werden. Einheitliche Ziele erfordern einheitliche Durchführung. Es gilt in unserem Zeitalter der Chemie, wie auf anderen Gebieten so auch hier, den Stoff gleichmäßig zu verteilen und vermeidbare Verluste auszumerzen. Diese Planung kann daher nur durch Einteilung des Reichsgebiets nach Stromgebieten erfolgen, wie es für die Forschung ja auch schon bisher nicht anders möglich war (Abb. 6).

Diese Forschung kann aber nicht in isolierten Teilgebieten mit nur geringer Fühlungnahme der Teile untereinander erfolgen, sondern nur durch einheitliche Arbeit der einzelnen Fachgebiete an der Lösung der gesamten Fragenkomplexe. Hier wird man sich aber darüber klar werden müssen, daß die Zukunft der deutschen Wasserwirtschaft sehr erheblich — wenn auch indirekt über die Landwirtschaft — von der Physikalischen Bodenchemie, Agrikulturchemie, Wasserhygiene und Geologie beeinflußt werden wird.

### Zusammenfassung.

Wenn nun heute aus der Notwendigkeit heraus, die landwirtschaftlichen Belange in der Wasserwirtschaft mehr als bisher zu berücksichtigen, gefordert wird, daß die gesamte wasserwirtschaftliche Planung von landwirtschaftlicher Seite aus geleitet werden müsse, so besteht hier die Gefahr einer einseitigen Lösung der wasserwirtschaftlichen Belange. Nur für besonders trockene Niederungsgebiete und Anbauflächen mit hochwertigen Pflanzen ist künstliche Bewässerung erforderlich. Im großen und ganzen ist der Wasserhaushalt der Pflanze aus den natürlichen Niederschlägen zu decken. Die Landwirtschaft kann ihren Wasserbedarf durch eine bessere Wasserausnutzung befriedigen und durch optimale Wasserausnutzung ihren Ertrag wesentlich steigern. Hierdurch ist aber ein erheblicher Abflussausfall der sommerlichen Niedrigwasserführung der deutschen Ströme zu erwarten.

Die Aufgaben der Wasserwirtschaft bestehen also zum großen Teil darin, im Sommer Ersatzwasser zur Speisung der Ströme zu beschaffen, um sie vor dem Versiegen zu bewahren, d. h. den durch die Landwirtschaft indirekt verursachten Wasserverlust zu ersetzen.

Hier beeinflußt also nicht die Wasserwirtschaft die Landwirtschaft, sondern umgekehrt. Andererseits ist die Landwirtschaft auf die Wasserwirtschaft angewiesen:

1. zur Entwässerung nasser Ländereien,
2. zur Deckung des notwendigen Wasserbedarfs in besonders trockenen Notjahren.

Da solche Notjahre aber oft nacheinander auftreten, so sind die Kapitalinvestitionen für die erforderlichen ungeheuren Talsperrenräume für solche Ausnahmefälle zu groß.

Daher muß der Untergrund zur Aufspeicherung von Wasser durch Grundwasseranreicherung in großem Maße herangezogen werden. Hierfür ist zwar der fünffache Raum gegenüber oberirdischer Speicherung erforderlich; dieser Raum steht aber im Untergrunde in praktisch unbegrenzter Größe hierfür zur Verfügung. Die Forschung, vor allem die der Bodenkunde, hätte hier anzusetzen, um Mittel und Wege zu zeigen, wo in natürlichen Stromgebieten derartige unterirdische Stauräume vorhanden sind, und wo sich landwirtschaftliche Bewässerung und systematische Grundwasseranreicherung vereinigen lassen. Durch eine im großen durchgeführte Anreicherung des Grundwassers könnten also oberirdische Stauräume gespart werden, hierdurch wertvolles Kulturland und Siedlungen erhalten bleiben, der landwirtschaftliche Ertrag gesteigert und die Wasserführung der Flüsse ausgeglichen werden.

Zur Prüfung aller hiermit zusammenhängenden Fragen ist jedoch genaue Erforschung der Bedingungen und Möglichkeiten notwendig. Alle Teilgebiete der Forschung müssen daher vereinheitlicht werden, desgleichen die Planung, damit sie nicht durch Förderung einzelner Berufsstände oder Interessengruppen, sondern vom einheitlichen volkswirtschaftlichen und siedlungspolitischen Standpunkte aus durchgeführt werden kann. Hier müssen sich Agrikulturchemie, Technik, Meteorologie und Landwirtschaft die Hand reichen, um nach einheitlichen Richtlinien für die Allgemeinheit zu forschen.

#### Literaturübersicht.

- (1) *Vageler, P.*, Der Kationen- und Wasserhaushalt des Mineralbodens. Berlin 1932. Verlag J. Springer.
- (2) *Regierungsbaudirektor Momber*, Der Ausbau der Oder für Landwirtschaft und Schifffahrt. Deutsche Wasserwirtschaft 1934.
- (3) *Fischer, K.*, Niederschlag und Abfluß im Havel- und Spreengebiet. Anhang zum Jahresbericht des Berliner Zweigvereins der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft. Berlin 1913.
- (4) Statistische Jahrbücher des Deutschen Reiches 1880—1934.
- (5) Wirtschaft und Statistik 1934. Heft 17.
- (6) Beilage zu „Ernährg. d. Pflanze“ 1/15. III. 1918.
- (7) *Sehera*, „Die Düngebemessung in Trockengebieten“. — Ernährg. d. Pflanze. 15. 1. 32.
- (8) *Sehera*, Über die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanze. Die Ernährung der Pflanze. 15. 2. 1933.
- (9) *Köhne, W.*, Grundwasserkunde 1928. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- (10) *Friedrich, W.*, Messungen der Verdunstung vom Erdboden. Sonderdruck aus deutscher Forschung.
- (11) *Hellmann, G.*, Regenkarte von Deutschland. Berlin 1919.
- (12) *Fischer, Karl*, Die durchschnittlichen Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa. Sonderdruck der Zeitschrift des deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverbandes. Jahrgang 1921.
- (13) *Fischer, Karl*, Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Wesergebiet.
- (14) *Keller*, Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. — Besondere Mitteilungen Band I, Nr. 4 (Landesanstalt für Gewässerkunde.) — Berlin 1906, Mittler u. Sohn.
- (15) *Oehler, Th.*, Bewässerung und Wasserwirtschaft. Deutsche Wasserwirtschaft 1934.
- (16) *Sperling, W.*, Langjährige Wasserstands- und Abflussschwankungen in deutschen Flüssen. Deutsche Wasserwirtschaft 1934, Heft 8.
- (17) *Friedrich, W.*, Die Messung von Verdunstung vom Mittellandkanal an der Sehnde. Sonderdruck aus Wasserkraft und Wasserwirtschaft 1928.
- (18) *Köhne*, Das Grundwasser als Nothilfe bei Niederschlagsmangel. Deutsche Wasserwirtschaft 1934, Heft 10. [A. 7.]

## Die Herstellung von Schmieröl, Paraffin und Asphalt aus deutschen Erdöldestillationsrückständen.

Von Dipl.-Ing. WIDDECKE, Berlin.

(Eingeg. 25. Mai 1934.)

Arbeit aus dem Institut der Gesellschaft für Braunkohlen- und Mineralölforschung an der Techn. Hochschule Berlin.

Vorgetragen in der Fachgruppe für Brennstoff- und Mineralölchemie auf der 47. Hauptversammlung des V. d. Ch. zu Köln, 25. Mai 1934.

Die bei der Erdöldestillation anfallenden schweren Rückstände, deren Siedebeginn bei 300—330° liegt, enthalten außer Asphalt meist noch Paraffin und Schmieröl. Bei der Gewinnung dieser Stoffe aus den Destillationsrückständen durch Destillation entstehen selbst unter Anwendung von Vakuum und Wasserdampf infolge der Überhitzung wertmindernde Abbauprodukte, die die Güte der Destillate herabsetzen. Die Schmieröle nehmen einen ungesättigten Charakter, an und der Schmelzpunkt der Paraffine wird niedrig. Infolgedessen werden Schmieröle nur selten aus asphaltreichen Destillationsrückständen hergestellt.

Wird jedoch die Trennung des Destillationsrückstandes in Schmieröl, Paraffin und Asphalt mit selektiven Lösungsmitteln bei Temperaturen unterhalb 200°, also in der flüssigen Phase durchgeführt, so tritt eine thermische Zersetzung nicht ein.

Die Anwendung selektiver Lösungsmittel, um Paraffin aus Schmierölen abzuschcheiden, hat in Amerika bereits einen größeren Umfang angenommen. Das zu entparaffinierende Schmieröl wird in einem Lösungsmittel vollständig gelöst und die Lösung dann auf eine tiefe Temperatur abgekühlt. Das Paraffin scheidet sich als schwerer lösliche Komponente ab und wird durch Abpressen in Filterpressen oder durch Abschleudern in Zentrifugen in bekannter Weise gewonnen. Das entparaffinierte Schmieröl hat meistens

einen Stockpunkt, der der Kühltemperatur der Lösung entspricht.

Die Eigenschaften der verwendeten selektiven Lösungsmittel, für die besonders Alkohole, Ketone, Äther und Ester, sowie flüssige schweflige Säure und auch verflüssigte, bei gewöhnlicher Temperatur gasförmige Kohlenwasserstoffe und Chlorkohlenwasserstoffe in Betracht kommen, müssen ungefähr folgende sein:

Das Lösungsmittel muß bei niedriger Temperatur sowohl für Öl als auch für Paraffin ein hohes Lösungsvermögen aufweisen; dabei muß es bei tiefer Temperatur eine hohe selektive Löslichkeit besitzen, d. h. eine Entmischung zwischen Lösungsmittel und Schmieröl darf trotz der tiefen Temperatur nicht eintreten; das gelöste Paraffin dagegen muß infolge seiner Unlöslichkeit bei den tiefen Temperaturen ausgeschieden werden.

Das Lösungsmittel soll weiterhin hinreichend starke physikalische Unterschiede zwischen der flüssigen und der festen Phase des Gemisches, also zwischen der Schmieröllösung und dem ausgeschiedenen festen Paraffin hervorrufen, so daß das Gemisch gut voneinander getrennt werden kann. Auch muß das Lösungsmittel aus rein wirtschaftlichen Gründen ohne hohe Verluste zurückgewinnbar sein.

Die Anwendung selektiver Lösungsmittel nach dem beschriebenen Verfahren ist aber nicht möglich, wenn das zu entparaffinierende Öl noch Asphalt enthält, da durch