

Köppen vertraut ist. Dieses G-Klima liegt innerhalb der Grundschicht der Troposphäre im oberen Teil dicht unterhalb der Sperrschicht und ist daher relativ mild und feucht, so daß in tropischen und höheren Breiten in diesem Klimagürtel Wald möglich ist. Die markanteste Trennschicht der unteren Troposphäre trennt das G-Klima von dem darüberliegenden H-Klima. Jetzt haben wir nur noch vereinzelte, xerophytische Bäume, sonst in fast allen Klimaten nur

Grasfluren, darauf Steppen und Wüsten. Höher hinauf folgt dann bei ausreichender Höhe des Gebirges gegebenenfalls die Zone des ewigen Schnees.

Für die Verbreitung der Vegetation, für die Höhenlage der Kulturgürtel ist also die durchschnittliche Mächtigkeit der Grundschicht von entscheidender Bedeutung.

Fortsetzung folgt.

Literatur

- 1) H. Meyer, Ostafrikanische Gletscherfahrten. Lpz. 1893.
- 2) H. Meyer, Der Kilimandscharo. Lpz. 1900.
- 3) G. Volkens, Der Kilimandscharo. Bln. 1897.
- 4) F. Klute, Ergebnisse der Forschungen am Kilimandscharo. 1912. Bln. 1920.
- 5) E. O. Teale, u. G. Gillmann, Report on the Investigation of the Proper Control of Water and the Reorganization of Water Boards in the Northern Province of Tanganyika Territory November—December. 1934. Dar es Salaam. 1935.
- 6) R. Marloth, Results of Experiments on Table Mountain for ascertaining the amount of moisture deposited from the South-East Clouds. Transact. South African Phil. Society XIV. 4. 1903. XVI. 2. 1905.
- 7) R. Marloth, Über die Wassermengen, welche Sträucher und Bäume aus treibendem Nebel und Wolken auffangen. (Ref. v. Hann) Meteorol. Z. 23. 547—553. 1906.
- 8) Cl. Abbe, The Utilization of Fog. Monthly Weather Rev. 26. 466. 1898.
- 9) P. Leonard, The Measurement and Utilization of Fog. Monthly Weather Rev. 32. 169—170. 1904.
- 10) J. Phillips, Rainfall Interception by Plants. Nature 68. 837. 1926; 71. 354. 1928.
- 11) A. Berson, Bericht über die aerologische Expedition nach Ostafrika im Jahre 1908. Erg. d. Arb. d. Pr. Aeronaut. Obs. Lindenberg. 1910. (Referat v. Süring.) Meteorol. Z. 27. 536—542. 1910.
- 12) K. Schneider-Carius, Die Schichtung der Troposphäre über dem tropischen Ostafrika. Geofisica pura e applicata. Im Erscheinen.
- 13) K. Schneider-Carius, Der Schichtenbau der Troposphäre. Meteor. Rdsch. 1, 79—83. 1947.
- 14) K. Schneider-Carius, Die troposphärische Grundschicht. Klima und Wetter. Im Erscheinen.
- 15) K. Schneider-Carius, Aerologie u. Klimatographie des Atlantischen Ozeans. Meteor. Rdsch. 1. 1947. Im Druck.
- 16) C. Troll, Studien zur vergleichenden Geographie der Hochgebirge der Erde. Bericht der 23. Hauptversammlung d. Ges. v. Freunden und Förderern der Univ. Bonn. 1940. Bonn. 1941.
- 17) C. Troll, Wüstensteppen und Nebeloasen im süd-nubischen Küstengebirge. Z. d. Ges. f. Erdkunde Berlin. 1935. 241—281.
- 18) H. Lembke, Klima und Höhenstufen im nord-anatolischen Randgebirge. Z. d. Ges. f. Erdkunde Berlin. 1939. 171—184.
- 19) H. Bobek, Reise in Nordwestpersien 1934. Z. d. Ges. f. Erdkunde Berlin. 1934. 359—369.
- 20) F. Loewe, Ergebnisse von Studienflügen nach und in Persien 1928. Beitr. z. Phys. d. fr. Atmosphäre. 17. 126—175. 1931.

BEMERKUNGEN ZUR HYDROGRAPHIE DER GEWÄSSER ¹⁾

(Karten der chemischen Eigenschaften der Gewässer)

L. Möller

Mit 1 Abbildung

Die wissenschaftlichen Probleme, die die Gewässer des Festlandes der geographischen Forschung stellen, sind stets komplexer Art. Denn eine Fülle von Bedingungen, wie sie die Natur- und Kulturlandschaft bieten, sind die Voraussetzung für die Eigenart der Ge-

wässer nach Wassermenge und Wasserbeschaffenheit in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht. Das Besondere der Wasserführung ist vor allem ein Produkt der klimatischen Verhältnisse und des Reliefs. Die Wasserbeschaffenheit des natürlichen Gewässers hängt im besonderen von den geologischen Ablagerungen und ihrer Tektonik ab, aber auch von der Art der Bodenbildung, von Relief und Vege-

¹⁾ Vortrag gehalten auf der Tagung der Hochschullehrer der Geographie in Bonn 1947.

tation. Neben diesen natürlichen Grundlagen sind wesentlich von Einfluß die Art der Bewirtschaftung des Bodens, seine Nutzung in Land- und Forstwirtschaft, die Industrie mit ihren Abwässern und die Siedlungen mit ihrer Wasserversorgung, Energiewirtschaft und Abwasserbeseitigung, außerdem die baulichen Maßnahmen am Gewässer und seine Pflege.

Zu diesen äußeren Einflüssen kommt eine innere Eigengesetzlichkeit der Gewässer, die sich in der Art und Weise des Abflußvorganges, in der Verteilung der Stromgeschwindigkeit und Richtung auf den einzelnen Querprofilen zeigt und dadurch ebenso in Transport und Ablagerung von Geschieben und Schwebstoffen wie in dem chemisch-biologischen Verhalten, das wieder maßgebend wird für die Eignung des Gewässers als Lebensraum verschiedener Organismen.

Eine allgemeine wissenschaftliche Erfassung der Gewässer hat also sehr verzweigte Sachgebiete zu berücksichtigen. Es ist daher verständlich, daß unter den Gewässern gerade die fließenden, in deren Erscheinungen die ständige Bewegung der Wassermassen noch ein besonderes Zeitmoment hineinbringt und daher zur Erfassung ihrer Eigenart eine besondere Fülle von Beobachtungen erfordert, im wesentlichen von Landesanstalten untersucht worden sind. Diese bearbeiten die in den Gewässern vorgenommenen Messungen entweder quantitativ-morphologisch, wie die Landesanstalt für Gewässerkunde, oder chemisch-biologisch, wie die Landesanstalt für Fischerei, während die Landesanstalt für Wasser-Boden-Lufthygiene durch die Industrie bedingte anormale Zustände der Gewässer näher erforschte.

Diese Aufspaltung der Arbeiten hat dazu geführt, daß für fließende Gewässer sehr unterschiedliches und oft nicht vergleichbares Material zur Verfügung steht. Infolgedessen sind regionale Bearbeitungen von größeren Stromgebieten bisher kaum möglich, und für wenige kleine Gebiete lassen sich die Beziehungen zwischen den quantitativ-morphologischen und den chemisch-physikalisch-biologischen Ergebnissen feststellen und weiter dann die Abhängigkeiten dieser beiden von den natürlichen Grundlagen und kulturellen Bedingungen erkennen²⁾.

Der für viele praktische Fragen der Gewässerbewirtschaftung fühlbare Mangel an geeignetem Beobachtungsmaterial aus fließenden Gewässern sollte daher

durch die Arbeiten des Hydrographischen Dienstes ausgefüllt werden, der von der Reichswasserstraßenverwaltung 1939 eingerichtet worden ist³⁾. Über das ganze Reichsgebiet sollten hydrographische Institute eingerichtet und mit den Wasserstraßendirektionen gekoppelt, aber wissenschaftlich von einer zentralen Stelle geleitet werden. An der Ausarbeitung der Pläne und Arbeitsmethoden war die Verf. beteiligt, da sie auf Grund langjähriger Zusammenarbeit mit den Wasserbaubehörden deren Erfordernisse kannte und daher auch als Sachverständige für hydrographische Fragen beim Generalinspektor für Wasser und Energie die Betreuung der beiden ersten hydrographischen Institute in Potsdam und Danzig während des Krieges in Abwesenheit der beiden Leiter Dr. Kurt Nöthlich und Dr. Willi Panknin († 1946) übernahm. Dieser Dienst sollte zunächst die Lücken unserer Kenntnis über die fließenden Gewässer dadurch ausfüllen, daß regionale Aufnahmen größerer Gebiete in kurzer Zeit gemacht wurden, wie wir es seit 1929 mit Studentenarbeitsgemeinschaften von der Universität Berlin (Institut für Meereskunde) aus auf Exkursionen mit Erfolg versucht hatten. In den Mittelgebirgen Harz, Thüringen und Waldenburger Bergland, in Ostpreußen, im Oder-, Havel- und Spreeggebiet wurden vor dem Kriege ausgedehnte Gebiete aufgenommen, und dieses Material wurde während des Krieges durch eine besonders genaue Untersuchung des Spreeggebietes und größerer Teile des Weichselraumes ergänzt. Zu diesen regionalen Arbeiten traten fortlaufende Wiederholungsmessungen an bestimmten ausgewählten Punkten der Einzugsgebiete von Spree und Weichsel, um Material für die Erfassung der zeitlichen Schwankungen zu erhalten. Dieses Material wurde dann im Hinblick auf das Gesamtbild des Gewässers wissenschaftlich bearbeitet, und die Ergebnisse für die Praxis verwendet.

Jedes Gewässer stellt in seiner Eigenart das Ergebnis der Summation aller Einflüsse seines Einzugsgebietes dar. Durch eine eingehende Analyse der durch geeignete Beobachtungen zu erfassenden Eigenart lassen sich die ursächlichen Beziehungen zu den grundlegenden Faktoren erkennen, die den stationären Ablauf des Geschehens im Gewässer bedingen. Dazu lassen sich aber auch in besonders hervortretenden Fällen die Faktoren ermitteln, die Abweichungen von mittleren Verhältnissen

²⁾ R. Weimann, Hydrographische und hydrobiologische Vergleiche im Gebiet des linken Niederrheins. Decheniana. Bd. 98 B. S. 53. Bonn. 1939.

Ders., Fragen des Wasserhaushaltes im Mittelrheingebiet. Bonner Geogr. Abh. H. 1. 1947.

³⁾ E. Leopold. Der hydrographische Dienst der Reichswasserstraßenverwaltung. Deutsche Wasserwirtschaft. 37 H. 11 u. 12. Mchn. 1942.

L. Möller, Flußkundliche Untersuchungen im Rahmen der kontinentalen Hydrographie. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1944. Nr. 3/4.

hervorrufen und sich z. T. periodisch, z. T. aperiodisch — je nach dem Rhythmus der Ursache — bemerkbar machen. Die hydrographische Darstellung eines Gewässers hat dann in einer Synthese der Ergebnisse eine Zusammenschau aller Faktoren für den untersuchten Erdraum zu liefern und so ein Bild der mittleren Verhältnisse und die Bedingungen für die extremen zu geben.

Von den auf die Erde fallenden Niederschlägen fließen, je nach dem Oberflächengefälle, 10 bis 90 Prozent im Mittel ab, während die restlichen Mengen entweder verdunsten oder im Erdboden versickern und daher verzögert zum Abfluß kommen. Die oberflächlich abfließenden Wassermassen sammeln sich in natürlichen Hohlformen, die stehende Gewässer ergeben oder, wenn sie der Schwerkraft folgen können, als fließende der Erosionsbasis, zuletzt dem Meere, zuströmen. Dabei setzen sie die potentielle Energie des Wassers im Ursprungsgebiet in kinetische um, die sich in Geschwindigkeit des Wassers und Transportkraft für die Bewegung von Geröll und Schweben organischen und anorganischen Ursprunges in Abhängigkeit von jeweiligen Gefälle äußert. Dieses ist wiederum eine Funktion von Wassermenge und Gesteinsbeschaffenheit. Die diese Faktoren erfassenden quantitativen Messungen sind seit etwa 100 Jahren durchgeführt worden, und die Kenntnis der Wassermengen, deren Schwankungen und die sie bedingenden Ursachen sind durch genügend umfangreiches Material bekannt.

Um nun die Wasserbeschaffenheit auf die sie bedingenden Ursachen hin zu prüfen, sind die Wasserproben auf verschiedene physikalische, chemische und biologische Erscheinungen hin zu untersuchen. Werden die Wasserproben dem fließenden Gewässer bei Hochwasser entnommen, so zeigen die Wasserarten eine andere Konzentration der gelösten Substanzen als bei Niedrigwasser. Während bei HW der oberflächlich abfließende Niederschlagsanteil im Abfluß — je nach dem Gefälle und den geologischen Verhältnissen des Einzugsgebietes — in verschiedenem Maße überwiegt, ist bei NW im Sommer oder unter einer Eisdecke bei scharfem Frost vor allem eine ortsgebundene Komponente der Eigenschaft des Gewässers zu beobachten, so daß die Gegensätze der Wasserkörper, die in fließenden Gewässern aufeinander folgen, meist schärfer ausgebildet sind als bei Hochwasser. Eine kartographische Darstellung der Eigenschaften der Gewässer im Spreengebiet ließ deutlich diese ortsgebundenen Komponenten der Wassereigenschaften erkennen, die bei HW und NW, sowohl im Sommer als auch im Winter

an denselben Stellen, aber in verschiedener Intensität auftraten. Es liegt nahe, für diese ortsgebundenen Eigenschaften der Flüsse einströmendes Grundwasser anzunehmen, dessen Eigenart durch Geologie, Bodenbildung, Vegetation und die durch die Siedlungen bedingten Einflüsse gegeben ist.

Leider liegen nur wenige Kartierungen der Wassereigenschaften von Flußgebieten vor und ebenso wenige kartographische Darstellungen der Verbreitung von Eigenschaften des Grundwassers, die unter Verwendung von Wasseranalysen von Hygienischen Instituten, Medizinaluntersuchungsämtern oder Lebensmitteluntersuchungsämtern entworfen werden könnten ⁴⁾.

Da eine abschließende Bearbeitung der von mir östlich der Elbe untersuchten Oberflächen Gewässer nach Kriegsende nicht möglich war, habe ich mit Freude eine diese Arbeiten ergänzende Darstellung, nämlich die von Grundwassereigenschaften, in Angriff genommen, die durch die verständnisvolle und großzügige Unterstützung von Herrn Prof. *Brüning* möglich wurde. Sie ist zunächst auf Niedersachsen beschränkt worden, aber inzwischen konnte sie auf weitere Gebiete ausgedehnt werden.

Zum Verständnis solcher Karten der Wasserarten seien einige Vorbemerkungen gemacht, die für eine Beurteilung der in den Wasseranalysen gegebenen Eigenschaften des Grundwassers wichtig sind.

Das Regenwasser nimmt bereits aus der Atmosphäre eine Reihe von Gasen in Lösung auf, wie z. B. Sauerstoff und Kohlensäure, und zwar um so mehr, je niedriger die Temperatur ist. Dabei ändert sich das Verhältnis der Mengen der Gase, so daß z. B. die Kohlensäure im Regenwasser etwa den 100fachen Betrag derjenigen Menge erreicht, die in der Atmosphäre vorhanden ist. Infolge der durch die atmosphärischen Entladungen gebildeten Verbindungen des Stickstoffs und durch die Abgase der Siedlungen sind im Regenwasser auch Gehalte an Ammoniak bis zu 30 mg/l, schwefeliger Säure bis zu 30 mg/l und Salpetersäure bis zu 36 mg/l festgestellt worden. Aber in unmittelbarer Nähe der Städte werden diese Werte erheblich übertroffen, und in der Nähe chemischer Fabriken wurden bis zu 70 mg/l beobachtet. Selbst Kochsalz wird im Regenwasser in Küstennähe bei auflandigem Winde in Beträgen von 430—900 mg/l gefunden. Und in größerer Entfernung vom Meer, wie z. B. in Paris, wurde noch in 50 m Höhe

⁴⁾ *F. Sander*, Die hygienisch und wirtschaftlich bedeutsamen Eigenschaften des Grundwassers Mecklenburgs. Z. f. Hygiene. 121. 1939. S. 350.

5—22 mg/l NaCl ermittelt. Auch ein Kalkgehalt konnte im Regenwasser festgestellt werden, wenn auch nur in Beträgen bis zu 9 mg/l.

Das Regenwasser, das mit diesen gelösten Substanzen und mit Sauerstoff und Kohlensäure beladen ist, dringt nun in die obere Verwitterungsschicht ein und nimmt aus der Bodenluft weitere beträchtliche Mengen an Kohlensäure auf, die dort in größeren Beträgen als in der Atmosphäre vorhanden sind. Dazu kommen noch Stickstoffvor allem Ammoniakverbindungen und Huminsäuren. Das Regenwasser wird dadurch als Sickerwasser saurer, als es war, und erhält in der Verwitterungsschicht, je nach deren Zusammensetzung, Eigenschaften, die von Ort zu Ort verschieden sein können und die bisweilen wohl die Ursache sein dürften für die Verschiedenheit von Grundwassereigenschaften in ein und demselben Gestein. In solchem mit Kohlensäure angereichertem, fast sauerstofffreiem Wasser sind nahezu alle mineralischen Stoffe löslich, auch die Silikate, infolge der Dauer der Einwirkung und der gleichmäßig hohen Temperatur des Wassers.

Diese Einwirkung des Wassers auf die Bodenschichten geschieht z. T. physikalisch, und zwar mechanisch und thermisch, z. T. durch direkte Lösung von Verbindungen der Erdalkalien, und zwar in der Reihenfolge, daß Chloride und Sulfate die größte Löslichkeit haben, dann folgen Phosphate, Nitrite und Nitrate. Die Einwirkung kann aber auch durch chemische Wechselwirkung geschehen, in der Weise, daß Eisen- und Manganverbindungen in Lösung gehen und dann durch weitere chemische Reaktionen ein Austausch stattfindet, ein Vorgang, der

auch bei der Bildung der Karbonate zu beobachten ist.

Die Geschwindigkeit des Absinkens des so mit Lösungen beladenen Sickerwassers zum Grundwasser hängt von der Korngröße und der Bodenluftspannung ab. Denn erst wenn der Boden gesättigt ist, tropft das Wasser in tiefere Schichten ab, und es kann Jahre dauern, bis ein Niederschlag das Grundwasser erreicht. Schalten sich längere Trockenzeiten mit stärkerer Verdunstung zwischen die niederschlagsreichen, so steigen die mit Lösung beladenen Teilchen wieder empor, und es kann bei solchem Wechselspiel zu besonders angereicherter Lösung im Sickerwasserbereich kommen. Im Mittel handelt es sich um ein sehr langsames Eindringen des Wassers in das Grundwasser und in ihm weiter auch um eine sehr langsame Bewegung der Größenordnung von 1 m/Tag. Das durch die aufgenommenen Gase sehr aggressive Grundwasser nimmt infolgedessen im Laufe seiner Wanderung durch das Gestein dessen Eigenschaften auf, und zwar stehen die Konzentrationen der gelösten Substanzen etwa im umgekehrten Verhältnis zu den Geschwindigkeiten des Grundwassers. So wurden in den Schottern des Kylltales, die einen rasch fließenden Grundwasserstrom enthalten, Härten von 10° D. H. gefunden, während im anstehenden Gestein mit langsamer Bewegung 33° D. H. gefunden wurden.

Wie verschieden die Eigenschaften des Wassers sein können, die ihm durch Lösung aus dem durchflossenen Gestein aufgeprägt werden, sei an ein paar Wasseranalysen aus Gesteinen verschiedener Formationen in der folgenden Tabelle gezeigt:

Formation	Gestein	Ortsangabe	pH	Rückstand	Härte			Cl.	SO ₂	N ₂ O ₃	CO ₂		Fe	Mn
					Ges.	Karb.	bleib.				freie	aggr.		
Diluvium	Lößlehm	Ober-Jöllenberg	7.55	(330)	14.95	13.44	1.51	39	—	2.5	—	—	0.07	Sp
	Sand	Senne	7.5	160	4.9	3.9	1.0	12	20	Sp	15	—	0.1	0
Kreide	ob. Kr. Kalk	Tecklenburg	6.7	(410)	15.77	11.76	4.01	49	—	3	—	—	0.07	0
	Neocom M.	Sachsenhagen	7.02	(1400)	41.75	8.22	33.44	261	150	0	—	—	28	Sp
	Wealden Sdst.	Hille	6.97	(320)	13.23	10.78	2.45	247	125	—	—	—	1.6	0
Jura	Lias Mergel	Eckersdorf	7.6	586	21.40	17.50	3.9	67	43	Sp	55	0	0.7	0
	Dogger Sdst.	Berlinghs.	6.9	506	12.00	2.5	9.5	43	89	38	—	—	0.02	0
	Malm Kalk	Rehren	7.0	(920)	26.40	11.2	15.2	133	—	150	—	—	0.01	0
Trias	Keuper Sdst.	Ehrsen	7.5	(220)	7.47	5.32	2.15	14	—	25	—	—	—	—
	Muschelkalk ob. Buntsdst. (mittl.)	Herberhs. Offensen	7.5	560	20.40	18.20	2.20	10	180	5	33	0	0	0
			6.8	95	2.61	2.05	0.56	9	20	10	24	23	0	0
Perm.	Zechst. Dolomit	a./Iberg	7.1	244	10.2	9.5	0.7	13	25	5	15.4	3.2	0.8	0
	Zechst. Salzhorst	Oberneuland	7.0	11 220	43.9	19.5	29.4	672.5	169	0	57	8	4.2	0
Karbon	Sandstein	Lage	6.8	(55)	1.36	0.56	0.80	14	0	2	—	—	0.56	0
Silur/Perm	Schiefer	Altenau	6.3	43	1.70	0.14	1.56	5	25	0	1.1	1.1	0	0
Urgestein	Granit	Brockengeb.	4.6	22	0.70	0.60	0.10	2	0	0	8.8	8.8	0	0

Tab. 1. Gestein und Wasserbeschaffenheit
(die eingeklammerten Werte wurden graphisch interpoliert)

Oft sind mehrere Grundwasserspeicher in verschiedener Tiefe vorhanden, die bei abweichendem Charakter des sie tragenden Gesteins auch völlig verschiedene Eigenschaften haben können. Jedoch treten oft längs tief hinabreichender Spalten Verbindungen zwischen den einzelnen Stockwerken auf, so daß das Grundwasser dann scheinbar den orts- und gesteinsgebundenen Charakter verliert.

Die kartographische Darstellung der Eigenschaften der Gewässer bietet einige Schwierigkeiten, denn der Idealfall, in einer Karte alle Eigenschaften zur Anschauung zu bringen, kann leider nicht verwirklicht werden. Bei der Wahl der in der Statistik üblichen Kreise und Säulen erhält man bei kleinem Maßstab nur für wenige Punkte einen Überblick. Man könnte die hauptsächlichen Wasserversorgungen mit ihren typischen Eigenschaften z. B. auf diese Weise zur Darstellung bringen. Aber ein derartiges Bild genügt nicht, um die Frage nach den ursächlichen Beziehungen der Eigenschaften zu den durch Natur und Kultur bedingten Faktoren weiter zu erhellen. Zur Lösung dieser Fragen ist nun so vorzugehen, daß jede Eigenschaft des Wassers auf einer besonderen Karte dargestellt wird, und die Verteilung der Konzentrationen dieser Eigenschaft zunächst im allgemeinen Überblick durch Isolinien gegeben wird, die an die Erdoberfläche projiziert gedacht werden. Je mehr Material für den Entwurf solcher Karten vorhanden ist, desto schärfer werden die Grundwasserkörper und vor allem ihre Grenzen herausgearbeitet werden können, die jetzt noch zu sehr ineinander verfließend gezeichnet werden müssen. Im allgemeinen wird dadurch der mittlere Zustand des Grundwassers innerhalb der oberen 20 m Schicht gegeben, aus welcher die meisten Beobachtungen von Brunnen und Quellen stammen. Werden durch Bohrungen irgendwelche Besonderheiten der tieferen Schichten erschlossen, so wurden diese Fälle auch berücksichtigt in den Karten. Jedoch konnte das Ziel, Grundwasserkarten für die verschiedenen Tiefenhorizonte zu entwerfen, leider mit dem vorliegenden Material nicht erreicht werden. Nur für wenige Gebiete, die planmäßige und engabständige Bohrungen im Interesse der Wasserversorgung durchführen ließen, lassen sich Teilkarten im großen Maßstab entwerfen oder wenigstens die Vertikalschichtung des Grundwassers durch Vertikalkurven seiner Eigenschaften im Überblick erfassen.

Nach einer solchen Darstellung der einzelnen Eigenschaften in Karten wird es notwendig sein, Karten von Grundwassertypen zu entwerfen, in denen die Besonderheiten der einzelnen Karten verschwinden und Grundwasserprovinzen zur Darstellung kommen. Eine solche Karte, die das

Ergebnis sämtlicher Einzelkarten enthielte, müßte dann ergänzt werden durch eine Karte des Vorkommens und der Ergiebigkeit des Grundwassers. Denn die Wasserkapazität der einzelnen wasserhaltenden Schichten kann außerordentlich verschieden sein. Dafür nur ein Beispiel: Ein massiger Kalkstein enthält in 1 m³ Gestein 15—25 l Wasser, dagegen die Schreibkreide 150—440 l Wasser. Man kann also die Wasserbeschaffenheit erst entsprechend werten, wenn die vorkommende Menge abzuschätzen ist.

Nach dem vorliegenden Material konnten für das Grundwasser von Niedersachsen Karten der Gesamthärte, der Karbonathärte, des Chloridgehaltes, des Eisens, des Nitrats, der Wasserstoffionenkonzentration entworfen werden und für einzelne Teile des Landes auch noch diejenige der Leitfähigkeit, des Glührückstandes, Sulfatgehaltes, Gehaltes an freier und aggressiver Kohlensäure für die Grundwasserkörper zur Darstellung gebracht werden.

Als Beispiel einer Karte von Eigenschaften der Gewässer sei die Karte der Verteilung der Gesamthärte für Niedersachsen gegeben. Diese Karte erscheint in der Neuausgabe des Niedersachsenatlas, und der Herausgeber, Prof. Dr. Kurt Brüning, hat entgegenkommender Weise die Veröffentlichung in diesem Bericht erlaubt.

Das der Karte zugrunde liegende Material an Wasseranalysen der hygienischen Überwachungsstellen stammt vor allem aus den Jahren 1938 und 1939. Jedoch konnten in den meisten Fällen diese Werte durch solche aus den Jahren 1946 und 1947 überprüft werden. Im gut untersuchten Regierungsbezirk Hildesheim kommt im Mittel auf 2 qkm je eine Beobachtung, so daß eine Darstellung der Arbeitskarten von 1 : 200 000 sehr gut möglich wird⁵⁾.

In dieser Karte sind auch die Härtewerte der Oberflächengewässer, soweit sie vorhanden sind, mit berücksichtigt worden, und zwar sind die parallel zu den Flüssen verlaufenden Härtelinien als Linien zu denken, die den Übergang zwischen den Härtewerten des Talhanges resp. der Flußauen und des Flusses darstellen. Die meisten größeren Flüsse fließen, wie die Karte erkennen läßt, als chemisch-allochthone Gewässer zwischen den Grundwasserkörpern der begrenzenden Ufergebiete dahin, d. h. sie bringen ihre chemischen Eigenschaften aus den oberhalb gelegenen Gebieten mit, wie es vor allem Aller, Weser, Hase, Ems zeigen.

Die Härte eines Wassers ist durch seine Kalk- und Magnesiumverbindungen bestimmt. Die Kohlensäureverbindungen der beiden Elemente

⁵⁾ A. Thienemann, Vom Wesen der Ökologie. Biologie generalis. XV. H. 3 u. 4.

bilden die Karbonathärte, die Chloride, Sulfate, Phosphate und Silikate des Calcium und Magnesium geben die bleibende Härte. Die Summe beider wird als Gesamthärte bezeichnet. Die Härte wird in Graden angegeben, und zwar bedeutet 1° D.H. = 1° Deutscher Härte = 10 mg/l CaO. Dabei ist Magnesium in Calcium umzurechnen, so daß $MgO : CaO = 40 : 56 = 1 : 1,4$ gesetzt wird. In den meisten Fällen hat die Karbonathärte die höheren Werte, aber in manchen Meeresablagerungen überwiegt auch die bleibende (s. Tab. 1). In der Praxis hat sich eine bestimmte Bezeichnung der Wasserhärte durchgesetzt, und zwar wird Wasser mit

- 0—4° D. H. als sehr weich
- 4—8° D. H. weich
- 8—12° D. H. mäßig hart
- 12—18° D. H. ziemlich hart
- 18—30° D. H. hart
- über 30° D. H. sehr hart bezeichnet.

Ein Vergleich der Härtekarte mit der geologischen Karte ergibt folgenden Überblick über die gegenseitigen Beziehungen. Die Karte der Gesamthärte der Gewässer Niedersachsens läßt drei Gürtel verschiedener Härte erkennen: Das überwiegend aus mesozoischen Ablagerungen bestehende Hügelland im Süden hat sehr wechselnde Härten, aber abgesehen von zwei großen Gebieten mit weichem Wasser im SE und SW im Mittel ziemlich hartes Wasser. Die nördlich anschließenden Flächen mit diluvialen Ablagerungen haben dagegen meist geringe Härten, während diese in Küstennähe wieder zunehmen. Dieses härtere Wasser verbreitet sich in einem Streifen, der im Westen schmaler als im Osten ist. Die Flußtäler von Weser und Aller verbinden mit höheren Härten die Gebiete des Hügellandes und des Küstengebietes.

Im einzelnen läßt sich das Hügelland entsprechend seinem geologischen Aufbau wieder in Gebiete verschieden harten Wassers gliedern. Die Buntsandsteinflächen des Solling und die südlich folgenden des Bramwaldes haben ebenso wie die alte Oberfläche des Harzes mit den paläozoischen Schiefen sehr weiches Wasser von 1,25—2,5° D. H. Aus dem Gebiet weichen Wassers des Harzes hebt sich der Brockengranit mit weniger als 1,25° D. H. als besonders arm an gelösten Bestandteilen heraus. Zwischen beiden Gebieten weichen Wassers liegt der Leinetalgraben mit seinen Randhöhen, der z. T. aus Muschelkalk- und Keuperablagerungen und Alluvionen sich aufbaut. Die Grundwässer haben in diesem Gebiet wechselnde, aber durchweg höhere Härten. Ganz besonders hartes Wasser ist an die Muschelkalkzone geknüpft. Eine Ursache der hohen Löslichkeit im Graben-

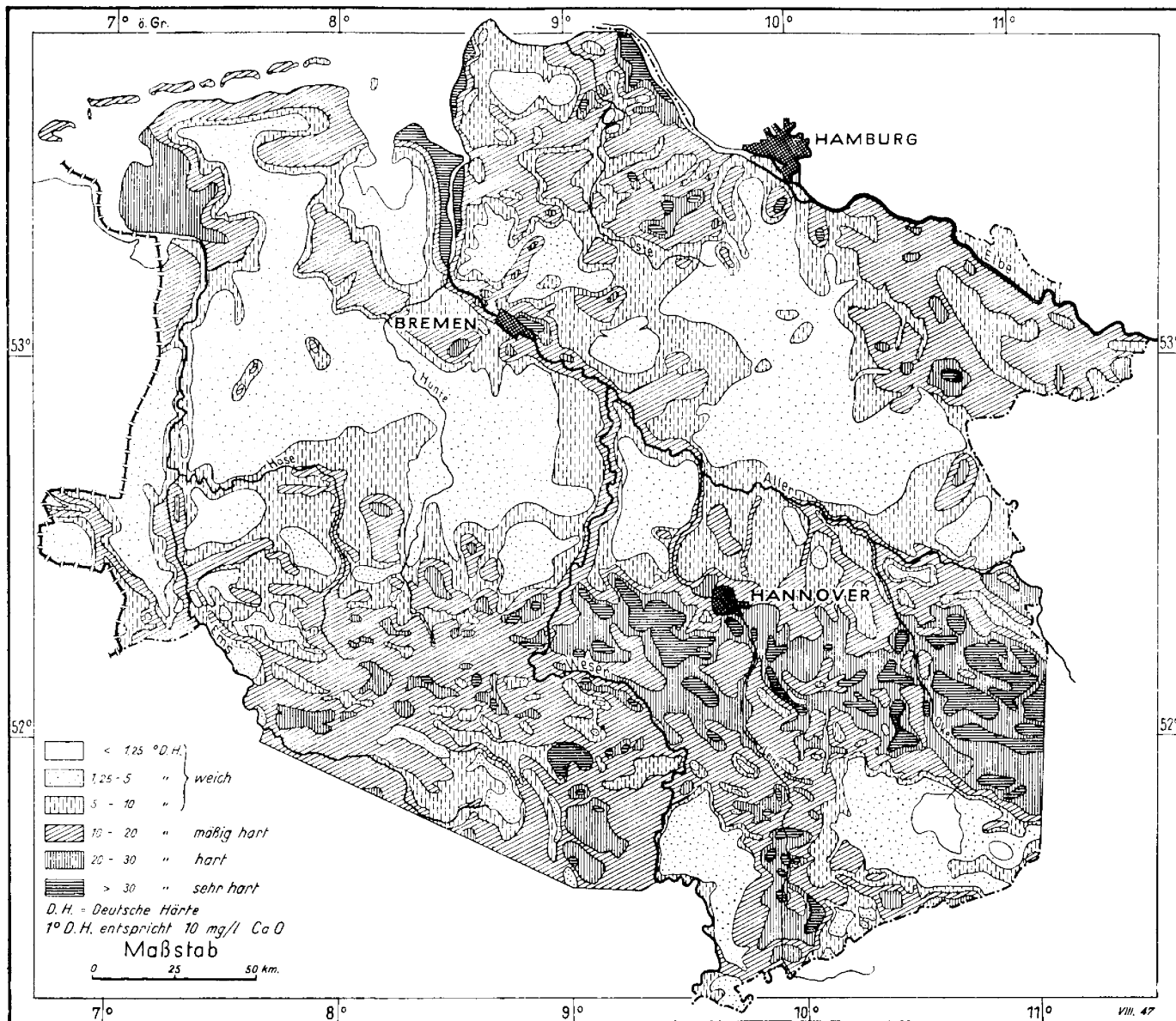
gebiet dürfte z. T. wohl in dem Zerbrechen der Gesteinsschichten liegen, und außerdem könnte auch eine erhöhte Härte der Grundwässer durch Verbindung mit tieferen Grundwasserspeichern, die z. T. dem Salzspiegel nahe liegen dürften, hervorgerufen sein. Ihre Mischung erfolgt wohl entlang den Verwerfungen, die gegen den Graben durch undurchlässige Schichten abgesperrt sind, welche die Grundwässer zum Aufsteigen zwingen und zur Bildung von größeren Quellen führen. Hydrographisch greift das Grabengebiet über die tektonischen Grenzen hinaus und endet erst im Osten an einer Verwerfung, die über Gellnhausen zur NW-Grenze des Harzes streicht. Jenseits erst liegt die Scholle des Eichsfeldes so ungestört, daß das obere Grundwasser sich wie im Solling durch sehr weiches Wasser auszeichnet. Dieser Grundwasserkörper geringer Härte wird von demjenigen des Harzes getrennt durch Ausläufer härteren Wassers der Helmeniederung, in deren Fortsetzung sich dann das ebenfalls härtere Wasser im Zechsteinvorkommen bei Osterode findet.

Im Norden des Solling liegen zwischen Harz und Weser kleinere Gebiete mit weichem Wasser, wie Vogler, Elfas, Hils, Sackwald, Hildesheimer Wald usw., die wieder an Sandsteine des Buntsandsteins oder der Kreide gebunden sind. Dagegen breiten sich westlich der Leine im NW-Streichen über das Münder-Gebiet und den westlichen, aus Juraschichten aufgebauten Deister bis zu den Rehburger Bergen am Steinhuder Meer wieder harte Wässer aus, auf die auch Kalktuffablagerungen im Süden von Lauenau hindeuten.

Nordöstlich des Harzes liegen Grund- und Oberflächengewässer von besonders hoher Härte. Die Ursache dürfte in verschiedenen Richtungen zu suchen sein: Es sind dies die Gebiete mit einer der Schwarzerde ähnlichen Bodenverwitterung, in der außerdem die Salzhorste in oft geringen Tiefen entlangziehen. Neben diesen beiden aus der Natur des Landes sich ergebenden Ursachen müßte wohl auch der Einfluß der Abwässer der Kaligruben in diesem Gebiet als Härte erhöhend genannt werden.

Das Hügelland zwischen Weser, Wiehengebirge und Teutoburger Wald hat entsprechend den vorherrschenden Triasablagerungen mittelhartes Wasser. In der Fortsetzung des Solling nach NW liegt die Ottensteiner Hochfläche, deren Gesteine des oberen Muschelkalks und unteren Keupers Grundwasser mit weichem Wasser enthält. Und in ihrer Fortsetzung bleiben die Grundwässer bis zum Wiehengebirge mit Ausnahme des Sattelgebietes von Pymont von mäßiger Härte. Dagegen hat die südwestlich gelegene Sattelzone mit ihren Aufbruchgebieten und stärkerer Zerrüttung der Schichten

Verteilung der Gesamthärte des Wassers in Niedersachsen



Kartographie: Amt für Landeskunde

Entwurf: Lotte Möller

wieder durchweg härteres Wasser, wie von Driburg über Detmold nach Herford hin zu verfolgen ist. Deutlich gliedern sich die Sandsteine des Eggegebirges mit sehr weichem Wasser, ebenso wie auch die Sande der Senne und des Osningssandstein in ihren Grundwasser-eigenschaften gegen die weit härteren Wasser der Kalke des Teutoburger Waldes ab (s. Tab. 1). Sein Abhang zum Münsterschen Becken, der von Sanden verhüllt ist, hebt sich auf der Härtekarte ebenfalls durch weiches Wasser heraus. Im Norden des Hügellandes setzt sich der Zug des Wiehengebirges ebenfalls mit härterem Wasser gegen die Umgebung ab. Dort wo weiter südlich die Ausläufer des Berg- und Hügellandes entlang tektonischer Linien in das Flachland vorstoßen, machen sich die in geringer Tiefe meist anstehenden Kreideablagerungen oft durch härteres Grundwasser bemerkbar, wie im Westen die Dammer und Stemmer Berge, während im Osten, in Fortsetzung des Flechtinger Höhenzuges, ebenfalls härteres Grundwasser sich findet.

In dem dem Hügelland vorliegenden Flachlande überwiegen die diluvialen Ablagerungen, vor allem sandiger Geschiebelehm und Sande, die z. T. von Mooren bedeckt sind. Vom Hümling im Westen bis zum Drömling im Osten sind daher weite Gebiete mit Grundwasser, das Härten unter 2,5° D. H. hat, festzustellen, die häufig die Wasserscheiden überziehen, aber auch in einigen Tälern der Lüneburger Heide auftreten.

In dem nördlichen Gürtel heben sich einige Geestflächen mit sehr geringen Härten heraus, wie z. B. die ostfriesische Geest, das Jadeinzugsgebiet und das Land Hadeln. Besonders hohe Härten folgen der Nordhannoverschen Endmoräne und ziehen dann auf Vegesack zu. Ein zweites Gebiet verläuft von der Elbe zwischen Este und Aue über Bremen und Oldenburg nach Westen. Schließlich finden sich im Osten beiderseits der Ilmenau ebenfalls wieder höhere Härten. In diesen nördlichen Gebieten sind häufig die in der Tiefe liegenden kalkhaltigen glazialen Lauenburger Tone die Ursache der Wasserhärte. Im Bremer und Lüneburger Gebiet dagegen dürften die durch die Salzhorste gekennzeichneten Störungslinien wohl in ihren Auswirkungen die hohen Härten bedingen und weiter östlich eine jüngere Moräne die Ursache sein. Im Raum der Fluß- und Seemarschen ändern sich die Verhältnisse mannigfaltig von Punkt zu Punkt, je nach der Tiefenlage der Grenzfläche zwischen Süß- und Salzwasser, so daß eine ins einzelne gehende Darstellung wegen Mangels an Material hier noch nicht möglich ist.

Diese Karten der Wassereigenschaften sind vor allem, wie oben bereits erwähnt wurde, für die Hydrographie von wissenschaftlicher Bedeutung, da die Kenntnis der Verteilung der natürlichen Eigenschaften der Gewässer eine der Voraussetzungen für eine Erfassung der Beziehungen zwischen Grund- und Oberflächengewässer ist und damit nicht nur für die qualitative, sondern auch für die quantitative Gewässerkunde eine Notwendigkeit. Diese Kenntnis ist dann die Voraussetzung für eine Beurteilung der Gewässer und für die Aufstellung von Typen fließender Gewässer. Sie wird aber erst den Verhältnissen der Natur gerecht werden können, wenn das Beobachtungsnetz, das den Karten zugrunde liegt, nach hydrographischen Erfordernissen ausgelegt werden kann. Solange es notwendig ist, jede sich bietende Beobachtung zu verwenden, wird eine Annäherung des Karteninhaltes an die Verhältnisse der Natur nur sehr langsam erfolgen.

Zur Geographie ergeben sich weiter eine ganze Reihe von Beziehungen. Jedoch zuvor muß einmal festgestellt werden, daß das Wasser in landschaftskundlichen Darstellungen bisher niemals seiner Bedeutung entsprechend behandelt worden ist. Es wird meist nicht einmal als Rohstoff gewürdigt. Wichtig ist daher zu vermerken, daß sich ein Umschwung ankündigt, der hoffentlich sich recht bald auswirken wird⁶⁾.

Einige solcher im Zusammenhange mit geographischen Problemen auftauchenden Fragen seien nun aufgerollt: Karten der chemischen Eigenschaften, vor allem der Glührückstände oder Leitfähigkeit, die Zahlenwerte für die Gesamtheit der gelösten Substanzen darstellen, lassen im Überschlagn berechnen, wieviel an gelösten Substanzen bei bestimmten Grundwasserabfluß aus dem Gebiet entfernt wird. Daß man aus langen Reihen von Beobachtungen in fließenden Gewässern diesen Überblick auch erhalten kann, haben die Beobachtungen des finnischen hydrographischen Institutes gezeigt. Und erst diese Angaben zusammen mit der Geröll- und Geschiebeführung geben ein Bild von der Abtragung des Landes.

Werden diese Karten zusammengearbeitet mit den Boden- und Vegetationskarten, so wird festzustellen sein, wie die Beschaffenheit des Grundwassers nicht nur Pflanzenwuchs überhaupt ermöglicht, sondern je nach der Art der gelösten Substanzen bestimmte Pflanzengesellschaften bedingt oder fördert, wie es für extreme Gehalte an Kalk, Salz oder Säuren ja bekannt ist. Auf diese Weise lassen sich vielleicht oft in einheitlichem Klimagebiet liegende Modifikationen von Gesellschaften erklären.

⁶⁾ C. Troll, Geographie und Landschaftsforschung. Bonn, Geogr. Abh. H. 1. 1947.

Mit einigen dieser Karten der Wassereigenschaften lassen sich auch besondere Fragen der Landwirtschafts- und Siedlungsgeographie verknüpfen, auf die die in ihnen enthaltenen Besonderheiten der Verteilung hinweisen. So zeigt z. B. die Übersichtskarte des Nitratgehaltes für das ganze deutsche Gebiet die auffallende Tatsache, daß in den östlichen früher deutschen Gebieten kaum Nitrat im Grundwasser beobachtet wird, während im Westen sehr hohe Werte von über 200 mg/l vorkommen, ohne daß eine Verschmutzung durch Oberflächenwasser vorliegt. Im Bereich von Niedersachsen finden sich diese hohen Werte vor allem nördlich und nordöstlich des Harzes, aber auch im südhannoverschen Hügelland. Anhand von Nitratgehaltskarten großen Maßstabes wäre nun die Frage zu klären, ob die Ursache des Nitratgehaltes in Abhängigkeit von der Dauer, der Besiedlung und der Intensität der Bewirtschaftung zu suchen ist oder ob die Zusammensetzung der Gesteine, also die Art ihrer Entstehung, von entscheidendem Einfluß ist. Im ersten Fall würde die Wasserkartierung gleichzeitig ein Mittel an die Hand geben, ehemalige, jetzt verlassene bewirtschaftete Landflächen in ihrem Einfluß auf das Grundwasser festzustellen. Man könnte also z. B. Wüstungen auf diese Weise in ihrer Lage bestätigen. Ebenso müßten später gerodete und in Bewirtschaftung genommene Flächen sich durch geringeren Gehalt an Nitrat herausheben. Die zweite Erklärungsmöglichkeit für den verschiedenen Nitratgehalt führt ins petrographische Gebiet und erfordert genaue Gesteinsanalysen zur Klärung. Der organogen entstandene Trochitenkalk bei Göttingen enthält infolge Oxydation der organischen Substanz heute noch soviel Nitrat, daß der im Grundwasser gefundene Wert durchaus daraus zu erklären wäre.

Ins petrographisch-geologische Gebiet führen andere Ergebnisse der Karten. Ein Vergleich der Karten der Gesamthärte und der Karbonathärte läßt erkennen, daß in Nähe der heutigen Küste häufig scheinbar höhere Karbonathärten als Gesamthärten festzustellen sind. Dieselbe Erscheinung im Grundwasser findet sich nun in einigen Grundwasserkörpern nördlich des Harzes und in den preußischen Gebieten in der Kreide. Wie Analysen ergeben haben, sind dann fast stets die Natriumbikarbonate vergesellschaftet mit Jod, so daß die Gesteine dieser Grundwässer anscheinend in Strandnähe des ehemaligen Kreidemeeres gelegen haben dürften⁷⁾.

⁷⁾ Lüning und Brohm, Alkali. alkal. Grundrisse aus der Kreideformation, Ztschr. f. Unters. d. Lebensmittel. 1933. 2.

Neben diesen wissenschaftlichen Fragen, zu denen die Karten anregen und von denen eine kleine Auswahl gegeben wurde, lassen die Karten aber auch eine Reihe praktischer Fragen der Lösung näher kommen.

Für die Pflege der Gewässer und planmäßige Bewirtschaftung ergeben sich unmittelbare Hinweise aus diesen Karten: Man wird z. B. bei Kenntnis der Verhältnisse den physikalisch-chemischen Charakter der Gewässer nicht weiter durch Einleiten von Abwässern der gleichen Art in ihrer Besonderheit noch verstärken, sondern entgegengesetzt zusammengesetzte und reagierende Lösungen hinzufügen. So sind z. B. im Spreezgebiet, vielleicht infolge von Unkenntnis der Verhältnisse, viele Schäden dadurch verursacht worden, daß das aus dem Lausitzer Gebirge stammende Spreewasser durch die schwefelsäurehaltigen Abwässer der Braunkohlengruben von Weißwasser und Döbern noch saurer gemacht wurde. Auf den Spreewaldwiesen ist infolge der Überschwemmungen mit diesem Wasser der Kalk aus den oberen Schichten herausgelöst worden, und das Vegetationsbild hat sich dahin geändert, daß nun saure Gräser überwiegen. Die genaue Kenntnis der Beschaffenheit der natürlichen Gewässer ermöglicht eine Abschätzung der Menge und Art der Verarbeitung von einzuleitenden Abwässern, so daß sie den natürlichen Charakter des Gewässers nicht wesentlich verändern, was im Hinblick auf die Lebewelt, die das Wasser als Lebensraum benötigt, dringend erwünscht ist.

Es sei weiter die Frage der Wasserversorgung erwähnt. Die Hygiene hat für Trinkwasser bestimmte Grenzwerte aufgestellt, die nach Möglichkeit eingehalten werden sollen. So soll der Rückstand 300 bis 500 mg/l nicht überschreiten, das Wasser soll neutral, also $pH = 7,07$ sein. Aggressive Kohlensäure soll nicht vorhanden sein, der Chlorgehalt unter 30 mg/l, Nitrat unter 25 mg/l, Eisen unter 0,1 mg/l, Mangan unter 0,05 mg/l betragen. Die Gesamthärte sollte unter 15° D. H. bleiben. Prüft man die Werte der Karte auf diese Grenzwerte der Härte hin, so genügen weite Gebiete nicht mehr den Anforderungen eines guten Trinkwassers. Über den physiologischen Einfluß der Härte findet man aber keine Angaben.

Die Bearbeitung des Wassers umfaßt bei uns im wesentlichen die bakterielle Reinigung, bisweilen die Enteisung und Entsäuerung, jedoch keine Enthärtung. Diese wird dagegen in den USA. fast immer bei Härten über 6° durchgeführt. Welche Belastung dadurch für den Verbraucher entsteht, ersieht man daraus, daß eine Enthärtung durch Kalk im Werte von 1,25 DM einer Enthärtung durch den Verbraucher

mit Seife im 8—10fachen Werte gegenüberstehen soll; ganz abgesehen von den Schäden, die die Textilien erleiden und deren Lebensdauer beträchtlich herabsetzen.

Damit sind schon die technischen Fragen angeschnitten worden. Die Karten können Hinweise für die Standorte der Industrien geben. Wäschereien benötigen weiches, eisen- und manganfreies Wasser. Färbereien, soweit sie basische Farbstoffe verwenden, ebenfalls weiches Wasser, während die Alizarinfarben Wasser mit mehr als 8° D. H. benötigen, aber frei von Gipshärte. Textilfabriken können ebenfalls nur weiches, mineralstoffarmes und farbloses Wasser gebrauchen, aber die Plüschfabrikation hat gerade hartes Wasser nötig. Das weiche, farblose Wasser für die Papierfabriken muß vor allem frei von Manganchlorit sein, welches das Vergilben des Papiers beschleunigt. Das weiche Wasser für Gerbereien enthält vor allem wenig Calciumkarbonat und wenig Chlor. Brauereien bevorzugen für die Mälzerei weiches Wasser, der Charakter des Bieres wird vor allem durch den pH-Wert bestimmt. Daneben brauchen Biere von Pilsener Art weiches, karbonatarmses Wasser, mit Rückstand 51 mg/l, Cl. 5 mg/l, Ges. H. 1,6° D. H., Karb. H. 1,3. Biere Münchener Art verwenden stets Wasser mit Rückstand 280 mg/l, Cl. 2 mg/l, Ges. H. 14,8, Karb. H. 14,2. Wässer mit den höchsten Werten werden bei Dortmunder Bieren verwendet, die außerdem noch einen Überschuß von Gips im Wasser benötigen. — Bei Zement- und Mörtelfabriken darf das Wasser nicht sauer sein, keinen Sulfatgehalt und keine aggressive Kohlensäure aufweisen. Schließlich seien noch einige Wasserzusammensetzungen erwähnt, die die Landwirtschaft benötigt. Molkereien brauchen völlig keimfreies Wasser ohne Kalk- und

Magnesiumgehalt und frei von irgendwelchen Gasen. Für Viehtränken, vor allem in der Pferdezucht, wird härteres Wasser mit mehr als 14° D. H. als günstig angesehen. Für Berieselungszwecke muß das Wasser wieder je nach dem Boden bestimmte Eigenschaften haben, und wie katastrophal sich die Verwendung ungeeigneten Wassers auswirken kann, haben Erfahrungen in Brasilien gezeigt.

Diese Reihen von bestimmten Anforderungen, die die Praxis an die Eigenschaften des Wassers stellt, könnten noch in beliebiger Weise ergänzt werden. Erwähnt sei nur noch der Bedarf der Eisenbahn als des wichtigsten Verkehrsmittels. Lokomotiven benötigen für 10 km Fahrt etwa 1,5 m³ Kesselwasser, das völlig gereinigt sein und einen Rückstand von weniger als 200 mg/l ergeben muß. In Göttingen mit seinem sehr harten Wasser der Wasserversorgung (25—35° D. H.) wird daher das Wasser für den Fahrbetrieb aus Brunnen im Buntsandsteingebiet genommen.

Aus diesen kurzen Ausführungen dürfte bereits zur Genüge folgen, daß es zweckmäßig ist, die Ergebnisse dieser Karten der Wassereigenschaften bei Raumordnungsplänen zu berücksichtigen, um eine bestmögliche und wirtschaftliche Verwendung des Rohstoffes Wasser zu erreichen. Bei Trink- und Brauchwasserversorgungen können evtl. die Wässer so gemischt werden, daß sie den gestellten Anforderungen genügen, ohne daß zu kostspielige Aufbereitungsanlagen nötig werden. Wenn man bedenkt, daß der Verbrauch von Wasser früher zu 2½ Milliarden m³ geschätzt wurde, so ist das Wertvolle dieses Rohstoffes ersichtlich und die zweckmäßige Verwendung gerade infolge Schrumpfung unseres Volksvermögens dringend notwendig.

DIE STADIEN IN DER ENTWICKLUNG DER INSEL HELGOLAND

44. Beitrag zur Geologie der Meere¹⁾.

O. Pratje

Mit 5 Abbildungen

Der Ablauf der Entwicklung einer Landschaft hängt von den Kräften ab, die darauf einwirken. Gleichbleibende Kräfte bewirken eine stetige Entwicklung, das Fortbleiben von bisher

wirksamen Kräften oder das neue Auftreten von einflußreichen Kräften bedeuten Stufen in der Entwicklung. Dabei ist es durchaus möglich, daß die Stufen vom Menschen gewollt werden, indem er planmäßig Kräfte abwehrt oder neue zur Entfaltung bringt und dann mit Spannung beobachtet, ob seine Erwartungen erfüllt werden

¹⁾ 43. Beitrag: Deutsche Hydrographische Zeitschrift. 1948. 4. 2.