

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw. ....

2782

710

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297568

Die  
Abwässer aus der Kallindustrie,

ihre Beseitigung  
sowie ihre Einwirkung in und an den Wasserläufen



2524



**Die**  
**Abwässer aus der Kaliindustrie,**  
**ihre Beseitigung**  
**sowie ihre Einwirkung in und an den Wasserläufen**

mit den Mitteln der Jubiläums-Stiftung der deutschen Industrie  
durchgeführte Arbeit

Ergänzungsheft

von

**Professor Dr. J. H. Vogel**

*F. N. 30648*



**Berlin**

**Verlag von Gebrüder Borntraeger**

W 35 Schöneberger Ufer 12 a

1915

*9. 5. 1915*  
*113*

*2524*

---

Alle Rechte,  
insbesondere das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten

---

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

II 2782

Druck von E. Buchbinder (H. Duske) in Neuruppin.

Akc. Nr. 2221/49

## Vorwort

Im Jahre 1913 brachte ich langjährige Studien über Kaliabwasser, die ich mit den mir von der Jubiläums-Stiftung der deutschen Industrie in reichlichem Maße zur Verfügung gestellten Geldmitteln durchführen konnte, zu einem vorläufigen Abschluß. Ihr Ergebnis ist niedergelegt in dem Buche „Die Abwässer aus der Kaliindustrie, ihre Beseitigung sowie ihre Einwirkung in und an den Wasserläufen“, Berlin, Verlag von Gebrüder Borntraeger, 1913.

Noch während des Erscheinens dieses Buches (April 1913) veröffentlichte der Direktor des staatlichen hygienischen Instituts Hamburg, Professor Dr. Dunbar, ein Gutachten betr. die Versalzung der Flüsse durch die Abwässer der Kaliindustrie. In einer besonderen Schrift, der ich den von Dunbar gewählten Titel „Die Abwässer der Kaliindustrie“ gab, habe ich im Jahre 1914 zu zeigen gesucht, daß die von Dunbar eingeschlagenen Wege zur Klärung der Kaliabwasserfrage nicht zum Ziele führen konnten und deshalb die von ihm aus seinen Versuchen gezogenen Folgerungen der Begründung entbehren mußten.

Inzwischen ist nun eine Reihe im hohen Grade beachtenswerter Arbeiten auf diesem viel umstrittenen Gebiete erschienen, die sich durchweg auf neue Experimentaluntersuchungen stützen. In den meisten Fällen sind es Arbeiten aus unseren ersten wissenschaftlichen Instituten. Es erschien mir deshalb angebracht, diese Arbeiten und die sich daraus für die Praxis ergebenden Folgerungen in einem besonderen Nachtrage zu meinem vorerwähnten Buche einheitlich zu besprechen. Dieser Aufgabe habe ich mich aus dem Grunde besonders gern unterworfen, weil von einer Ausnahme abgesehen sämtliche Forscher zu Ergebnissen kommen, die eine weitgehende Bestätigung der in meinem vorerwähnten Buche niedergelegten Grundsätze bilden. Die eine Ausnahme ist aber auch nur eine scheinbare. Es handelt sich nämlich um ein zweites Gutachten Dunbars, das fast zu gleicher Zeit mit meiner vorerwähnten

Schrift aus dem Jahre 1914 erschien. Dunbar kommt darin wieder, wie in seinem ersten Gutachten, zu der Folgerung, daß eine Abscheidung von Magnesium im Flußwasser nicht erfolgt. Diese Folgerung aber steht, wie ich in dieser Schrift zeigen konnte, im schroffen Gegensatz zu den von ihm in seinem zweiten Gutachten niedergelegten Untersuchungsergebnissen und — was besonders hervorgehoben sei — teilweise auch im Gegensatz zu den Worten, mit denen er selbst seine Untersuchungsergebnisse erläuterte. Er mußte es denn auch erleben, daß wenige Monate nach dem Erscheinen seines zweiten Gutachtens von Professor Dr. Noll, der an dem von Dunbar geleiteten Institut als Abteilungsvorsteher tätig, also Dunbar doch wohl direkt unterstellt ist, in einem besonderen Aufsätze ein völlig entgegengesetzter Standpunkt vertreten wird, so daß ich bei der in dieser Schrift vorgenommenen Besprechung der Noll'schen Arbeit betonen konnte, einige der wichtigsten Grundsätze, zu denen sich Noll bekennt, hätten ebensogut aus meiner Feder stammen können. So sehr decken sich diese dem Sinne nach mit Grundsätzen, die ich in meinen vorerwähnten Schriften niedergelegt habe.

Die Bearbeitung dieses Nachtrages hat mir auch noch deshalb Freude gemacht, weil mein vorerwähntes Buch in der Fachliteratur überall eine außergewöhnlich wohlwollende Aufnahme fand, die mich zu weiteren Arbeiten ermunterte. Die Kaliabwasserfrage ist eine viel umstrittene. Freund und Feind stehen sich auf diesem Gebiete seit Jahren mit seltener Schärfe gegenüber. Da ist es ganz selbstverständlich, daß jeder, der in der Öffentlichkeit zu dieser Frage auf breitester Grundlage Stellung nimmt, auf Widerspruch stoßen muß. Den Freunden der Kaliindustrie bin ich mehrfach nicht weit genug gegangen. Diejenigen aber, welche in der vermehrten Ableitung der Kaliabwässer aus diesem oder jenem Grunde ernste Gefahrenquellen erblicken, haben vielfach gelegentlich ihrer Besprechung meines Buches diesen ihren abweichenden Standpunkt zum Ausdruck gebracht, wenngleich ja auch ich gegen jede uneingeschränkte Ableitung scharfe Stellung genommen habe. Davon abgesehen, ist aber in den zahlreichen Kritiken meines Buches, die mir zu Gesicht gekommen sind, der Wert und die Bedeutung der von mir darin niedergelegten Forschungsergebnisse mit seltener Einstimmigkeit anerkannt worden.

Für diesen Nachtrag bitte ich um die gleiche wohlwollende Beurteilung. Jeder von uns kann irren, insbesondere wenn es sich um ein so schwieriges und verwickeltes Gebiet handelt, wie die Beurteilung



der aus der Ableitung der Kaliabwässer in unsere Wasserläufe entstehenden Folgen, ein Gebiet, bei dem es sich stets und überall um einen notwendigen Ausgleich scharf widerstrebender Interessen handelt. Jede sachlich begründete Kritik werde ich deshalb dankbar begrüßen. Sie wird ein Schritt weiter sein zur Erkenntnis der Wahrheit oder doch desjenigen, was wir nach unserer lückenhaften Kenntnis dafür halten müssen.

Berlin, im Mai 1915

**J. H. Vogel**



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort . . . . .	III
Carnallitverarbeitung . . . . .	1
Einfluß der Kaliendlaugen im Trinkwasser . . . . .	3
Folgerungen . . . . .	14
Einfluß der Kaliendlaugen auf das Leben und Gedeihen der Fische . . . . .	15
Untersuchungen von Müller und Fresenius . . . . .	18
Untersuchungen von Helfer . . . . .	25
Untersuchungen von Hirsch und Cronheim . . . . .	29
Untersuchungen von v. Alten . . . . .	34
Beurteilung der besprochenen Untersuchungen . . . . .	39
Folgerungen . . . . .	41
Einfluß der Kaliendlaugen im Flußwasser auf Riesel-, Stau- und Überschwemmungswiesen . . . . .	42
Untersuchungen von Stutzer und Haupt . . . . .	43
Versuche auf einer Wiese bei Bendeleben a. d. Wipper . . . . .	47
Versuche auf einer Wiese bei Banteln a. d. Leine . . . . .	48
Feldversuche in Oldisleben a. d. Unstrüt . . . . .	51
Untersuchungen über die lösende Wirkung der Endlaugen auf Kali und Kalk im Boden . . . . .	53
Beurteilung der Versuche von Stutzer und Haupt . . . . .	55
Folgerungen . . . . .	59
Einfluß der Kaliendlaugen auf Salzgehalt und Härte des Flußwassers . . . . .	60
Einfluß der Kaliendlaugen im Flußwasser auf die Selbstreinigung von organischen, fäulnisfähigen Stoffen . . . . .	66
Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser . . . . .	68
Das erste Gutachten Dunbars . . . . .	69
Das zweite Gutachten Dunbars . . . . .	71
Befunde nach Noll . . . . .	74
Befunde nach Precht . . . . .	76
Besprechung der Dunbarschen Untersuchungsergebnisse . . . . .	77
Nolls Entgegnung auf das zweite Gutachten Dunbars . . . . .	83
Feststellungen über die Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser . . . . .	86
Abscheidungen chemischer Art . . . . .	86
Abscheidungen biologischer Art . . . . .	90
Folgerungen . . . . .	91
Aufnahmefähigkeit des Elbewassers bei Hamburg für Endlaugen . . . . .	92
Schlußwort . . . . .	99
Register . . . . .	103

# intellektuelle

intellektuelle Arbeit ist die Arbeit, die sich auf die geistigen Fähigkeiten des Menschen bezieht. Sie umfasst die Bereiche Wissenschaft, Kunst, Literatur, Philosophie und die meisten Berufe in der Dienstleistungsbranche. Im Gegensatz zur körperlichen Arbeit, bei der die Hände im Vordergrund stehen, beruht die intellektuelle Arbeit auf der Nutzung des Verstandes und der Kreativität.

Die intellektuelle Arbeit ist oft abstrakt und erfordert eine hohe kognitive Leistungsfähigkeit. Sie ist in der Regel nicht zeitlich und räumlich begrenzt, was sie von der körperlichen Arbeit unterscheidet. Zudem ist sie oft sozial eingebettet, da viele intellektuelle Tätigkeiten in Teams oder in einem größeren gesellschaftlichen Kontext stattfinden.

Die Wertschöpfung der intellektuellen Arbeit ist oft schwer zu messen und zu quantifizieren. Sie führt zu Innovationen, neuen Erfindungen und kulturellen Schöpfungen, die die Grundlage für den Fortschritt einer Gesellschaft bilden. In der modernen Wirtschaft spielen intellektuelle Berufe eine zunehmend wichtige Rolle, da die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften stetig wächst.

Die intellektuelle Arbeit ist jedoch nicht frei von Herausforderungen. Sie erfordert oft eine hohe Motivation und eine kontinuierliche Weiterbildung, um den raschen Veränderungen in der Wissensgesellschaft gerecht zu werden. Zudem ist die intellektuelle Arbeit oft mit Unsicherheit und Konkurrenz verbunden, was die Arbeitsbedingungen in diesem Bereich erschweren kann.

## Carnallitverarbeitung

Für die Beurteilung der Endlaugenfrage ist es wichtig, die Menge der alljährlich verarbeiteten Kalirohsalze und insbesondere des verarbeiteten Carnallites zu kennen. Mit Rücksicht auf die Würdigung verschiedener wissenschaftlichen Arbeiten ist es ferner wertvoll, zu wissen, welche Carnallitmengen in den beiden in Frage kommenden großen Flußgebieten (Elbe und Weser) verarbeitet wurden. Nachstehend gebe ich darüber für die beiden Jahre 1912 und 1913 eine vergleichende Zusammenstellung, die auf Veranlassung von Precht von der statistischen Abteilung des Kalisyndikats angefertigt wurde.

Die Förderung von Carnallit und Hartsalz zu fabrikatorischen Zwecken betrug in den verschiedenen Gebieten in dz:

	Carnallit		Hartsalz		Zusammen	
	1912	1913	1912	1913	1912	1913
Elbegebiet . .	34 541 087	36 272 800	7 322 018	9 350 704	41 863 105	45 623 504
Wesergebiet . .	17 570 724	16 068 537	17 472 313	17 636 132	35 043 037	33 704 669
Elsaßgebiet . .	—	—	579 359	974 275	579 359	974 275
<b>Zusammen</b>	<b>52 111 811</b>	<b>52 341 337</b>	<b>25 373 690</b>	<b>27 961 111</b>	<b>77 485 501</b>	<b>80 302 448</b>

Erläuternd sei bemerkt, daß seit Anfang Februar 1913 die an der Oberaller gelegenen Kaliwerke (Burbachkonzern) die Ableitung von Endlaugen und sonstigen Kaliabwässern nach der Aller (Wesergebiet) eingestellt haben und seitdem ausschließlich in die Elbe unterhalb Magdeburg entwässern<sup>1)</sup>. Seit dieser Zeit müssen sie also, soweit die Abwässerung in Betracht kommt, zum Elbegebiet gerechnet werden.

Von den im Elbegebiet verarbeiteten Carnallitmengen entfielen:

	auf das Saalegebiet	auf die Elbe unterhalb Saalemündung
1912:	32 038 587 dz	2 502 500 dz
1913:	32 032 046 „	4 240 754 „

<sup>1)</sup> Mit Einschluß der in Braunschweig gelegenen Gewerkschaft Braunschweig-Lüneburg.

Mit Rücksicht auf die Bedeutung der Endlaugenableitung für die Trinkwasserversorgung der Stadt Magdeburg sei noch folgende Gegenüberstellung gegeben:

Die fabrikatorische Verarbeitung von Carnallit betrug im

	Elbegebiet oberhalb Magdeburg	Elbegebiet unterhalb Magdeburg
1912:	32 247 587 dz	2 293 500 dz
1913:	32 217 746 „	4 055 054 „

Die Gegenüberstellungen lehren:

Auch im Jahre 1913 erfolgte eine normale Zunahme in der Verarbeitung von Kalirohsalzen. Diese betraf jedoch fast nur die Hartsalzverarbeitung. Die verarbeitete Carnallitmenge nahm dagegen nur im ganz geringen Grade zu und zwar nur im Elbegebiet. Im Wesergebiet fand scheinbar sogar eine Abnahme statt. In Wirklichkeit sind aber die im Wesergebiet in beiden Jahren verarbeiteten Carnallitmengen die gleichen, da die scheinbare Abnahme sich ungefähr mit der vom Burbachkonzern verarbeiteten Carnallitmenge deckt.

## Einfluß der Kaliendlaugen im Trinkwasser

Die noch zulässige Menge Kaliendlaugen im Trinkwasser hatte ich im Jahre 1913 mit folgenden Worten<sup>1)</sup> gekennzeichnet:

„Stellt man sich auch mit Tjaden auf den Standpunkt, daß ein Wasser seine Eignung zur Nutzung für alle Zwecke des Haushalts erst verliert, wenn in ihm soviel Endlaugen enthalten sind, daß es 0,168 g Chlormagnesium ( $MgCl_2$ ) in 1 Liter entsprechend 10 deutschen Härtegraden enthält, so wird man doch gut tun, an der vom Reichsgesundheitsrate festgesetzten Geschmacksgrenze von 0,110 g Chlormagnesium ( $MgCl_2$ ) in 1 Liter entsprechend 6,6 deutschen Härtegraden festzuhalten. Einerseits muß man doch damit rechnen, daß es überall Personen mit besonders scharf ausgeprägtem Geschmacksorgan gibt, und andererseits ist nicht zu verkennen, daß selbst beim besten Willen der Kaliwerksleiter und bei schärfster Kontrolle der Behörden immer einmal gewisse Überschreitungen der festgesetzten Grenze vorkommen könnten.“

„In dem für alle Zwecke des Haushaltes dauernd zu benutzenden Wasser ist selbst für den gesunden Erwachsenen ein Gehalt von 1 g Chlormagnesium aus Endlaugen auf 1 Liter entsprechend rund 60 deutschen Härtegraden als gesundheitsschädlich anzusehen. Genaueres über die Grenze der Schädlichkeit ist nicht bekannt. Nach allen Erfahrungen darf aber gesagt werden, daß die Überschreitung der Geschmacksgrenze des Chlormagnesiums aus Endlaugen, wie sie der Reichsgesundheitsrat mit 0,110 g im Liter festsetzte, um 50 % als gesundheitsschädlich mit Rücksicht auf alle Klassen der Bevölkerung und alle Altersstufen auch bei dauernder und ausschließlicher Benutzung zwar noch nicht anzusehen ist, daß aber ein Überschreiten dieser Grenze bis zum Beweise des Gegenteils für normale Verhältnisse vorläufig als durchaus unstatthaft bezeichnet werden muß. Das entspricht einer Menge von 0,165 g Chlormagnesium aus Endlaugen in 1 Liter, oder reichlich 10 deutschen Härtegraden,

<sup>1)</sup> Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin, 1913, Seite 37/38 und 51.

d. h. einer Menge von 1 Teil Endlauge in rund 2300 bis 2400 Teilen Wasser. Bei von Natur sehr harten Wässern wird man vermutlich auch noch 0.200 g Chlormagnesium in 1 Liter als äußerste Grenze zulassen können, sofern dann mindestens zwei Drittel der gesamten Härte aus natürlicher Kalkhärte bestehen.“

Alle Autoren haben ihr Urteil im wesentlichen nur auf Schmeckproben gestützt und mußten, wie ich das auch getan habe, deshalb mit einem gewissen Sicherheitsfaktor rechnen. Erfahrungen aus der Praxis lagen bis vor einigen Jahren überhaupt nicht vor. Erst vor einiger Zeit hat Heyer<sup>1)</sup> auf das Grundwasser der Leopoldshaller Leitung mit seinem sehr hohen Gehalt an Chlormagnesium neben anderen Salzen des Magnesiums hingewiesen. Er fand neben großen Mengen Chlornatrium (500 mg und darüber) bis zu 100 mg Chlormagnesium und mehr in 1 Liter dieses Wassers. Er fügte seiner Abhandlung Zeugnisse der ortsansässigen Ärzte bei, welche sämtlich die vorzügliche Beschaffenheit des Wassers bestätigten. Aus dem übereinstimmenden Urteil Heyers und dieser Ärzte geht hervor, daß

- a) das Leopoldshaller Wasser sehr schmackhaft ist,
- b) weder bei Gesunden noch bei Kranken nachteilige Folgen von dem dauernden Genuß dieses Wassers beobachtet werden konnten.

Die übereinstimmende Bekundung des guten Wohlgeschmacks ist selbstredend so zu verstehen, daß das Wasser nicht nur als solches gut schmeckt, sondern auch in Speisen und Getränken (z. B. Kaffee, Tee). Letzteres verdient deshalb hervorgehoben zu werden, weil es nicht ausdrücklich erwähnt wird, was natürlich der Fall gewesen wäre, wenn das Wasser ausschließlich im rohen Zustande als wohlschmeckend gekennzeichnet werden sollte, nicht aber nach der Verwendung zur Zubereitung von Speisen und Getränken. Es darf deshalb nach dem Zeugnis Heyers und der ortsansässigen Ärzte als feststehend angesehen werden, daß das Leopoldshaller Wasser den Forderungen des Reichsgesundheitsrates<sup>2)</sup> entspricht, nach welchen Veränderungen des Geschmacks des Trinkwassers „auch bei dem geringsten Grade, auch wenn sie nur als Nebengeschmack wahrnehmbar sind“, hygienisch verurteilt werden müssen. Auch den Forderungen des Bundesrates, nach welchen gutes Trinkwasser von solcher Beschaffenheit sein soll, daß es „gern genossen“ wird<sup>3)</sup>, entspricht also demnach das Leopoldshaller Leitungswasser.

<sup>1)</sup> Zeitschrift für angewandte Chemie, 1911, Seite 145; die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin, 1913, Seite 48.

<sup>2)</sup> Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker und Aller, Seite 79.

<sup>3)</sup> Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 1906, Nr. 30.



Um aber bezüglich dessen, was unter Schmachhaftigkeit des Leopoldshaller Wassers zu verstehen sei, sicher zu gehen, wandte ich mich mit einer Anfrage an Herrn Professor Dr. Heyer, der in Dessau wohnhaft ist. Dieser teilte mir mit, daß er bisher nur Veranlassung hatte, den Geschmack des roh genossenen Leopoldshaller Leitungswassers bei seinen regelmäßigen Untersuchungen festzustellen, daß er dagegen eigene Erfahrungen über den Geschmack des mit diesem Wasser hergestellten Kaffees und Tees nicht besitze. Er könne jedoch folgendes darüber mitteilen:

„Meine Korrespondentin erzählte mir, daß ihre Schwester, welche 10 bis 12 Jahre in Leopoldshall Lehrerin gewesen und vor kurzem erst nach Bernburg versetzt worden sei, bei Besuch in Dessau wenn irgend möglich dem Kaffeewasser bereits Salz zusetze, da sie — durch den kräftig schmeckenden Kaffee aus Leopoldshaller Leitungswasser „verwöhnt“ — der Ansicht sei, daß das Kaffeepulver durch das salzreichere Wasser besser ausgelaugt (ausgenutzt) werde, und selbst wenn sie aus Dessauer Leitungswasser (ohne Salzzusatz) hergestellten Kaffeeaufguß vorgesetzt bekomme, wenigstens diesem noch stets Salz zusetze. Lieber sei ihr aber, wenn das Salz schon dem Wasser vor dem Aufgießen auf das Kaffeepulver zugesetzt werden könne.

Auch ein Kollege von ihr, der noch in Leopoldshall angestellt, zurzeit aber hier in Dessau zur Dienstleistung eingezogen ist, setze stets Salz dem Kaffeewasser und, falls dies nicht möglich, dem fertigen Kaffee zu.

Über Tee aus Leopoldshaller Leitungswasser hat meine Korrespondentin ihre zu Besuch hier befindliche Schwester befragt, aber nur die Auskunft erhalten, daß diese selbst keinen Tee tränke, aber während ihres langen Aufenthaltes in Leopoldshall nichts davon gehört habe, daß der Tee in Leopoldshall besonders schlecht schmecke, oder daß das dortige Leitungswasser zur Teebereitung ungeeignet sei.

Weiter erhielt meine Korrespondentin auf ihre Anfragen die Nachricht, daß drei seit längerer Zeit ständig in Leopoldshall lebende Familien niemals gehört haben, daß das dortige Leitungswasser sich zur Teebereitung nicht eigne und auch selbst nie einen unangenehmen Geschmack des aus diesem Wasser bereiteten Tees wahrgenommen haben. Auf Grund ihrer Anfrage haben die Familien sowohl Kaffee wie Tee aus Leopoldshaller Leitungswasser in gewohnter Weise hergestellt und mit besonderer Sorgfalt den Geschmack dieser Getränke geprüft, haben aber nichts Absonderliches und namentlich sicher keinen unangenehmen Geschmack des Kaffees oder Tees wahrgenommen.

Außerdem haben zwei ältere Leopoldshaller Damen, welche in dem Rufe stehen, auf Wohlgeschmack besonderen Wert zu legen, erklärt,

daß sie ständig Tee aus dortigem Leitungswasser trinken und daß ihrer Erinnerung nach der Tee stets einen guten Geschmack gehabt hat.“

Soweit Professor Heyer!

Trotz der einwandfreien Beschaffenheit des Leopoldshaller Leitungswassers konnte ich oft den Einwand hören, daß man ja nicht wissen könne, ob insbesondere Kinder und Kranke nicht unter den nachteiligen Wirkungen dieses Wassers zu leiden hätten und noch dauernd litten, da ja den Leopoldshaller Ärzten ein passendes Vergleichsobjekt fehle.

Inzwischen ist nun eine Arbeit von Gärtner<sup>1)</sup> erschienen, die zusammen mit der eben erwähnten Beurteilung der ortsansässigen Sachverständigen in grundlegender und völlig zweifelsfreier Weise nach dieser Richtung Klarheit schafft. Es rechtfertigt sich deshalb, auf diese Arbeit hier näher einzugehen.

Das auf preußischem Gebiete gelegene Staßfurt hat sich nach Mitteilungen, die Gärtner aus der Kaliindustrie zuziehen, seit deren Entstehung aus einem kleinen bescheidenen Städtchen mit wenig tausend Einwohnern zu einer Stadt von etwa 18 bis 19000 Einwohnern entwickelt. Unmittelbar anschließend an der südöstlichen Seite von Staßfurt sei mit der Begründung des Herzogl. Anhaltischen Salzbergwerkes vor 50 Jahren die Gemeinde Leopoldshall entstanden, die gegenwärtig etwa 7000 Einwohner zähle. Die Abgrenzung zwischen Staßfurt und Leopoldshall lasse sich nicht erkennen<sup>2)</sup>; wer mit den örtlichen Verhältnissen nicht vertraut sei, müsse annehmen, daß nur eine Stadt vorhanden sei. Beide Gemeinden benutzten in der ersten Zeit der Entwicklung der Kaliindustrie Bodewasser als Gebrauchs- und Trinkwasser. Da aber das Bodewasser stark verunreinigt war, wurde vor etwa 40 Jahren für Leopoldshall ein Grundwasserwerk im Wippertale zwischen Leopoldshall und Güsten erbaut. Dies ist das schon erwähnte Grundwasser mit seinem so außergewöhnlich hohen Magnesiumgehalt. Letzterer betrug im Durchschnitt von 27 Untersuchungen 85,32 mg; 9 Untersuchungen ergaben einen Magnesiumgehalt von über 90 mg, 8 Untersuchungen von 80 bis 90 mg und 10 Untersuchungen einen solchen unter 80 mg im Liter. Der Unterschied des Magnesiumgehaltes in den verschiedenen Jahreszeiten sei nicht erheblich. Eine Wasserprobe vom 3. Dezember

<sup>1)</sup> Untersuchung über die Sterblichkeitsverschiedenheit in den Gemeinden Staßfurt und Leopoldshall, unter besonderer Berücksichtigung der Trinkwasserverhältnisse. Von Marineassistentenarzt Dr. med. Wolf Gärtner aus Jena. Aus dem hygienischen Institut der Universität Jena. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten Bd. LXXIX.

<sup>2)</sup> Allerdings sollte man nach Dunbar, „Die Abwässer der Kaliindustrie“ (München 1913, Seite 70), annehmen, daß die Häuser in Leopoldshall auf den ersten Blick durch ihre feuchten, mit Pilzvegetationen bedeckten Wände von denjenigen Staßfurts zu unterscheiden wären. Vergl. jedoch dazu meine Schrift „Die Abwässer der Kaliindustrie“, Berlin 1914, Seite 91.

1912 aus dem Brunnen bei Neundorf des Leopoldshaller Wasserwerks habe 92,78 mg Magnesia im Liter enthalten. Als besonders wichtig wird hervorgehoben, daß fast sämtliches Magnesium im Leopoldshaller Trinkwasser als leichtlösliches Salz in Form von Chlormagnesium und Magnesiumsulfat vorhanden sei, und Magnesiumkarbonat im Wasser überhaupt ganz fehle oder doch nur in sehr geringer Menge vorhanden sein könne. Nach der Methode von Noll ausgeführte Analysen hätten ebenfalls bestätigt, daß im Leopoldshaller Trinkwasser vorzugsweise Chlormagnesium und Magnesiumsulfat vorhanden seien. Auf Grund der ärztlichen Gutachten komme Heyer zu dem Schluß, das Leopoldshaller Trinkwasser übe einen nachteiligen Einfluß auf den Gesundheitszustand der Bewohner nicht aus. In neuester Zeit habe Medizinalrat Dr. Esleben, Kreisarzt in Bernburg, sich mit der Frage beschäftigt, ob ein magnesia- oder salzreiches Wasser für den menschlichen Genuß von Nachteil sei. Bei diesem Studium habe er auch die Sterblichkeitszahlen von Leopoldshall und Staßfurt vergleichsweise zusammengestellt. Aus den Zahlen über die Verschiedenheit der Sterblichkeit sei zu ersehen, daß in der Zeit von 1900 bis 1911 in jedem Jahr die Sterblichkeit in Leopoldshall geringer war als in Staßfurt, und der Durchschnitt von 12 Jahren in Leopoldshall 16,95 und in Staßfurt 20,28 betrug. Diese Feststellung sei besonders auffallend, wenn man berücksichtige, daß die Bevölkerung in beiden Gemeinden die gleiche sei. Die Arbeiter in Leopoldshall und Staßfurt würden zum Teil in den Kalisalzbergwerken und zum Teil in den Fabriken beschäftigt. Anscheinend sei das Verhältnis der Bergwerks- und Fabrikarbeiter in beiden Gemeinden das gleiche. Auch müsse man annehmen, daß in dem Verhältnis zu den übrigen Bewohnern wie Kaufleuten und Beamten kaum ein Unterschied vorhanden sei. Beide Gemeinden hätten Gasbeleuchtung. Staßfurt habe seit einigen Jahren auch ein Elektrizitätswerk, aber die elektrische Beleuchtung werde in den Arbeiterwohnungen wohl kaum benutzt. Die Kanalisation sei anscheinend in Staßfurt besser durchgeführt als in Leopoldshall. Irgendwelche Einrichtungen, die in hygienischer Beziehung für Leopoldshall Vorteile bieten könnten, seien schwerlich vorhanden. Der einzige Unterschied liege in der Wasserversorgung. Staßfurt habe zwei Wasserleitungen, eine ältere zur Versorgung der Fabriken und zum Spülen der Straßen, in die vorzugsweise Bodewasser gepumpt, und eine vor 20 Jahren erbaute Trinkwasserleitung, die mit Quellwasser aus dem Muschelkalk gespeist werde. Sie sei in den ersten Jahren mit dem Quellwasser aus dem Gänsefurther Gehölz versorgt worden. Da aber diese Quelle dauernd nicht ergiebig war, werde seit etwa 10 oder 12 Jahren das Wasser für die Trinkwasserleitung einer Quelle entnommen, die aus dem Muschelkalk bei Börnecke hervortritt. Dieses Wasser sei von wesentlich anderer Zusammensetzung. Der Chlorgehalt

betrage nur 28,4 mg im Liter, während das Leopoldshaller Wasser im Durchschnitt 365 mg Chlor im Liter enthalte. Der Chlorgehalt sei also zwölfmal größer als im Staßfurter Wasser. Chlormagnesium und Magnesiumsulfat seien im Staßfurter Wasser überhaupt nicht vorhanden. Die Nichtkarbonathärte betrage nur 4,9 deutsche Grade, während das Leopoldshaller Wasser davon 19,29 Grade aufweise.

Gärtner hat diese Mitteilungen mit weitgehender Unterstützung von Behörden nachgeprüft und weiter untersucht, ob

- a) wirklich die allgemeinen, gesundheitlichen und sozialen Verhältnisse in beiden Gemeinden gleich sind;
- b) die sich dabei etwa ergebenden Verschiedenheiten der Verhältnisse ausreichen, den Unterschied der Sterblichkeit zu begründen;
- c) das Wasser von Einfluß auf die Sterblichkeit ist, wobei insbesondere berücksichtigt wurde, ob das harte Wasser von Leopoldshall nützlich, das weiche Wasser von Staßfurt schädlich ist.

In sehr eingehenden, reich mit statistischem Material ausgestatteten Darlegungen bespricht Gärtner zunächst die hygienischen Verhältnisse in beiden Städten, ferner die Bevölkerung nach Geschlecht und Altersbesetzung, die Geburtenfrage, die Einkommen- und sonstigen sozialen Verhältnisse. Daran schließt sich dann eine nicht weniger als 55 Druckseiten umfassende Erörterung der Todesursachen. Die einzelnen Krankheiten werden besprochen und im Anschluß daran die Alterszusammensetzung und die Sterblichkeit von je 5 zu 5 Jahren dargelegt. Dieser Abschnitt ist von ganz besonderem Interesse und gibt den Schlüssel für die Beantwortung der aufgeworfenen Fragen.

Im letzten Teil seiner Arbeit behandelt Gärtner dann die Frage, ob das Wasser in den beiden Städten von Einfluß ist auf die Sterblichkeit. Nachdem er hier zunächst die allgemeinen Gesichtspunkte über die Zufuhr von Salzen besprochen hat, werden die Unterschiede zwischen dem Staßfurter und Leopoldshaller Wasser dargelegt.

Es wird neues Analysenmaterial vorgetragen über die Zusammensetzung des Leopoldshaller und Staßfurter Wassers, aus dem hervorgeht, was schon oben wiederholt dargelegt wurde. In einer sehr übersichtlichen Tabelle werden die ganzen Verhältnisse anschaulich dargestellt. Nun wird der Einfluß der Wasser in den beiden Städten auf die Säuglingssterblichkeit, die Sterblichkeit der größeren Kinder und auch auf diejenige der Erwachsenen besprochen. Daran schließt sich ein Kapitel über den Einfluß des Salzgehaltes auf die einzelnen Krankheitsgruppen.

Das Gesamtergebnis seiner Untersuchungen gibt Gärtner mit folgenden Worten wieder:

1. In den Gemeinden Staßfurt und Leopoldshall besteht in den Jahren 1900 bis 1911 eine durchschnittliche jährliche Mortalitätsdifferenz

von 3,49 pro Mille zuungunsten von Staßfurt. Wären die Gemeinden gleich groß und die Sterblichkeit in Staßfurt ebenso niedrig wie in Leopoldshall, so wären in dem zwölfjährigen Zeitraum etwa 675 Personen weniger gestorben.

2. Es ist behauptet worden, die sozialen und gesundheitlichen, kurz alle Verhältnisse seien in beiden Gemeinden gleich. Die Verschiedenheit der Sterblichkeit beruhe auf den Verschiedenheiten in der chemischen Zusammensetzung der Trinkwässer, und zwar sollen vor allem die Verbindungen des Kalkes und der Magnesia für Leopoldshall von günstigerem Einfluß gewesen sein als das salzärmere Wasser von Staßfurt für seine Einwohner.

3. Die Behauptung, die allgemeinen hygienischen Verhältnisse seien in beiden Gemeinden gleich, trifft annähernd zu; allerdings ist die Wohndichtigkeit in Staßfurt etwas größer.

4. Die sozialen Verhältnisse haben sich dahingegen als für Staßfurt ungünstiger herausgestellt. Das lehrt die vergleichsweise Gegenüberstellung der Einkommen, die Auszählung nach Berufen und die Verteilung der Dienstboten.

5. Der Grund für die verschiedene soziale Schichtung ist in der verschiedenen Besteuerung gegeben, welche auf die staatliche Zugehörigkeit und auf die verschiedene kommunale Verwaltung zurückzuführen ist. (Das preußische Staßfurt ist Stadt, während das anhaltische Leopoldshall Dorf ist.)

Leute mit hohem Einkommen zahlen in Leopoldshall weniger Steuern als in Staßfurt und die minder Wohlhabenden und Armen in Staßfurt weniger als in Leopoldshall. Diese Verschiedenheiten haben eine differenzierende Wanderung bezüglich des Wohnsitzes über die Grenze hervorgerufen, wodurch aber die Wahl des Arbeitsortes nicht berührt wird.

6. Bezüglich der Altersverteilung bestehen innerhalb der beiden Gemeinden keine wesentlichen Unterschiede, abgesehen von dem anfänglichen Überwiegen der Kinder in Staßfurt, so daß eine Zeitlang bei der prozentualen Altersverteilung die jungen Jahre in Staßfurt, das erwerbsfähige Alter in Leopoldshall etwas stärker hervortreten.

Gegenüber der allgemeinen Alterszusammensetzung zeigen aber beide Gemeinden eine Verschiedenheit, indem anfänglich ein ortsansässiges Greisenalter fehlt, welches auch bis 1910 sich noch nicht vollständig herausgebildet hat. Weiterhin zeigt sich in den ersten Berichtsjahren ein Überwiegen der Männer über die Frauen.

Diese bemerkenswerte Verschiebung in der Alters- und Geschlechtszusammensetzung ist bedingt durch das starke Anwachsen der Städte infolge des Aufblühens der Kaliindustrie.

7. Auffallend stark ist der Geburtenrückgang in beiden Gemeinden. In der wohlhabenderen Gemeinde Leopoldshall ist schon am Anfang des Zeitraumes die Geburtsfrequenz geringer als in Staßfurt. In Staßfurt sinkt sie jedoch schneller als in Leopoldshall, was dadurch erklärt wird, daß am Anfang des Berichtszeitraumes die Geburtenzahl in Staßfurt abnorm hoch war und mit steigender Wohlhabenheit und mit der Nivellierung der Alterszusammensetzung abnimmt. Der freiwilligen Konzeptionsverhinderung muß der größte Einfluß zugemessen werden.

8. Zwei äußere Momente wirken auf die Mortalitätsdifferenz (in allerdings unerheblicher Weise) ein:

- a) In Staßfurt starben in den Krankenhäusern prozentual mehr Ortsfremde als in Leopoldshall.
- b) In Leopoldshall kamen relativ mehr Ortsfremde (von diesen ein großer Teil Staßfurter Arbeiter) durch Unglücksfälle und Selbstmorde um.

Unter Berücksichtigung der Fehlerquelle durch Ortsfremde stellt sich die Mortalität von 3,49 pro Mille auf 3,14 pro Mille zuungunsten Staßfurts. In den von uns angelegten Todesursachentabellen wurden diese Fehlerquellen ausgeglichen, indem die in Staßfurt verstorbenen Leopoldshaller nach Leopoldshall übertragen wurden, und umgekehrt; die aus anderen Orten stammenden Ortsfremden blieben unberücksichtigt.

9. Die Mortalitätsdifferenz ist in der Hauptsache durch größere Sterblichkeit an einigen wenigen Krankheiten zu erklären; diese sind die Säuglingssterblichkeit, die infektiösen Kinderkrankheiten und die Krankheiten des hohen Alters.

10. Die Sterblichkeit der Säuglinge (und der Kinder bis etwa zum 18. Monat) wird zum allergrößten Teil durch Lebensschwäche, Magendarmkatarrh, Brechdurchfall und Krämpfe bedingt. Bezogen auf 100 Lebendgeborene steht Staßfurt bezüglich dieser Todesursachen erheblich schlechter da als Leopoldshall. Die Sterblichkeit beider Orte verbessert sich im Berichtszeitraum gleichmäßig.

Das Überwiegen der Sterblichkeit Staßfurts ist in der durch die Besteuerung gegebenen Differenzierung zu suchen mit ihren Folgeerscheinungen der größeren Kinderzahl, dem geringeren Einkommen, dem geringeren Intellekt, der geringeren Sorgfalt für die Nachkommenschaft.

11. Die infektiösen Kinderkrankheiten (Scharlach, Masern, Diphtherie, Keuchhusten) überwiegen relativ in Staßfurt erheblich. Es lassen sich dort lokale schwere Epidemien nachweisen, die nicht auf Leopoldshall übergreifen. Das häufigere Auftreten der infektiösen Kinderkrankheiten, die Ausbildung zu schweren Epidemien ist in der größeren Kinderzahl und dem materiell und geistig weniger günstigen Stande der untersten Klassen der Bevölkerung Staßfurts, also in sozialen Verhältnissen zu suchen. Die Beschränkung der Epidemien auf die größere Gemeinde

wird durch die territoriale, daher scharfe Trennung der Schulen, Preußen-Anhalt, erklärt.

12. Die Todesursachen des mittleren und hohen Alters überwiegen fast ausnahmslos in Staßfurt, ohne daß eine einzelne Todesursache besonders hervorsteicht. Es scheint in der minder wohlhabenden Gemeinde das durchschnittliche Lebensalter, auch abgesehen von der Kindersterblichkeit, niedriger zu sein.

Die Gründe für die höhere Sterblichkeit der höheren Altersklassen in Staßfurt sind wieder durch die sozialen Verhältnisse einschließlich der größeren körperlichen Werktätigkeit und ihrer Gefahren gegeben.

Gehirnschlag und Krankheiten der Kreislauforgane überwiegen im Alter über 50 Jahre bei der wohlhabenden Gemeinde Leopoldshall und können als Krankheiten der Wohlhabenden aufgefaßt werden; vielleicht kommt auch einer etwas genaueren Diagnosenstellung in diesen Kreisen eine gewisse Bedeutung zu. Für die einzige Ausnahme, die Harn- und Geschlechtskrankheiten, ließ sich bei dem geringen Material keine Ursache auffinden.

13. Neben den vorstehend erwähnten Einflüssen haben sich keine Anzeichen ergeben, die für einen Einfluß anderer Faktoren, insbesondere des Wassers in der einen oder anderen Richtung sprechen.

14. Die Verschiedenheit der beiden Wässer beruht auf dem höheren CaO- und MgO-Gehalte des Leopoldshaller Wassers. Die Karbonate sind nur in mäßigen und in gleichen Mengen in beiden Wässern vorhanden; in Leopoldshall überwiegen die Chloride, Sulfate eventuell Nitrate der Erdalkalien.

15. Man darf als richtig annehmen, daß eine Resorption der Salze des Wassers vorkommt, und zwar hauptsächlich dann, wenn in der Nahrung die fraglichen Salze in einer nicht hinreichenden Menge enthalten sind; ferner ist anzunehmen, daß die Salze der organischen Nahrungsmittel zuerst verarbeitet werden.

16. Bezüglich der Ernährung der Säuglinge und kleinen Kinder scheidet das Wasser vollständig aus, da das Surrogat der Muttermilch, die Kuhmilch, so viel Salze enthält, daß bei Verdünnung der Kuhmilch mit Staßfurter bzw. Leopoldshaller Wasser die relative Steigerung der Salze praktisch nicht in Betracht kommt.

17. Bezüglich der Ernährung der Erwachsenen hat sich bei Vergleichen zwischen dem Salzbedarf und der tatsächlichen Salzzufuhr ergeben, daß der physiologische Bedarf erheblich von der Salzzufuhr der Nahrung übertroffen wird, nicht nur bezüglich einzelner Personen, sondern auch bezüglich ganzer Völkerstämme, z. B. solcher, die ständig salzreiche Nahrungsmittel (Milch, Käse) zu sich nehmen. Diese Völker sind deshalb nicht kräftiger als die, welche das nicht tun. Die Kost der Staßfurter ist trotz des etwas weicheren Wassers nicht nennenswert

salzärmer als die von Leopoldshall. Bei beiden Kostarten besteht ein Überschuß an Kalk- und Magnesiumsalzen.

18. Die einzelnen, den Totenüberschuß bedingenden Krankheiten werden durch den verschiedenen Salzgehalt der Wässer nicht beeinflusst. Bei den Säuglingskrankheiten ist der Salzgehalt des Wassers absolut belanglos; es ist ausgeschlossen, daß er auf den Brechdurchfall usw. einwirken könnte. Bei den Infektionskrankheiten der Kinder und denen, die alle Altersklassen betreffen (Tuberkulose usw.), spielen die Salze gleichfalls keine Rolle. Die Erkrankung der Atmungsorgane, die Gehirn- und Nervenleiden, die Krankheiten der Verdauungsorgane der Erwachsenen, die malignen Neubildungen, die Folgen der Geburt und die gewaltsamen Todesarten bieten keine so großen Unterschiede, daß sie die Sterblichkeit nennenswert beeinflussen; zudem ist auf ihre Entstehung und ihren Verlauf, insbesondere ihren tödlichen Verlauf, die geringe Differenz im Salzgehalt der Nahrung völlig bedeutungslos.

Die Betrachtung des Einflusses auf die Kreislauforgane (Arteriosklerose) und die Altersschwäche hat auch hier andere wirksame Momente ergeben, als den Salzgehalt des Wassers.

19. Nach allem ist die Mortalitätsdifferenz zwischen den beiden Gemeinden in der Hauptsache auf die mit der Wohlhabenheit zusammenhängenden Einflüsse zurückzuführen. Ein Einfluß des Salzgehaltes des Wassers auf die Sterblichkeit muß dahingegen vollständig abgelehnt werden.

Soweit die von Gärtner aus seinen Untersuchungen gezogenen Folgerungen!

Nach den unter 13 bis 19 vom Verfasser aufgestellten Leitsätzen und den diesen zugrunde liegenden Erörterungen darf als sicher angenommen werden, daß der hohe Gehalt an Salzen, insbesondere an Chlormagnesium, im Wasser der Leopoldshaller Leitung keinerlei ungünstigen Einfluß ausgeübt hat. Das ist das für die Praxis der Endlaugenableitung so sehr erfreuliche positive Ergebnis exakter wissenschaftlicher Forschung, um so erfreulicher, als es sich mit den langjährigen Beobachtungen Heyers und der ortsansässigen Ärzte vollkommen deckt, und um so wichtiger, als es sich um eine Beobachtungsperiode von 12 Jahren an Tausenden von Menschen handelt.

Nicht positiv entschieden ist durch die Gärtnersche Arbeit die Frage der Schädlichkeitsgrenze des Chlormagnesiums im Trinkwasser. Immerhin liefert sie auch für diese wertvolle Beiträge. Als durchaus sicher feststehend verdient zunächst die Tatsache hervorgehoben zu werden, daß ein dauernder Genuß von 80 bis 100 mg Chlormagnesium neben mehr als 500 mg Chlornatrium in 1 Liter Trink- und Brauchwasser für Gesunde und Kranke, für Erwachsene, Kinder und Säuglinge als völlig unschädlich anzusehen ist. Damit werden so extreme For-



derungen, wie sie kürzlich noch von dem Direktor eines staatlichen hygienischen Instituts, Prof. Dr. Dunbar<sup>1)</sup> in Hamburg, aufgestellt werden konnten, so gründlich widerlegt, daß diese fortan aus jeder Diskussion ausgeschaltet werden müssen. Hatte doch Dunbar unter Punkt 2 seiner Leitsätze noch folgende Behauptung aufgestellt:

„Ein Gehalt von 30 mg Chlormagnesium im Liter beeinträchtigt schon die Verwendbarkeit des Wassers zur Herstellung von Tee. Ein Chlormagnesiumgehalt von 75 mg tritt bei der Kaffeebereitung schon störend in Erscheinung. Ein Chlormagnesiumgehalt von 50 mg im Liter Trinkwasser wird von vielen Personen schon unangenehm empfunden, ein Gehalt von 110 mg Chlormagnesium dagegen bereits von einem großen Prozentsatz der Bevölkerung. Auch nach anderer Richtung wirken derartige Chlormagnesiummengen bereits in nachweisbarer Weise schädlich.“

In einer zweiten Abhandlung<sup>2)</sup> hat Dunbar dieselbe Auffassung vertreten und dahin erweitert, daß „nach dem Urteil maßgebender Instanzen<sup>3)</sup> ein Gehalt von 50 bis 110 mg Chlormagnesium im Liter ein Wasser so verändert, daß es sich für Trink- und manche häusliche Zwecke nicht mehr eignet“.

Die Praxis zeigt die Unrichtigkeit dieser Behauptung.

Aus der Gärtnerschen Arbeit kann man aber noch weiter mit großer Wahrscheinlichkeit folgern, daß auch größere Mengen als 80 bis 100 mg Chlormagnesium in 1 Liter Trink- und Brauchwasser unschädlich sein müssen. Gärtner hat das im dritten Teil seiner Abhandlung indirekt begründet, und man braucht nur seine Leitsätze 16 bis 18 durchzulesen, um schon zu dieser Überzeugung zu kommen, denn wenn er den tatsächlichen Salzgehalt des Leopoldshaller Wassers für die Säuglingsernährung als „praktisch nicht in Betracht“ kommend und bei den Säuglingskrankheiten als „absolut belanglos“ bezeichnet, so darf man, ohne der Unvorsichtigkeit geziehen zu werden, wohl folgern, daß auch eine gewisse weitere Steigerung des Salzgehaltes (z. B. auf 168 mg Chlormagnesium in 1 Liter) noch nichts schaden kann. Darin wird man noch bestärkt werden, wenn man sich an die Arbeiten unserer Tierphysiologen über die noch unschädlichen Mengen Chlormagnesium im Tränkwasser unserer Haustiere erinnert. Dabei haben

<sup>1)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie, München und Berlin 1913, Seite 71.

<sup>2)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie, München und Berlin 1914, Seite 12.

<sup>3)</sup> Die „Instanzen“ werden nicht namhaft gemacht. In der Fachliteratur konnte ich an keiner Stelle etwas darüber finden. Es wäre erwünscht, daß Dunbar diese „Instanzen“ näher kennzeichnen würde, ja man wird ihre Namhaftmachung um deswillen fordern müssen, wenn Dunbar Beachtung seines Standpunktes wünscht, weil die namhafteste und erste Instanz Deutschlands, der Reichsgesundheitsrat, diesen Standpunkt nicht teilt, da er bis zu 110 mg für zulässig erklärte und nichts von „50 bis 110 mg“ gesagt hat.

sich übereinstimmend so außerordentlich große Mengen (bis zu 3 g in 1 Liter) als noch unschädlich<sup>1)</sup> erwiesen, daß auch daraus indirekt dieselbe Folgerung gezogen werden darf.

Nach allem wird man nach wie vor daran festhalten dürfen, daß derjenige Gehalt an Chlormagnesium im Trinkwasser noch unbedenklich ist, der durch den Geschmack nicht wahrgenommen werden kann.

Man wird ferner zu der Überzeugung kommen müssen, daß Tjaden ganz außerordentlich vorsichtig war, als er erklärte, daß das bei Bremen fließende Weserwasser seine Fähigkeit, für die Wasserversorgung der Stadt Bremen zu dienen, verliert, sobald sein Gehalt an Chlormagnesium auf 168 mg in 1 Liter gestiegen sei.

### Folgerungen

Die Richtigkeit meiner eingangs wiedergegebenen Folgerungen aus dem Jahre 1913 wird durch die inzwischen vorgenommenen Untersuchungen weitgehendst bestätigt. Gestützt auf langjährige Erfahrungen mit Tausenden von Personen jeglichen Alters und Geschlechtes kann sie noch folgenden Zusatz erhalten:

Ein Wasser mit 100 mg Chlormagnesium ( $MgCl_2$ ) in 1 Liter weist weder im rohen Zustande noch in Speisen oder Getränken infolge dieses Salzgehaltes unangenehmen Geschmack auf. Es ist unter sonst geeigneten Voraussetzungen in gesundheitlicher Hinsicht nicht zu beanstanden, kann vielmehr auch dauernd Kranken und Säuglingen gegeben werden. So kann es z. B. unbedenklich zur Verdünnung von Säuglingsmilch, zur Bereitung von Kaffee und Tee u. a. m. benutzt werden. Das alles trifft selbst dann noch zu, wenn das Wasser neben der angegebenen Menge Chlormagnesium noch bis zu 550 mg Chlornatrium in 1 Liter enthält. Solches Wasser entspricht bezüglich seines Salzgehaltes **unter sonst geeigneten Voraussetzungen**<sup>2)</sup> den Forderungen des Bundesrates und des Reichsgesundheitsrates, da es gern genossen wird und Veränderungen des Geschmacks oder Beigeschmacks nicht einmal im geringsten Grade erkennen läßt.

<sup>1)</sup> Näheres darüber vergl. J. H. Vogel, Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 69 folgende.

<sup>2)</sup> Flußwasser schmeckt infolge Mangels an Kohlensäure und hoher Temperatur auch ohne Zusatz von Chlormagnesium im Sommer sehr schlecht. Der hier in Rede stehende Salzgehalt ändert daran nichts.

## **Einfluß der Kaliendlaugen auf das Leben und Gedeihen der Fische**

Die im Fischwasser noch zulässige Menge Kaliendlaugen hatte ich im Jahre 1913 mit folgenden Worten gekennzeichnet<sup>1)</sup>:

„Nach den vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen, deren Ergebnisse mit zahlreichen Beobachtungen in der Praxis im vollen Einklang stehen, scheint die Schädlichkeitsgrenze für Kaliendlaugen auf Fische bei einem Gehalt des Fischwassers von 5 g Chlormagnesium ( $MgCl_2$ ) in 1 Liter, entsprechend rund 300 deutschen Härtegraden, diejenige für die Fischnahrung bei 3,5 g Chlormagnesium ( $MgCl_2$ ) in 1 Liter entsprechend rund 200 deutschen Härtegraden zu beginnen. Mit aller Sicherheit kann aber gesagt werden, daß neben anderen Salzen, wie sie von Natur in den Flußläufen vorzukommen pflegen, eine Menge von 1 g Chlormagnesium ( $MgCl_2$ ) in 1 Liter, entsprechend 60 deutschen Härtegraden aus Endlaugen, keinerlei ungünstigen Einfluß auf die Fische, ihre Brut und ihre Nahrung (Plankton) auszuüben vermag, und daß auch gelegentliche Überschreitungen selbst bis zur doppelten Endlaugenmenge den Fischen und ihrer Nahrung noch nicht von Nachteil werden. Diese Werte gelten auch unter Rücksichtnahme auf schwächere Individuen und ungünstige Temperaturverhältnisse.“

Die in früheren Jahren so oft aufgestellte Behauptung, daß in den Flußläufen, denen Kaliendlaugen zugeleitet werden, Fischsterben unvermeidlich seien, ist von vereinzelt Ausnahmen abgesehen schon seit Erstattung des ersten Gutachtens des Reichsgesundheitsrates<sup>2)</sup> im Jahre 1906 nicht mehr aufgestellt worden. Man hat aber statt dessen behauptet, die Fischnahrung würde durch die Endlaugen vernichtet, insbesondere litte das Plankton sehr und damit sei indirekt eine Schädigung der Fische selbst verbunden, die zu einem erheblichen

---

<sup>1)</sup> Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 88.

<sup>2)</sup> Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker und Aller. Berlin, 1907.

Rückgänge der Fischereierträge in den Endlaugen aufnehmenden Flußläufen führen müsse. Der Reichsgesundheitsrat hat im Jahre 1910 die Möglichkeit einer solchen Schädigung in allerdings sehr vorsichtiger Weise zugegeben, indem er folgendes ausführte<sup>1)</sup>.

„Wenn also nach vorstehenden Darlegungen eine unmittelbare Schädigung der Fische durch die Endlaugen der Kalifabriken nicht anzunehmen ist, so **erscheint**<sup>2)</sup> doch eine mittelbare Schädigung der Fische durch Verringerung ihrer Nahrung nicht ohne weiteres ausgeschlossen. Da die Erhaltung der niederen Tier- und Pflanzenwelt für die Selbstreinigung eines Flusses von großer Bedeutung ist, so ist nach diesen Befunden auch **der Gedanke nicht von der Hand zu weisen**<sup>2)</sup>, daß die Versalzung von Wipper und Unstrut die selbstreinigende Kraft des Wassers dieser Flüsse herabsetzt. Damit würde zugleich die Infektiosität dieser Flußwasser erhöht werden.“

„Es **erscheint**<sup>2)</sup> indessen eine mittelbare Schädigung der Fische durch Verringerung ihrer Nahrung infolge der Beeinträchtigung der niederen Fauna des Flußwassers durch die Abwässer der Kalifabriken nicht ausgeschlossen, namentlich wenn der Grad der Versalzung häufig schwankt und die zugelassene Grenze erheblich übersteigt. Im letzten Falle ist auch eine unmittelbare Schädigung des Fischbestandes zu befürchten.“

Auf diese Äußerungen haben sich seitdem in hunderten von Fällen Einsprechende bei schwebenden Konzessionsverfahren betr. Ableitung von Kaliendlaugen in Flußläufe berufen. Dabei wurde in der Regel übersehen, daß der Reichsgesundheitsrat diese Auffassung in eine sehr vorsichtige Form gekleidet hat, daß er sie mit Redewendungen wie „erscheint“ und „Gedanke nicht von der Hand zu weisen“ einkleidete. Auch in behördlichen Entscheidungen ist mehrfach in allerdings gleich vorsichtiger Form auf diese Auslassungen des Reichsgesundheitsrates Bezug genommen worden.

Bereits im Jahre 1913 habe ich gegen diese Auslassungen Stellung genommen<sup>3)</sup> und es dabei als erwünscht bezeichnet, daß darüber bald eine weitere positive Äußerung des Reichsgesundheitsrates in dem einen oder anderen Sinne erfolgen möge, damit der durch oben zitierte Auslassungen in weiten Kreisen entstandene Zweifel beseitigt werden möge.

Früher, als zu hoffen war, ist dieser Wunsch bis zu einem gewissen Grade in Erfüllung gegangen. Es liegt zwar keine neue

<sup>1)</sup> Gutachten des Reichsgesundheitsrates betreffend die Versalzung des Wassers von Wipper und Unstrut durch Endlaugen aus Chlorkaliumfabriken. Berlin 1907, Seite 73 und 105.

<sup>2)</sup> Im Original durch den Druck nicht hervorgehoben.

<sup>3)</sup> Die Abwässer aus der Kaliindustrie. Berlin 1913, Seite 83.

Meinungsäußerung des Reichsgesundheitsrates vor, wohl aber ist inzwischen eine ganze Reihe von Arbeiten erschienen, welche übereinstimmend ergaben, daß die oben wiedergegebene Befürchtung des Reichsgesundheitsrates unbegründet war, so daß dieser um so mehr in der Lage sein dürfte, bei nächster Gelegenheit auch seinerseits sich über diese Frage in eindeutiger Weise auszusprechen, als es sich zum Teil um Arbeiten staatlicher Institute handelt. In zeitlicher Reihenfolge aufgezählt sind es folgende Arbeiten:

1. Die Beeinflussung der biologischen Abwässerreinigung durch Endlaugen aus Chlorkaliumfabriken. Von Dr. Arno Müller, ständigem Mitarbeiter und Dr. Ludwig R. Fresenius, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte<sup>1)</sup>.
2. Morphologisch-biologische Notizen über Gammariden der Unstrut (Thüringen). Von Dr. Herm. Helfer, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter an der Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene<sup>2)</sup>.
3. Untersuchungen über die biologische Wirkung einiger Salze. Begonnen in Gemeinschaft mit Herrn Dr. W. Cronheim (†), ausgeführt und zusammengestellt von Dr. Erwin Hirsch, Assistent am Zoologischen Institut Jena<sup>3)</sup>.
4. Hydrobiologische Studien über Flüsse mit Kaliabwässern. Von Dr. von Alten<sup>4)</sup>.
5. Hydrobiologische Studien über die Wirkung von Abwässern auf die Lebewelt unserer Gewässer. Von Dr. Hermann von Alten<sup>5)</sup>.

Einer kurzen Wiedergabe der bei diesen Forschungen gewonnenen Ergebnisse sei noch folgende Bemerkung vorausgeschickt:

Der Reichsgesundheitsrat hat sich bis jetzt in drei Gutachten über den zulässigen oder wohl richtiger nach seiner Auffassung allenfalls noch erträglichen Gehalt eines Flußwassers an Kaliabwässern geäußert. Sein Urteil ist nicht immer gleich ausgefallen, was ja auch mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit der Verhältnisse in und an den Flüssen erklärlich ist. In den für die Kaliindustrie günstigsten Fällen hat er sich für eine Zusatzhärte durch Endlaugen von 30 bis 35 Graden ausgesprochen, was einem Chlorgehalte von etwa 0,35 bis 0,40 g in 1 Liter

<sup>1)</sup> Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte, Band XLV, Heft 4, 1913. Ausgegeben im Dezember 1913.

<sup>2)</sup> Mitteilungen aus der Königlichen Landesanstalt für Wasserhygiene zu Berlin-Dahlem. Heft 18, 1914.

<sup>3)</sup> Zoologische Jahrbücher, Abteilung für allgem. Zoologie und Physiologie der Tiere. 34. Band, Heft 4, 1914.

<sup>4)</sup> Zeitschrift für Fischerei, Band I (Neue Folge) Heft 1/2, 1914.

<sup>5)</sup> Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig für das Jahr 1913/14. Braunschweig 1914.

entsprechen soll. Das äußerste, was der Reichsgesundheitsrat bezüglich der Chlormengen für einen bestimmten Fall noch für zulässig erklärt hat, sind insgesamt 0,45 g Chlor in 1 Liter Flußwasser. Man wird gut tun, dieser Zahl bei Beurteilung der gleich zu besprechenden Forschungsergebnisse stets eingedenk zu bleiben.

Es ist ja eine bekannte Tatsache, daß die vom Reichsgesundheitsrate empfohlenen oder die von den Behörden für die verschiedenen Flußläufe zugelassenen Endlaugenmengen nicht immer genau innegehalten sind. Insbesondere sind mehr oder weniger große Überschreitungen in dem abnorm trockenen Sommer 1911, in welchem die Wasserführung der meisten Flüsse auf einen bis dahin unbekanntem Tiefstand sank, vorgekommen. Ich habe das an der Hand eines sehr umfangreichen Analysenmaterials gezeigt<sup>1)</sup>. Wenn auch neuerdings in den wichtigsten Stromgebieten behördlicherseits eine scharfe Kontrolle ausgeübt wird, so wird man doch nicht umhin können, anzuerkennen, daß beim Zusammentreffen einer Reihe unvorhergesehener Ereignisse wieder einmal gewisse Überschreitungen vorkommen können, wenn auch infolge der Kontrolle wohl nicht im gleichen Umfange wie im Jahre 1911<sup>2)</sup>.

### Untersuchungen von Müller und Fresenius

Die Arbeit wurde ausgeführt, um den Einfluß der Endlaugen auf die selbstreinigende Kraft der Gewässer zu studieren. Da es einerseits nicht möglich war, die erforderlichen systematischen Untersuchungen an fließenden Gewässern auszuführen, andererseits aber mit Recht eine gewisse Parallele zwischen den Vorgängen bei der biologischen Reinigung städtischer Abwässer in Tropfkörpern und denjenigen bei der Selbstreinigung der Flüsse angenommen werden darf, wurden als Versuchsobjekt biologische Tropfkörper benutzt. Finden sich doch auch in letzteren und in deren Abläufen dieselben Organismen, welche für organisch verschmutztes Flußwasser charakteristisch sind. Bei Beurteilung der Versuchsergebnisse haben die Verfasser sehr richtig dem Umstande, daß sie nicht mit Flußwasser, sondern mit städtischem Abwasser arbeiteten, Rechnung getragen, indem sie betonen, daß sich bei ersterem natürlich schädigende Einflüsse früher bemerkbar machen werden, als in den nährstoffreichen Abläufen der Tropfkörper<sup>3)</sup>.

Die mit Koksstückchen besckickten Tropfkörper hatten einen Rauminhalt von rund 3500 ccm. Mittels einer nach dem Prinzip der Mariotte-

<sup>1)</sup> Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 489 bis 542; vergl. auch weiter unten Seite 61 bis 64.

<sup>2)</sup> Vergl. dazu weiter unten Seite 61 bis 64 die Analysen von Flußwässern aus den Jahren 1912/13.

<sup>3)</sup> Vergl. auch Seite 23 Punkt 6 der von den Verfassern gezogenen Folgerungen.

schen Flasche konstruierten Vorrichtung konnte ihnen das rohe Abwasser tropfenweise zugeführt werden. Die Aufstellung erfolgte unter möglicher Rücksichtnahme auf gleichmäßige Belichtung. Zum Zwecke der Einarbeitung wurden die Körper zunächst mit 2,3 Liter Abwasser täglich, entsprechend der üblichen Höchstbelastung von 0,7 cbm Trockenwetterabfluß auf 1 cbm Füllmaterial, beschickt. Später wurde die Belastung auf 4,5 Liter täglich oder 30 Tropfen in 1 Minute (Normalbelastung), entsprechend 1,37 cbm Abwasser auf 1 cbm Füllmaterial, gesteigert.

Zur Kontrolle der Arbeitsleistungen der biologischen Tropfkörper wurden die Abnahme der Oxydierbarkeit und der Nitratgehalt im Ablauf benutzt. Außerdem wurde stets der Chlorgehalt und in vielen Fällen auch das elektrolytische Leitungsvermögen festgestellt. Bei allen maßgebenden Versuchen wurden auch noch der organische und der Ammoniakstickstoff im Rohwasser und im Ablauf bestimmt. Das unter ständiger Aufsicht abgelaufene gereinigte Wasser wurde über Nacht im Eisschrank in offenen Flaschen aufbewahrt und am nächsten Tage chemisch untersucht. Einige besonders angestellte Vergleichsanalysen ergaben, daß bei dieser Art der Aufbewahrung mit Sicherheit keine analytisch erkennbaren Veränderungen eintraten. Schwierigkeiten bereitete dagegen der bei den biologischen Vorgängen entstehende Schlamm, welcher mit in die zu untersuchenden Proben gelangte. Beim Abfiltrieren desselben durch Asbest entstand eine zu weitgehende Reinigung der Probe. Deshalb wurde nach Absetzen des Schlammes nur das überstehende Wasser untersucht. Da sich in diesem nach längerem Stehen nur ein äußerst geringer Bodensatz fand, der meist sogar überhaupt fehlte, sind die Zahlen für die Oxydierbarkeit nicht nur untereinander vergleichbar, sondern geben auch absolut richtige Werte.

Die Versalzung des Rohwassers durch Endlaugen hätte nun ein Absetzen der organischen Bestandteile bewirken und so die Resultate beeinflussen können. Bei den ausgedehnten Vorversuchen konnte jedoch kein Unterschied festgestellt werden. Infolge der getroffenen Versuchsanordnung wurde außerdem das Absetzen von Schlamm im Rohwasser durch die stets von unten eintretenden Luftblasen immer wieder verhindert, so daß das ablaufende Rohwasser eine gleichmäßige Zusammensetzung hatte.

Als Rohwasser wurde Berliner städtisches Abwasser, welches durchschnittlich recht konzentriert war, benutzt. Dasselbe schwankte natürlich stark in seiner Zusammensetzung. Um diese Schwankungen bzw. deren Einfluß auf die erhaltenen Ergebnisse auszuschalten, wurden nicht die gefundenen absoluten Zahlenwerte als maßgebend für die Reinigung angesehen, sondern die Abnahme der Oxydierbarkeit, ausgedrückt in Prozenten der Oxydierbarkeit des Rohwassers, oder die

Menge des in Nitrat verwandelten Stickstoffes, ausgedrückt in Prozenten des im Rohwasser vorhandenen Gesamtstickstoffes.

In mehrmonatigen Vorversuchen wurden die Leistungsfähigkeit der biologischen Tropfkörper, der Einfluß der Salzlösungen auf dieselben u. a. mehr festgestellt. Auch wurde erst im Laufe dieser Vorversuche die geschilderte Versuchsanordnung gewählt.

Zu den eigentlichen Versuchen standen vier biologische Tropfkörper zur Verfügung, so daß zwei Versuchsreihen nebeneinander mit Rohwasser derselben Zusammensetzung ausgeführt werden konnten. Die eine dieser Versuchsreihen sollte zeigen, ob bei stufenweise steigender Belastung und konstanter mittlerer Versalzung des einen Tropfkörpers ein Unterschied in dem Reinigungseffekt des versalzene und des unversalzene Körpers eintritt. Die zweite Versuchsreihe sollte entscheiden, wie stark die Versalzung sein mußte, um bei normaler mittlerer Belastung eine merkliche Schädigung hervorzurufen.

Zunächst wurden Versuche zur Feststellung des Einflusses einer durch Endlaugen hervorgerufenen Versalzung bis zu 3 g Chlor in 1 Liter bei steigender Belastung der Tropfkörper angestellt. Die Belastung wurde dabei so weit getrieben, bis bei dem nur mit unverändertem Rohwasser beschickten Tropfkörper Fäulniserscheinungen auftraten. Es zeigte sich hierbei, daß der Reinigungseffekt bei beiden Körpern mit steigender Belastung abnahm, daß aber der versalzene Körper um eine Kleinigkeit besser arbeitete. Als die Versuchsanordnung umgekehrt wurde, so daß der versalzene Körper mit unverändertem Rohwasser und der unversalzene Körper mit versalzene Rohwasser beschickt wurde, waren immer noch kleine Unterschiede zu bemerken. Dieselben hingen offenbar von dem Aufbau der Tropfkörper ab. Eine Verschlechterung des biologischen Reinigungseffektes durch die Versalzung konnte nicht nachgewiesen werden.

Dann wurde das Verhalten der Körper bei gleichmäßiger mittlerer Belastung und steigender Versalzung geprüft. Als Maßstab für die Versalzung wurde immer der Chlorgehalt des Wassers angesehen. Erst bei einer Versalzung von je 1 Liter mit 6 g Chlor machte sich eine Verminderung des Reinigungseffektes bemerkbar, die mit steigender Versalzung stärker in Erscheinung trat. Bei einer Versalzung mit 15 g Chlor war die Schädigung bereits sehr erheblich, und bei 20 g Chlor fand keine Umsetzung des Stickstoffes in Nitrat mehr statt. Wie die Versalzung auf die Abnahme des Sauerstoffverbrauchs wirkte, geht aus den ermittelten Zahlen nicht hervor.

Bei den biologischen Untersuchungen wurde die Fäulnisunfähigkeit zugrunde gelegt. Dabei wurde festgestellt, daß der Zusatz von Endlaugen die Fäulnis verzögert, und zwar wirkt unter sonst gleichen



Voraussetzungen Endlauge stärker als eine Chlormagnesiumlösung, welche ihrerseits aber wieder stärker als eine Chlornatriumlösung wirkt. Eine allmähliche Gewöhnung der Fäulniserreger an die Versalzung scheint nicht einzutreten. Ferner wurde ermittelt, daß sich diese fäulnisverhindernde Wirkung durch geeignete Verdünnung aufheben läßt, ohne die Fäulnisfähigkeit zu beseitigen.

In bakteriologischer Hinsicht waren bis zu einer Versalzung mit 1,5 g Chlor in 1 Liter eindeutige Resultate nicht zu erzielen. Erst bei einer doppelt so hohen Versalzung wurde die Zahl der Keime herabgedrückt.

Bei noch weitergehender Versalzung trat noch eine weitere Abnahme der Keimzahl ein. Da aus der Zahl der Bakterien nicht unmittelbar ein Schluß auf die Beeinflussung ihrer biologischen Funktionen gezogen werden kann, so wurde die Wirksamkeit der Endlaugen auf die Bakterien noch durch einige Sauerstoffzehrungsversuche studiert. Die Sauerstoffzehrung ist abhängig vom Wachstum (Vermehrung) der Bakterien. Die Versuche haben ergeben, daß die Sauerstoffzehrung bei starker Versalzung (6,0 g Chlor in 1 Liter) um ungefähr  $\frac{1}{3}$  gegenüber der Zehrung im unversalzten Wasser zurückbleibt. Bei einer Versalzung bis zu 3,0 g Chlor in 1 Liter war dagegen kein Unterschied zu bemerken.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der chemischen Analysen zeigten sich wesentliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Organismenwelt der versalzten und unversalzten Abläufe der Tropfkörper bis zu einer Versalzung mit 3,0 g Chlor auf 1 Liter nicht. Bei höheren Versalzungen verschwanden bestimmte Organismen. Jedenfalls wurden unter den vorliegenden Verhältnissen bei einer Versalzung mit Endlaugen bis zu 3,0 g Chlor in 1 Liter Schädigungen der niederen Fauna nicht verursacht. Bei weiterer Steigerung wurden schon einzelne Arten verdrängt, und erst bei 10 g Chlor in 1 Liter war eine wesentliche Beeinträchtigung zu erkennen. Bei einer Versalzung bis zu 20 g Chlor in 1 Liter wurde die Entwicklung der niederen Organismen fast gänzlich unterbunden.

Von ganz besonderem Interesse waren schließlich noch Versuche mit Reinkulturen von Nitratbildnern.

Einige der an den Tropfkörpern angestellten Versuche hatten nämlich den Eindruck hervorgerufen, als ob durch nicht zu starke Versalzung mit Endlaugen die Nitratbildung nicht nur nicht herabgemindert, sondern sogar ein wenig gesteigert würde. Da aber die günstige Beeinflussung, falls eine solche wirklich vorhanden war, zu gering war, um durch Versuche an den Tropfkörpern selbst einwandfrei nachgewiesen werden zu können, wurden aus dem Schleimbelag der Körper die Nitrat-

bildner in Reinkultur gewonnen und zu Nitrifikationsversuchen benutzt. Die Versuchsanordnung war stets folgende: Die zunächst nitritfreie Nährlösung wurde zu 25 ccm in Erlenmeyerkölbchen aus Jenaer Glas abgefüllt, mit den entsprechenden Endlaugenmengen versetzt und sterilisiert. Unmittelbar vor dem Versuch wurden dann jedem Kölbchen die gleiche Tropfenzahl einer 10prozentigen sterilisierten Natriumnitritlösung und einer etwa 4 Tage alten flüssigen Kultur des Nitratbildners zugesetzt. Die geimpften Kölbchen wurden bei 28° aufgehoben. Die Abnahme des Nitrits wurde von Zeit zu Zeit durch Prüfung mit Jodstärkelösung kontrolliert. Von einer quantitativen Durchführung der Versuche mußte Abstand genommen werden, da die einzige, mit geringer Flüssigkeitsmenge ausführbare quantitative Nitratbestimmungsmethode, die nach Noll, wie Verfasser im chemischen Teile ihrer Arbeit zeigten, durch die Endlaugenzusätze zu stark beeinflußt wird. Die qualitativen, mit Rohkulturen und verschiedenen Stämmen von Reinkulturen durchgeführten Versuche zeitigten das für die Endlaugenableitung nach mehrfacher Richtung sehr günstige Resultat, daß bei der geschilderten Versuchsanordnung in den versalzten Kulturen das Nitrit eher verschwindet und in Nitrat überführt wird als in den unversalzten. So war z. B. in einem Falle nach fünf Tagen in Proben mit 0,2 bis 2,0% Endlauge, entsprechend etwa 0,6 bis 6,0 g Chlor in 1 Liter, kein Nitrit mehr nachzuweisen, während in den unversalzten Proben die Nitritreaktion noch sehr deutlich war, um allerdings nach 20 Stunden auch zu verschwinden. Bei einem Gehalt von 2,4% Endlauge, entsprechend etwa 7,1 g Chlor in 1 Liter, wurde dagegen unter diesen Bedingungen die Nitrifikation schon sehr stark gehemmt. Diese Ergebnisse stimmen sehr gut mit den an den Tropfkörpern gemachten Erfahrungen überein. Ist demnach auch die Förderung des Nitrifikationsprozesses durch die Endlaugenzusätze nicht bedeutend, so zeigen die Versuche doch, daß auch schon bei ganz erheblicher Versalzung mit Endlauge zum mindesten von einer Schädigung dieses wichtigen biologischen Vorganges nicht gesprochen werden kann.

Die Verfasser haben die Ergebnisse ihrer Untersuchungen wie folgt zusammengefaßt:

„1. Eine gleichmäßige Versalzung durch Endlauge so, daß der Gehalt des Rohwassers an Chlorionen um 3000 mg in 1 Liter gesteigert wurde, war auf die biologischen Reinigungsvorgänge ohne erkennbaren Einfluß. Auch bei stärkerer Belastung mit ebenso versalztem Rohwasser arbeitete der versalzene und der unversalzene Körper gleichmäßig.

2. Eine weitere Steigerung der Versalzung führte zu erkennbaren Schädigungen derart, daß durch Versalzung um etwa 6000 mg Chlor auf 1 Liter der Nitratgehalt im Ablauf bereits verringert wurde, während

bei einer solchen um etwa 20000 mg Nitrat im Ablauf überhaupt nicht mehr nachgewiesen werden konnte. Ein Einfluß der Versalzung auf die Abnahme der Oxydierbarkeit ließ sich nicht mit Sicherheit nachweisen.

3. Bei entsprechenden Versalzungen durch Chlornatrium war die Schädigung geringer. Auch bei Versalzungen um etwa 20000 mg Chlor in 1 Liter wurde hier noch Nitrat im Ablauf gefunden.

4. In ungenügend gereinigtem Abwasser wurde der Eintritt der Fäulnis durch die Versalzung mit Endlauge verzögert und unter Umständen vollständig unterdrückt. Durch mäßige Verdünnung mit reinem Wasser ließ sich die konservierende Wirkung wieder aufheben, so daß Fäulnis eintrat.

5. Die Zahl der auf Gelatine und bei 37° auf Agar wachsenden Bakterien wurde durch Endlaugenversalzungen um etwa 1500 mg Chlor in 1 Liter nicht eindeutig beeinflusst. Bei einer doppelt so hohen Versalzung war eine deutliche Keimverminderung festzustellen. Bei noch höheren Versalzungen wurde der Keimgehalt des Rohwassers noch weiter herabgedrückt, die durch den Tropfkörper bedingte Keimverminderung aber wurde wieder geringer. Die Sedimentation der Bakterien wurde durch das höhere spezifische Gewicht der versalztenen Wässer verzögert, so daß diese erheblich länger getrübt blieben als die unversalzten Kontrollproben.

6. Die in den Abläufen sich entwickelnden Mikroorganismen, mit Ausnahme der Bakterien, ließen bis zu einer Versalzung um 3000 mg Chlor in 1 Liter keine Schädigung erkennen. Bei steigender Versalzung wurden einzelne Arten zurückgedrängt, bei 20000 mg Chlor in 1 Liter wurde die Entwicklung der niederen Fauna und Flora fast völlig unterdrückt.

7. In Nährlösungen wurde, wie Versuche mit Reinkulturen und Nitratbildnern ergaben, durch Endlaugenversalzungen zwischen 600 und 6000 mg Chlor in 1 Liter die Nitrifikation ein wenig begünstigt, bei einer Versalzung um mehr als 7000 mg Chlor in 1 Liter war dagegen schon eine starke Schädigung dieses Vorganges zu bemerken.

8. Es ist anzunehmen, daß auch in einem Flußwasser die Versalzung bis zu 3000 mg Chlor in 1 Liter, entsprechend 5000 mg Chlornatrium oder 4000 mg Chlormagnesium in 1 Liter, einen schädlichen Einfluß auf die biologischen Vorgänge bei der Selbstreinigung nicht hat. Auch höhere Salzmen gen sind wahrscheinlich noch ertragbar. Bei 6000 mg Chlor in 1 Liter aber dürfte eine Schädigung bereits stattfinden. Die vom Reichsgesundheitsrat bisher unter Berücksichtigung aller bei der Benutzung von Flußwasser durch Menschen und Tiere in Frage kommenden Interessen festgesetzte Versalzungsgrenze des Flußwassers liegt erheblich tiefer (450 mg Chlor in 1 Liter).“

Hervorgehoben sei, daß die Verfasser diese Folgerungen mit folgenden Worten einleiten:

„Die Körper arbeiteten, wie die chemischen Untersuchungen ergaben, bei Beginn der Versuche so gleichmäßig, daß auch eine geringe Beeinflussung beim Vergleich des Reinigungseffektes des versalzten Körpers mit dem eines unversalzten Kontrollkörpers zum Ausdruck kommen mußte.“

Für die Praxis der Endlaugenableitung lassen sich aus den Versuchsergebnissen etwa folgende Lehren schöpfen:

Nachdem durch die Untersuchungen von Hofer in Übereinstimmung mit Beobachtungen in der Praxis festgestellt ist, daß die Schädlichkeitsgrenze der Endlaugen im Flußwasser für Fische bei 5,0 g und für die höher organisierte Fischnahrung bei 3,5 g Chlormagnesium in 1 Liter beginnt, geht aus den neuerdings im Kaiserlichen Gesundheitsamte von Müller und Fresenius durchgeführten Experimentaluntersuchungen hervor, daß auch für die niedere Fischnahrung, insbesondere auch für das Plankton, wie überhaupt für alle biologischen Vorgänge in Gewässern die Schädlichkeitsgrenze jedenfalls erst bei einem 3,5 g Chlormagnesium in 1 Liter übersteigenden Gehalte an Endlaugen beginnt.

Demnach kann ganz allgemein gesagt werden, daß jedenfalls aus einer solchen Anreicherung eines Flußwassers mit Endlaugen, daß der Chlormagnesiumgehalt 3,5 g auf 1 Liter (entsprechend rund 200 deutschen Härtegraden) nicht übersteigt, für die Fischerei irgendwelche Nachteile nicht zu erwarten sind.

Es darf deshalb als feststehend angesehen werden, daß ebenso wie für die Landwirtschaft auch für die Fischerei Nachteile nicht entstehen können, wenn ein Flußwasser ständig um 35 Grade Zusatzhärte durch Endlaugen verhärtet wird, und zwar auch dann nicht, wenn diese Grenze vorübergehend selbst um das Doppelte überschritten wird.

Eine praktisch in Betracht kommende Förderung der Selbstreinigungskraft der Gewässer infolge der Zuleitung von Endlaugen wird solange nicht zu bemerken sein, solange es sich nur um eine Verhärtung durch Endlaugen von etwa 35 deutschen Graden handelt. Erst bei erheblich größeren Mengen (etwa 200 Grade Zusatzhärte) wird von einer solchen Förderung in mäßigen Grenzen die Rede sein können.

Jeder nachteilige Einfluß der Endlaugen auf die Selbstreinigungskraft der Gewässer erscheint angesichts der in der Praxis in Betracht kommenden Mengen völlig ausgeschlossen. Erst wenn es sich um so große Mengen Endlaugen handelt, wie sie im Sommer 1911 vorübergehend im Bodewasser bei Nienburg gefunden wurden, könnte allenfalls vorübergehend von einer nachteiligen Beeinflussung der Selbstreinigungskraft in Gewässern die Rede sein.

## Untersuchungen von Helfer<sup>1)</sup>

Bei der vorstehenden Besprechung der Untersuchungen von Müller und Fresenius wurde bereits Bezug genommen auf die Ausführungen des Reichsgesundheitsrates in seinem unter dem 8. Januar 1910 erstatteten Gutachten betreffend die Versalzung von Wipper und Unstrut durch Endlaugen aus Chlorkaliumfabriken. In diesem war mehrfach von der Möglichkeit einer indirekten Schädigung der Fischerei in der Unstrut durch nachteilige Beeinflussung der Selbstreinigungskraft des Unstrutwassers gesprochen. Letztere erschien dem Reichsgesundheitsrate deshalb nicht ganz ausgeschlossen, weil er einen nicht normalen Bestand der niederen Tier- und Pflanzenwelt im Unstrutwasser gefunden hatte. Die Untersuchung der aus der Wipper und der Unstrut genommenen Planktonproben ergab nämlich folgendes:

„Sowohl in der Wipper wie in der Unstrut ist das Plankton verhältnismäßig spärlich vertreten. **Das vorhandene Plankton ist außerdem vorwiegend pflanzlicher Art<sup>2)</sup>** und kommt daher als Fischnahrung wenig in Betracht. Es ist die Vermutung nicht unberechtigt, daß die Versalzung der Flußläufe einen gewissen Einfluß auf das in ihnen vorhandene Plankton ausgeübt hat. Haben doch auch die Untersuchungen von Hofer gezeigt, daß durch die Abwässer der Kalifabriken eine Beeinträchtigung der niederen Fauna in der Schunter stattfinden kann. Vielleicht beruht diese Schädigung der niederen Tier- und Pflanzenwelt auf einer plasmolytischen Wirkung der Kalifabrikabwässer auf die Zellen der Organismen, wenn auch bei einigen Pflanzen eine gewisse Akkommodation an konzentrierte Salzlösungen stattfindet. Besonders schädlich dürfte in dieser Beziehung daher eine wechselnde, unregelmäßige Versalzung wirken.“

Der vom Reichsgesundheitsrate im Wasser der Unstrut festgestellte Mangel an niederen tierischen Organismen findet durch die Untersuchungen von Helfer wenigstens insoweit Aufklärung, als durch diese mit Sicherheit nachgewiesen wird, daß derselbe nicht auf den Einfluß der Kaliendlaugen zurückzuführen ist. Diese Tatsache ist zunächst für die in die Unstrut entwässernden Kaliwerke direkt von weittragender Bedeutung. Darüber hinaus aber hat sie auch für alle anderen Wasserläufe den großen Wert, daß man in Zukunft aus irgendwelchen Abnormitäten biologischer Art nicht ohne ganz sicheren Nachweis die Folgerung ziehen wird, daß diese möglicherweise auf den Einfluß der

<sup>1)</sup> Vergl. Seite 17.

<sup>2)</sup> Im Original durch den Druck nicht hervorgehoben.

Kaliabwässer zurückzuführen wären. Wer es verfolgt hat, wie in der Tagespresse und ganz besonders in den Verhandlungen vor den Bezirksausschüssen mit der oben erwähnten Andeutung des Reichsgesundheitsrates Mißbrauch getrieben wurde, wird den Wert dieser Feststellung für die Praxis zu würdigen wissen.

Bei Vehra (in der Nähe von Straußfurth) am flachen, sandigen Ufer der Unstrut wurden Flohkrebse (*Gammarus*) in solchen Mengen angetroffen, daß sie mit der Hand geschöpft werden konnten. Vehra liegt unterhalb Einmündung der Gera in die Unstrut, d. h. an einer Stelle, wo der Unstrut bis zum heutigen Tage Endlaugen überhaupt noch nicht zugeleitet werden. Erst mehr als 20 km unterhalb des Fundortes nimmt nämlich die Unstrut die ersten Kaliendlaugen mit der Wipper auf, so daß also auch von einer durch Rückstau eingetretenen Wirkung der Kaliabwässer nicht die Rede sein könnte.

Zwischen dem Fundorte und der Wipper und zwar mehr als 10 km unterhalb des ersteren mündet die Lossa in die Unstrut. Das Lossawasser enthält zwar keine Kaliendlaugen, scheint aber doch zeitweise geringe Mengen Kochsalz aus einem Kaliwerk mit abzuführen. Doch auch das Lossawasser kann durch etwaigen Rückstau nicht annähernd bis zum Fundorte gelangen.

Helfer schildert im übrigen die Verhältnisse an der Fundstelle mit folgenden Worten:

„Wenn auch das Wasser der Unstrut erst unterhalb dieser Stelle, namentlich nach Einfluß der sehr viel Kaliabwässer bringenden Wipper besonders starke Veränderungen aufweist (vergl. Beckurts, Orth und Spitta), so sind doch die Verhältnisse oberhalb nicht zu unterschätzen. Denn die Gera bringt u. a. die mechanisch vorgereinigten Abwässer der Stadt Erfurt, zur Zeit der Kampagne auch die Abwässer der Walschlebener Zuckerfabrik bereits mit sich, während die Unstrut vor der genannten Stelle schon außer Abwässern von verschiedenen gewerblichen Betrieben und einigen Schächten der Kaliindustrie auch die der Städte Mühlhausen und Langensalza aufgenommen hat. Aus Berichten der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene ersehe ich, daß bereits an verschiedenen Stellen der Gera und Unstrut „Flohkrebse“ gefunden wurden, allerdings nie direkt nach dem Einfluß von Abwässern. Immerhin aber ist das Vorkommen der sonst möglichst reines Wasser bevorzugenden Gammariden in diesen Gebieten interessant, und es bliebe festzustellen, ob es sich stets um dieselben Arten handelt.

Da die Unstrut infolge der schon oben angedeuteten Verhältnisse ein dadurch charakterisiertes Gewässer ist, daß der Salzgehalt größeren Schwankungen ausgesetzt ist in der Weise, daß stoßweise viel stärker salzhaltiges Wasser anfallen kann, so ist dementsprechend

der in der folgenden Tabelle verzeichnete Gehalt an Chlor aufzufassen, die Tabelle zeigt also nur die Verhältnisse im Augenblick der Probenahme! Die chemische Untersuchung der an derselben Stelle am 30. Mai 1913 bei Vehra entnommenen Wasserprobe hatte nämlich folgendes Ergebnis:

Es waren in 1 Liter unfiltrierten Wassers enthalten:

35	mg	suspendierte Stoffe (Gesamtmenge),
253	„	Schwefelsäure,
102	„	Chlor,
20	„	freie Kohlensäure,
1,2	„	Eisen,
7,3	„	Sauerstoff (nach 48stündiger Zeh- rung 4,8 mg, also 2,5 mg Sauerstoff- zehrung bei 22° C),
242	„	Kalk,
58	„	Magnesia.

Die Reaktion war schwach alkalisch, der Kaliumpermanganatverbrauch betrug 17 mg, die Gesamthärte betrug 32,3, die bleibende Härte 18,9 deutsche Grade.

Insbesondere die Härte des Wassers ist auffallend.“

Aus der Analyse der entnommenen Wasserprobe geht zunächst ganz sicher hervor, daß jedenfalls im Augenblick der Probenahme im Unstrutwasser keinerlei salzhaltige Schachtwässer vorhanden waren, denn der gefundene Chlorgehalt ist derjenige des normalen Unstrutwassers<sup>1)</sup>, welcher je nach Jahreszeit und Wasserführung zwischen 50 und 120 mg in 1 Liter zu schwanken pflegt und bei Hochwasser sogar bis auf 30 mg sinken kann. Ebenso schwankt auch die natürliche Härte innerhalb sehr weiter Grenzen (zwischen 15 und 45 deutschen Graden). Schachtwässer können der Unstrut vorübergehend wohl zugeleitet sein. Salzhaltige Schachtlaugen waren aber nicht darunter, wie ich mit aller Bestimmtheit auf Grund meiner Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse erklären kann, jedenfalls nicht bis zum Tage der Probenahme und ganz besonders auch nicht in den der Probenahme unmittelbar vorausgehenden Monaten<sup>2)</sup>. Die beim Abteufen von Schächten etwa bis dahin abgelassenen Schachtwässer hätten jedenfalls niemals den Chlorgehalt des Unstrutwassers an der Entnahmestelle bei Vehra beachtenswert erhöhen können. Es scheint mir von besonderer Bedeutung zu sein, das hier hervorzuheben angesichts des Umstandes, daß

<sup>1)</sup> Vgl. J. H. Vogel, Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 532.

<sup>2)</sup> Nach den Vierteljahrsberichten der amtlichen Untersuchungsstelle zu Sondershausen schwankte der Chlorgehalt des Unstrutwassers oberhalb Wippermündung während der 5 Monate Januar bis Mai 1913 zwischen 30 und 180 mg in 1 Liter.

Helfer u. a. auch von „Abwässern von einigen Schächten der Kaliindustrie“ spricht. Im übrigen kann man ihm aber nur zustimmen, wenn er die Unstrut auch schon oberhalb Wippmündung dahin kennzeichnet, daß der Salzgehalt größeren Schwankungen unterworfen ist. Meine oben gegebenen Zahlen über den natürlichen Chlorgehalt des Unstrutwassers bestätigen ja diese Angabe. Immerhin hält sich aber der Chlorgehalt dauernd innerhalb so enger Grenzen, daß eine für das Fischleben nachteilige Beeinflussung des Planktons durch die Schwankungen des Chlorgehaltes nach den vorstehend besprochenen Arbeiten von Müller und Fresenius ausgeschlossen erscheint.

Helfer berichtet weiter über den Befund der biologischen Untersuchung der bei Vehra entnommenen Wasserprobe (Plankton und unbelebte Schwebestoffe) sowie über den Uferbesatz. Auf die Aufzählung der einzelnen Befunde darüber, welche als Tabelle übersichtlich angeordnet sind, kann hier verzichtet werden. Es genügt, wenn mit den eigenen Worten des Verfassers das Gesamtergebnis der biologischen Untersuchung, wie folgt, wiedergegeben wird:

„Diese Tabelle, der chemischen gegenübergestellt, scheint nichts Besonderes zu bringen. Von einer stärkeren Verunreinigung des Wassers kann auch auf solchen Befund hin nicht die Rede sein, und doch, eine Tatsache ist auffallend: **Gerade die tierischen niederen Organismen fehlen bzw. kommen nur vereinzelt vor<sup>1)</sup>**, woraus zu schließen ist, daß sie in dem Wasser nicht ordentlich gedeihen können. Damit in Zusammenhang stehen und erklären sich vielleicht die veränderten Lebensbedingungen höherer Tiere, zu denen unsere Gammariden zu zählen sind. Jedenfalls liegt es sehr nahe, hier Vermutungen in diesem Sinne auszusprechen, und weitere Untersuchungen in solcher Weise wären gewiß — auch für andere Tiergruppen — recht interessant.“

Vergleicht man dieses Ergebnis mit dem oben im Wortlaut wiedergegebenen Befunde des Reichsgesundheitsrates, so ergibt sich folgendes:

Der Reichsgesundheitsrat hatte gefunden, daß in Wipper und Unstrut das Plankton verhältnismäßig spärlich vertreten war und daß das vorhandene Plankton vorwiegend pflanzlicher Art war. Dieses letztere Ergebnis deckt sich ganz genau mit der von Helfer an einer endlaugenfreien Stelle im Unstrutwasser festgestellten Tatsache, daß nämlich gerade die tierischen niederen Organismen ganz fehlten bzw. nur vereinzelt vorkamen. Damit ist auch der direkte Beweis dafür geliefert, daß das Fehlen der niederen tierischen Organismen im Wasser der Wipper und Unstrut unterhalb Wippmündung nicht auf Kaliendlaugen zurückzuführen war.

<sup>1)</sup> Im Original durch Druck nicht hervorgehoben.



## Untersuchungen von Hirsch und Cronheim<sup>1)</sup>.

Gemeinschaftlich mit dem inzwischen verstorbenen Cronheim stellte Hirsch einen Versuchsplan auf, um zu ermitteln, in welcher Weise gewisse häufiger vorkommende anorganische Salze auf die Biologie des Süßwassers einwirken. Es sollten vornehmlich folgende Fragen studiert werden:

1. Bis zu welcher Konzentration darf eine Lösung eines bestimmten Salzes gesteigert werden, ohne eine empfindliche Schädigung der Versuchstiere hervorzurufen, und läßt sich eine Anpassung der Organismen an Salze erzielen?
2. Welchen Einfluß üben die Salzwirkungen auf die Selbstreinigung des Wassers aus (Zerstörung der organischen Substanz)?
3. Kann man die schädigende Wirkung eines Salzes durch Zusatz eines anderen verändern oder aufheben?

Hirsch übernahm es, zunächst die unter 1 genannte Frage zu studieren und führte diese Untersuchungen bereits im Verlaufe des Sommers 1912 zu Ende. Cronheim stellte Versuche an über die an zweiter Stelle aufgezählte Frage. Er konnte noch diejenigen mit Süßwasserorganismen beenden, als er von einem plötzlichen Tode ereilt wurde. Hirsch hat die hinterlassenen Versuchsergebnisse zusammengestellt. Die dritte Frage ist von ihm nur in ganz geringem Umfange experimentell berücksichtigt worden.

Hirsch bringt zunächst eine sehr übersichtliche Zusammenstellung derjenigen physiologischen und biologischen Arbeiten, welche bis dahin angestellt waren, um die Wirkung von Salzen in Lösung auf tierische Körper zu studieren. Es ist überraschend, aus der Zusammenstellung zu ersehen, welche Fülle von Arbeiten darüber bereits vorlag und wie wenig die dabei erzielten Ergebnisse bislang zur Beurteilung der Frage über den Einfluß von Salzlösungen auf das Leben der Tiere bei der Praxis der Kaliendlaugenableitung herangezogen sind. Insbesondere dürften diejenigen Arbeiten aus früherer Zeit Interesse beanspruchen, durch welche festgestellt werden sollte, bis zu welcher Konzentration Süßwasserorganismen gegen Salzlösungen unempfindlich sind und wie weit sie sich an größere Mengen davon gewöhnen lassen.

Alle diese Arbeiten ergaben, daß die Schädlichkeit reiner Salzlösungen zu einem Teil auf Ionenwirkung beruht und daß man durch Einbringung anderer Ionen in die Lösung in einem bestimmten Verhältnis (Entgiftungskoeffizient) die schädliche Wirkung aufheben kann.

<sup>1)</sup> Vergl. Seite 17.

Die Untersuchungen über die Konzentrationsgrenze führte Hirsch nicht nur mit den Salzen durch, welche in den Kaliabwässern vorkommen. Es wurden nämlich geprüft: Chlormagnesium, schwefelsaure Magnesia, Chlornatrium, schwefelsaures Natrium, salpetersaures Natrium, Chlorcalcium, salpetersaures Calcium, Chlorkalium, schwefelsaures Kalium, salpetersaures Kalium. Es wurden sog. Normallösungen dieser Salze hergestellt, die dann mit der 2fachen, 4fachen, 8fachen, 16fachen, 32fachen, 64fachen und 100fachen Wassermenge verdünnt wurden. Auf diese Weise wurde es erreicht, daß nicht nur mit den in der Praxis vorkommenden Verdünnungen gearbeitet wurde, sondern auch mit ganz erheblich stärkeren Lösungen. Dieser Umstand, sowie ferner die Tatsache, daß auch mit einer ganzen Reihe verschiedener Organismen gleichzeitig gearbeitet wurde, geben den Versuchen ihren besonderen Wert. Zeitweise waren mehr als 60 Parallelversuche nebeneinander in Beobachtung. Zu den Versuchen wurden Daphnien als Vertreter des Crustaceenplanktons und rote Chironomuslarven als Vertreter der Insektenfauna benutzt. Ferner wurden Versuche mit Aalen durchgeführt. Um dem Einwande zu begegnen, daß diese kein klares Bild von der Schädlichkeit der Salzlösungen geben würden, da sie ja gerade wegen ihrer Herkunft aus dem Meere besser befähigt sein müßten, Salzlösungen zu vertragen als andere Fische, wurden zu den Versuchen Aale benutzt, die vorher mehr als einen Monat in einem Süßwasseraquarium gelebt hatten, so daß sie also schon vollkommen an das Süßwasser angepaßt waren. Ferner wurden noch Versuche mit Kaulquappen angestellt und außerdem noch solche mit einem von Algen und Flagellaten grün gefärbten Wasser, das in seinen Bestandteilen außerdem Diatomeen, Amöben und Ciliaten aufwies.

Bei den Tierversuchen wurden zwei grundsätzlich verschiedene Versuchsreihen durchgeführt, welche Hirsch einerseits als „einfache Versuche“, andererseits als „Übersetzungsversuche“ bezeichnet. Bei den ersteren wurden die Tiere sofort in die verschiedenen Lösungen des Salzes eingebracht, bei den Übersetzungsversuchen dagegen kamen sie zunächst in die schwächste Lösung, um dann nach je einigen Tagen in eine immer wieder stärkere Lösung gesetzt zu werden.

In sehr sorgsamer Weise fanden alle jene Gesichtspunkte Berücksichtigung, die neben dem verschiedenen Salzgehalte der Lösungen einen Einfluß auf die Versuchsergebnisse hätten ausüben können. So wurde darauf geachtet, daß die Größe der Wassermenge eine genügende war, daß die Zahl der Versuchstiere der Wassermenge entsprach, daß Belichtung und Temperatur stets gleichmäßig waren und daß auch die tägliche Durchlüftung des Wassers in genau gleicher Weise während derselben Zeitdauer vorgenommen wurde. Auf diese Weise wurde erreicht, daß die bei solchen Versuchen sich so leicht und zahlreich er-

gebenden Versuchsfehler nach Möglichkeit ausschieden, so daß die Unterschiede in den Ergebnissen tatsächlich als Einfluß der betreffenden Salzlösungen angesehen werden müssen.

Die Durchführung der Versuche und der zugehörigen Kontrollversuche sind von Hirsch in allen Einzelheiten sorgsam beschrieben und mit allen dabei erhaltenen Zahlen auf nicht weniger als 87 Druckseiten niedergelegt. Es ist nicht möglich, hier auch nur auszugsweise die vielen einzelnen Versuche zu schildern. Interessenten kann aber nicht warm genug empfohlen werden, diese in der Originalarbeit genau durchzustudieren. Das sei namentlich denjenigen geraten, die als Vertreter irgend einer Behörde oder auch von Privaten Einspruch gegen die Ableitung von Kaliendlaugen erheben und dabei deren vermeintlich ungünstige Wirkung auf die biologischen Vorgänge in den Flußläufen und damit auf das Fischleben angeben wollen. Sie werden nach dem Studium dieser umfangreichen und sorgsam untersuchten wahrscheinlich von selbst davon Abstand nehmen, ihre Bedenken auf derartige Behauptungen zu stützen. Sie werden das voraussichtlich um so eher tun, wenn sie auch noch die im Anschluß daran gegebene ausführliche Besprechung der von anderen Autoren früher angestellten Versuche studiert haben werden, da aus diesen hervorgeht, daß die von Hirsch erzielten Versuchsergebnisse sich unschwer mit denjenigen früherer Autoren in Einklang bringen lassen.

Nachstehend erfolgt in Tabellenform eine zahlenmäßige Übersicht über die Ergebnisse derjenigen Studien, durch welche Hirsch ermittelte, bis zu welcher Konzentration die benutzten Salzlösungen gesteigert werden konnten, ohne eine empfindliche Schädigung der Versuchstiere hervorzurufen. Er fand nämlich als höchste erträgliche Konzentration für die verschiedenen Tiere folgende Mengen (die Zahlen bedeuten Gramm in 1 Liter):

Lösung von	Versuchstiere			
	Daphnien	Aale	Kaulquappen	Chironomuslarven
Chlornatrium . . . . .	4,0	29,0	7,0	10,0
Schwefelsaures Natrium . . .	10,0	20,0	27,0	27,0
Salpetersaures Natrium . . .	3,0	5,0	1,0	5,0
Chlormagnesium . . . . .	3,0	25,4	17,0	17,0
Schwefelsaure Magnesia . . .	2,0	31,0	21,0	21,0
Chlorcalcium . . . . .	3,0	27,0	14,0	14,0
Salpetersaurer Kalk . . . . .	2,0	9,7	2,0	9,7
Chlorkalium . . . . .	0,7	0,7	5,7	5,0
Schwefelsaures Kali . . . . .	0,9	0,9	5,5	5,5
Salpetersaures Kali . . . . .	1,0	1,0	1,0	3,0

In der Literatur pflegte man sich in den letzten Jahren bei der Beurteilung der soeben besprochenen Frage hauptsächlich auf die Versuche zu stützen, welche Hofer im Auftrage des Reichsgesundheitsrates ausgeführt hatte<sup>1)</sup>. Es ist nun interessant, festzustellen, daß nach den vorstehend beschriebenen Versuchsergebnissen Hofer mit ganz außerordentlicher Vorsicht vorgegangen sein muß, denn seine Werte für die noch erträglichen Konzentrationen liegen zum Teil niedriger als diejenigen von Hirsch. Das gilt insbesondere für die Lösungen von Kochsalz, während diejenigen für das hier in erster Linie interessierende Salz, das Chlormagnesium nämlich, nahezu mit den von Hirsch erhaltenen Ergebnissen übereinstimmen.

Hirsch bespricht dann noch eingehend die Frage, wie die Salzlösungen bei zu hoher Konzentration auf den Tierkörper überhaupt wirken. Dabei gelangt er in Übereinstimmung mit anderen Autoren zu der Annahme, daß bei der Wirkung der Salze der osmotische Druck einerseits, die Ionen andererseits sehr wesentlich beteiligt sind. Er weist dann ferner darauf hin, daß bei einer Vergleichung der faunistischen Angaben mit seinen Versuchsergebnissen, wie sie in der obigen Tabelle wiedergegeben sind, erkennbar ist, wie man in der Natur die Tiere vielfach noch in weitaus höheren Konzentrationen von Salzen antreffen kann, als sie nach den Angaben in der vorstehenden Tabelle als Grenze für die Erträglichkeit erscheinen.

Soweit sei hier über die Hauptergebnisse der Versuche berichtet! Gegenüber den hierbei erzielten Ergebnissen tritt die Bedeutung der beim Studium der beiden anderen Fragen angestellten Beobachtungen ganz wesentlich zurück, weil es sich um nicht abgeschlossene Versuche handelt. Immerhin verdienen doch namentlich auch die von dem verstorbenen Cronheim angestellten Versuchsreihen über den Einfluß der Salze auf die Zerstörung der im Wasser gelösten organischen Substanz noch mit einigen Worten gestreift zu werden, da es sich dabei in der Hauptsache um die Erforschung der Frage nach der Wirkung der Salze auf die sog. Selbstreinigung der Gewässer handelt.

Unter den Begriff „Selbstreinigung des Wassers“ fallen eigentlich drei verschiedene Vorgänge:

1. die mechanische Beseitigung der meist organischen Verunreinigungen durch Sedimentation,
2. die Wiederanreicherung des verbrauchten Sauerstoffs durch die Wasserpflanzen und Algen,

---

<sup>1)</sup> Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker und Aller. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Band XXV, Heft 2, 1907; vergl. auch J. H. Vogel, die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 81.

3. die chemische Zersetzung der organischen Substanzen in anorganische durch Bakterien und andere Organismen.

Versuche über die Sedimentation wurden nicht angestellt, wie denn überhaupt nur mit gelöster organischer Substanz gearbeitet wurde. Über die Möglichkeit der Produktion von Sauerstoff in zahlreichen Gewässern durch grüne Organismen geben bereits die von Hirsch durchgeführten Versuche mit Protisten einige Anhaltspunkte. Ausführlicher berichtet wird deshalb nur über die Versuche Cronheims zum Studium der Einwirkung der Salze auf die Zersetzung der gelösten organischen Substanz, welche an ausgefaultem Rinderharn angestellt wurden. Angesetzt wurden diese mit je 1 Liter Lösung. Cronheim prüfte die Wirkung von Chlormagnesium, schwefelsaurer Magnesia, Chlornatrium und Chlorcalcium. Zur Kontrolle wurden außerdem Versuche mit gewöhnlichem Leitungswasser angesetzt. Nach einer bestimmten Reihe von Tagen wurde die noch vorhandene gelöste organische Substanz bestimmt. Außer den Versuchen mit nur je einem Salze machte er auch solche, in denen er zwei verschiedene Salze kombinierte.

Man kann über das zahlenmäßige Ergebnis dieser Versuche verschiedener Auffassung sein. Hirsch folgert daraus, daß ein Teil der genannten Salze die Zerstörung der organischen Substanz begünstigt, ein anderer darauf etwas hemmend wirkt. Die Versuchsergebnisse lassen aber doch wohl nur den einen Schluß zu, daß irgendeine Wirkung der Salze überhaupt nicht zu bemerken war, denn die Differenzen liegen durchweg innerhalb der Versuchsfehler und die Ergebnisse stimmen so gut überein, daß man tatsächlich daraus nur die eine Folgerung ziehen darf, die auch Hirsch gezogen hat und die er in folgende Worte kleidet:

„Bemerkenswert bleibt, daß so hohe Konzentrationen von Salzen, wie sie in unseren Gewässern eigentlich nie vorkommen, immer noch nicht unbedingt schädlich auf die Selbstreinigung des Wassers wirken.“

Cronheim hatte nämlich diese Versuche angestellt mit Normallösungen, die nur um das Achtfache verdünnt waren. Er hatte also z. B. vom Chlormagnesium eine Lösung benutzt, welche 1,27 g in 1 Liter enthielt. Ein wirklich hemmender Einfluß auf die Selbstreinigungskraft konnte von ihm aber erst festgestellt werden bei einem Gehalt von 12,7 g Chlormagnesium in 1 Liter, eine Menge, die ja praktisch nie in Betracht kommen kann. Die Versuche ergaben also bei den vorgenommenen Verdünnungen keine die Selbstreinigung fördernde Wirkung der Salze. Andererseits wurde aber doch mit Sicherheit festgestellt, daß die in der Praxis in den Flußläufen vorkommenden Endlaugenmengen ganz gewiß keinen ungünstigen Einfluß ausüben können. Dieses Ergebnis ist um so wertvoller, als es in voller Übereinstimmung steht mit den oben beschriebenen Untersuchungen von Müller und Fresenius.

Diese hatten sich unter Punkt 8 ihrer Leitsätze auf Grund ihrer Untersuchungsergebnisse wie folgt geäußert:

„Es ist anzunehmen, daß auch in einem Flußwasser die Versalzung bis zu 3000 mg Chlor in 1 Liter, entsprechend 5000 mg Chlornatrium oder 4000 mg Chlormagnesium in 1 Liter, einen schädlichen Einfluß auf die biologischen Vorgänge bei der Selbstreinigung nicht hat. Auch höhere Salzmengen sind wahrscheinlich noch ertragbar. Bei 6000 mg Chlor in 1 Liter aber dürfte eine Schädigung bereits stattfinden. Die vom Reichsgesundheitsrat bisher unter Berücksichtigung aller bei der Benutzung von Flußwasser durch Menschen und Tiere in Frage kommenden Interessen festgesetzte Versalzungsgrenze des Flußwassers liegt erheblich tiefer (450 mg Chlor in 1 Liter).“

Erwähnenswert ist hier noch eine andere Beobachtung von Hirsch, welche um so mehr Beachtung verdient, als sie in voller Übereinstimmung steht mit zahlreichen anderen Ermittlungen aus früherer Zeit. Er konnte bei seinen Versuchen noch feststellen, daß in den Lösungen von Chlormagnesium und schwefelsaurer Magnesia Bakterien in besonders großer Menge entwickelt waren.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die angestellten Entgiftungsversuche zu einem praktischen Ergebnis nicht führten. Sie sind, wie auch Hirsch selbst erwähnt, mißlungen, und zwar voraussichtlich deshalb, weil mit viel zu hohen Konzentrationen gearbeitet wurde.

### Untersuchungen von v. Alten.<sup>1)</sup>

Die beiden Arbeiten, welche v. Alten veröffentlichte, mögen hier zusammenhängend besprochen werden, da sie dasselbe Flußgebiet (Oker und Schunter) betreffen und die zweite Arbeit lediglich als Fortsetzung der ersten anzusehen ist. Bezugnehmend auf die oben (Seite 18) besprochene Arbeit von Müller und Fresenius weist v. Alten einleitend darauf hin, wie diese auf Grund ihrer Versuche annehmen, eine Versalzung bis zu 3,0 g Chlor in 1 Liter Flußwasser könne einen schädlichen Einfluß auf die biologischen Vorgänge bei der Selbstreinigung nicht ausüben. Da aber die genannten Autoren ihr Urteil lediglich auf Laboratoriumsversuche stützten und dementsprechend auch sehr vorsichtig urteilten, schien es v. Alten von Wichtigkeit zu sein, diese Frage in der Natur selbst zu prüfen. Er hat deshalb zunächst in den Monaten November und Dezember 1913 Untersuchungen an der Schunter angestellt. Dabei berücksichtigte er hauptsächlich die botanische Seite,

<sup>1)</sup> Vergl. Seite 17.

um so die bekannte Arbeit von Hofer an demselben Flusse aus den Jahren 1903 und 1904 zu ergänzen, da Hofer vornehmlich die zoologische Seite studierte. Auf zahlreichen Ausflügen sammelte er ein umfangreiches Material.

Jedes Lebewesen hat ein Wachstumsoptimum, das bei den verschiedenen Organismen zu ganz verschiedener Jahreszeit liegt. So müssen in verschiedenen Zeiten ganz verschiedene Bilder entstehen, die zur Fällung eines Urteils über den Einfluß der Endlaugen auf die Mikroflora der Schunter und Oker in der angegebenen Jahreszeit in den abwässerführenden und abwässerfreien Teilen desselben Flusses zu derselben Zeit miteinander zu vergleichen waren. Abschließende Folgerungen können allerdings erst quantitative Untersuchungen ergeben, nachdem vorher qualitativ der Bestand und sein Wechsel im Laufe verschiedener Jahre festgestellt sein wird, eine Aufgabe, der v. Alten sich zu unterziehen gedenkt.

Da in den Jahren 1903 und 1904 nach Hofers Untersuchungen die Tierwelt fast vernichtet war, so interessierte es natürlich, festzustellen, wie die Verhältnisse 10 Jahre später lagen. Deshalb untersuchte v. Alten auch die Tierwelt, wobei er sich aus rein praktischen Gründen zunächst auf bekanntere Tiere beschränkte, um der botanischen Seite seine ganze Aufmerksamkeit widmen zu können.

Erforscht wurden die Schunter, ferner von ihren Zuflüssen die Wabe, die Mittelriede, einige Teiche sowie Gräben und die Oker von Braunschweig bis Ditterse. Bei der Beschreibung der untersuchten Proben zerlegt v. Alten die Flußläufe in größere Abschnitte. Die Schunter hat er an der Stelle in den abwässerfreien und abwässerhaltigen Teil gegliedert, wo die Einleitung der Endlaugen des Kaliwerks Beienrode dicht vor der Uhraumündung erfolgt. Von den ausnahmslos endlaugenfreien Nebenflüssen der Schunter gibt er nur das Gesamtbild, an das sich dann die interessante Frage knüpft, welche Veränderungen die Flora der Nebenflüsse nach dem Einfluß derselben in den abwässerhaltigen Hauptfluß erfährt.

Da für die Beurteilung des Einflusses der Endlaugen auf die Mikroflora vor allem auch die Menge der eingeleiteten Abwässer in Frage kommt, werden die Untersuchungsergebnisse der Herzoglichen Nahrungsmitteluntersuchungsstelle zu Braunschweig mitgeteilt. Diese untersucht das Schunterwasser täglich bei Beienrode und Thune. An ersterer Stelle enthält es lediglich die Kaliabwässer der Gewerkschaft Beienrode, an letzterer außerdem auch noch diejenigen der Gewerkschaft Asse. Aus der tabellarischen Übersicht der Untersuchungsergebnisse geht hervor, daß die Versalzung und Verhärtung der Schunter vor Beienrode in den Monaten Oktober bis Dezember 1913 meist weniger als die Hälfte der

zulässigen Grenze<sup>1)</sup> von 0,40—0,45 g Chlor in 1 Liter und 50—55 deutschen Härtegraden betrug. Unterhalb Bienrode bei Thune ist durch die Einleitung der Endlaugen des Kaliwerks Asse die Versalzung wesentlich höher und auch größeren Schwankungen unterworfen. Hier wurde die Chlorgrenze von 0,45 g in 1 Liter nicht nur häufig erreicht, sondern auch vereinzelt erheblich überschritten. Leider hat v. Alten nur vereinzelt Proben dieser letzten Strecke untersucht, die kein vollständiges Bild ergeben, aber doch schon erkennen lassen, daß Flora und Fauna ebenso reichhaltig entwickelt sind wie oberhalb. Im Februar 1914 wurde eine sehr üppige Organismenwelt sogar direkt an der Einleitungsstelle der Kaliendlaugen der Gewerkschaft Asse festgestellt. Neben einer sehr reichhaltigen Fauna wurde hier auch eine stark entwickelte Flora festgestellt. Selbst dort, wo der Sprühregen der Kaliabwässer von dem Rohr ins Wasser gelangte, tummelten sich zahlreiche Cyclops- und Mückenlarven. Etwas unterhalb fanden sich an einer seichteren Stelle am Ufer Ostracoden und Amöben zahlreicher als irgendwo oberhalb.

Auf die umfangreichen Einzeluntersuchungen über die Tier- und Pflanzenwelt, welche v. Alten vornahm, kann hier nicht näher eingegangen werden. Insgesamt fand derselbe für die Schunter 114 Arten und Varietäten von Algen, von welchen 100 den Diatomeen angehören. Letztere bilden also auch quantitativ den Hauptbestand der Mikroflora und müssen darum bei einer biologischen Beurteilung in den Vordergrund gerückt werden. Oberhalb Zuleitung der Endlaugen des Kaliwerks Beienrode wurden 37 Diatomeenarten, unterhalb dagegen 85 Arten festgestellt, von denen 20 Arten in beiden Teilen des Flußlaufes gemeinsam gefunden wurden. In dem kaliabwässerhaltigen Teile ist also die Flora weit reichhaltiger, und auch die Tierwelt ist, wie aus den Proben hervorging, zahlreich entwickelt. Besonders ist Gammarus (mit Ausnahme der mit organischen Abwässern verunreinigten Strecke unterhalb der Mittelriede) überall häufig in beiden Teilen gefunden. Es ist also seit Hofers Untersuchungen in den Jahren 1903 und 1904 eine starke Bereicherung der Flora und Fauna in der Schunter eingetreten. Auch im Plankton der Schunter wurden zahlreiche Arten gefunden, die aber nicht gesondert aufgeführt wurden, weil bei der Kleinheit des Flusses keine spezifisch planktonischen Arten vorkommen, sondern dieselben, die man auch am Rande fischt.

Von Alten knüpft an den Bericht über seine Untersuchungsergebnisse und insbesondere an seine Einzelmitteilungen über die Zusammensetzung einer Planktonprobe, die er an der Schunterbrücke entnommen hatte, eine die ganze Situation in treffender Weise kenn-

---

<sup>1)</sup> Vergl. dazu J. H. Vogel, Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin, 1913, Seite 509.



zeichnende Kritik eines Ausspruchs von Rohland<sup>1)</sup>. Dieser hatte nämlich geschrieben:

„Durch das Einleiten der Endlaugen in die Flüsse wird ferner das Plankton, die vegetabilische und animalische Nahrung der Fische, vernichtet. Es werden allerdings die organischen Stoffe, da sie kolloiden Charakter haben, sedimentiert, diesem Vorteil steht aber ein Nachteil insofern gegenüber, als mit diesen organischen Substanzen auch das Plankton entfernt und dadurch der Fischbestand gefährdet wird.“

Von Alten meint dazu:

„Schon Hofer hat im Gegensatz zu den Untersuchungen an der Wipper und Unstrut<sup>2)</sup> bei der Oker keinen ungünstigen Einfluß der Endlaugen feststellen können. Damals war in der Schunter der Bestand allerdings stark zurückgegangen, doch darf dies Resultat auf die Diatomeen nicht ausgedehnt werden, da Hofer sie zahlreich beobachtet, aber nicht genauer untersucht hat. Sie können also schon damals (wie auch jetzt im Winter) den Hauptbestandteil der Algen gebildet haben, der sich den veränderten Lebensbedingungen am schnellsten angepaßt und sich stark vermehrt hatte. Heute findet man unterhalb Beienrode trotz der Abwässer ungefähr doppelt so viel Arten als oberhalb der Einleitungsstelle. Auch an anderer Stelle äußert sich Rohland über den Einfluß der Endlaugen auf das Plankton<sup>3)</sup>. Er sagt:

„Allerdings hat die klärende Wirkung der Endlaugen bezw. des Magnesiumchlorids einen besonderen Nachteil; zugleich wird damit das Plankton, das animalische und vegetabilische Nahrungsmittel der Fische, sedimentiert und aus dem Flusse entfernt; auch dieses ist in vielen Teilen kolloider Natur.“

„Es wäre bei der Wichtigkeit und Tragweite dieser Tatsache zunächst erwünscht, zu erfahren, wo Rohland die Resultate gefunden hat, die er so schlechthin verallgemeinert, zumal er gerade das Gegenteil behauptet, was Vogel als das Resultat der gesamten Erfahrung aus Wissenschaft und Praxis anführt. Auch die neueste Arbeit von Müller und Fresenius<sup>4)</sup> stellt ausdrücklich fest, daß die Sedimentation der Bakterien durch das höhere spezifische Gewicht der versalzenen Wässer verzögert wird. Jedenfalls wäre es interessant, dies „kolloide, animalische und vegetabilische Plankton“ mit dem merkwürdig abweichenden

<sup>1)</sup> Aus der Natur, 1913, Heft 3, Seite 210.

<sup>2)</sup> Die irrige Annahme eines solchen ungünstigen Einflusses in Wipper und Unstrut ist inzwischen durch die oben mitgeteilten Untersuchungsergebnisse von Helfer widerlegt.

<sup>3)</sup> Wasserwirtschaftl. Rundschau, VII. Jahrg., Nr. 2, Seite 21.

<sup>4)</sup> Vergl. oben Seite 18.

Verhalten näher kennen zu lernen! Denn bei der Schunter läßt sich mit jeder Planktonprobe feststellen, daß trotz der Versalzung reichlich Lebewesen vorhanden sind und damit das Resultat der angeführten Autoren bestätigen. Allerdings scheint das Gutachten des Reichsgesundheitsrates von 1911 für ein Verschwinden des Planktons in der Wipper und Unstrut zu sprechen<sup>1)</sup>. Doch einmal sucht der Referent (Beckurts) diese Schädigung auf plasmolytische Vorgänge und keineswegs auf einfache Sedimentation zurückzuführen, anderseits können die Verhältnisse sich bei einer ausgedehnteren hydrobiologischen Untersuchung wesentlich ändern. Denn in dem Gutachten werden nur 16 Planktonproben aufgeführt, in denen man aber kaum die Mikroflora zweier Flüsse feststellen kann. Außerdem lag vielleicht die Hauptentwicklungszeit vieler Algen nicht an den wenigen Untersuchungstagen, sowie auch in den Proben nur erratoplanktonische Formen festgestellt sind, während Ufer und Grund gar keine Berücksichtigung fanden.“

Man kann dieser Kritik nur zustimmen und wird von Alten besonders recht geben, wenn man hört, was er nach dieser Richtung über seine Befunde bezüglich des Fischbestandes der Schunter mit folgenden Worten sagt:

„Jedenfalls ließ sich bei der Schunter feststellen, daß die Hauptnahrung der Fische, Gammarus, Asellus u. a., in der ganzen Schunter und ihren Zuflüssen sehr zahlreich vertreten sind, mit Ausnahme der Strecken, die durch organische Abwässer von Zuckerfabriken verunreinigt waren. In der besonders stark verunreinigten Mittelriede waren Fische und Gammarus überhaupt nicht zu finden, und vor ihrem Einfluß in die Schunter stauten sich die Fische direkt an. Ein Vergleich der Flora und Fauna von Wabe und Mittelriede, die vor dem Einleiten der Zuckerfabrik Rautheim zusammenfließen, zeigt deutlich den schädigenden Einfluß der organischen Abwässer. Trotzdem die Wabe in den Monaten der Untersuchung weit wasserärmer war als die Mittelriede, zog doch der ganze Schwarm der Jungfische von der Schunter in die Wabe, um hier eine Zufluchtsstätte vor dem reißenden Hochwasser und bequemere Weideplätze zu finden. An manchen Tagen wurden Schwärme von vielen Tausenden beobachtet, unter denen ein Eisvogelpärchen stark aufräumte. Sind solche Auswege für die Fische nicht vorhanden, so werden sie wie in der Mittelriede teils aus Nahrungsmangel, teils durch Vergiftung vernichtet, was bei den sog. „Fischsterben“ in jedem Herbst zu beobachten ist, sobald die Zuckerfabriken ihre Abwässer in die Flüsse leiten. Nun werden aber auch oberhalb Beienrode bei Süpplingen Abwässer eingeleitet, die in der Schunter eine starke Entwicklung von Sphaerotilus und seiner Gefolgschaft zur Folge hatten, auch Gam-

<sup>1)</sup> Vergl. dazu Fußnote <sup>2)</sup>, Seite 37.

marus war stark von Parasiten befallen u. a. Sollte das auf die Fische, die bei der Mittelriede so empfindlich auf solche organischen Abwässer reagierten, in der Schunter ohne Einfluß sein?“

An der Oker wurden drei Abschnitte untersucht und zwar durchweg nur bei höheren Wasserführungen. Von den dabei gewonnenen Ergebnissen sei hier deshalb nur kurz mitgeteilt, daß ein auffallend geringer Bestand an Tieren und Pflanzen festgestellt wurde, und zwar ebenso in dem endlaugenfreien wie in dem endlaugenhaltigen Teile<sup>1)</sup>.

### Beurteilung der besprochenen Untersuchungen

Die Ergebnisse der angestellten Untersuchungen, über welche vorstehend berichtet wurde, harmonieren in vorzüglicher Weise untereinander. Im Kaiserlichen Gesundheitsamte zu Berlin, in der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene zu Dahlem, im Zoologischen Institut der Universität Jena kam man ebensowohl, wie bei den von Dr. von Alten in der Natur angestellten Studien zu Ergebnissen, aus denen sich mit Sicherheit folgendes ableiten läßt:

<sup>1)</sup> Herr Dr. von Alten hat seine Untersuchungen fortgesetzt. Bei einem gelegentlichen Zusammentreffen im März 1915 erzählte er mir von den interessanten Ergebnissen, welche er dabei erzielte. Da eine Veröffentlichung der Versuche bis zum Erscheinen dieser Arbeit nicht erreichbar war, hat er mir auf meinen Wunsch darüber noch folgende Mitteilungen gemacht:

„Der Einfluß der Kaliabwässer äußert sich besonders in einer sehr starken Vermehrung der Diatomeen. Einerseits nehmen sie an Artenzahl zu und zwar in der Schunter um 148, dann aber veranlassen die Kaliabwässer im Sommer, wo an anderen Stellen ein Wachstumsminimum ist, Massenwucherungen bestimmter Arten. Diese stellen ein wertvolles Fischfutter und Nahrungsmaterial für viele andere Tiere dar. Solche Massenentwicklungen sind auch in den Salzwässern Westfalens beobachtet worden.

Für den Rückgang der Aalfischerei in der Schunter sind nicht die Kaliabwässer verantwortlich zu machen, sondern die Abwässer von Zuckerfabriken, die bei einer Verarbeitung von ca. 1 $\frac{1}{4}$  Millionen Zentner Rüben die ganze Schunter bis Lehre am Grunde mit einem Faulschlamm bedecken, in dem besonders Grundfische wie die Aale absterben müssen.

An zahlreichen Tabellen habe ich den unterschiedlichen Einfluß von Kali- und Zuckerfabrikabwässern gezeigt und damit meine früheren Angaben bestätigt. Es hat sich aber vor allem gezeigt, daß es gelingen muß, durch Vereinigung von organischen Abwässern mit Kaliabwässern die schädliche Wirkung der ersteren durch vermehrte Produktion besonders von Diatomeen aufzuheben. Unterhalb der Schuntermündung fanden sich in der Oker in allen Proben ca. 80 bis 90 Diatomeenarten gegen 40 bis 50 in den anderen Flüssen.

Im ganzen wurden ca. 450 Arten von Algen beobachtet, davon 360 Diatomeen und zwar in der Schunter 275 Arten trotz der doppelten Versalzung. Daß hier das Chlormagnesium einen wachstumsfördernden Reiz ausübt, steht außer allem Zweifel treten doch manche Formen nur an den beiden Einleitungsstellen der Kaliabwässer auf. Andere finden sich hier sogar massenhaft, um in der übrigen Strecke vereinzelt, der unversalzenen unvermittelt gar nicht aufzutreten. Von den Diatomeen sind ca. 100 salzliebende Formen.“

Es ist nicht richtig, daß biologische Vorgänge in unseren Gewässern durch die Zuleitung von Kaliendlaugen in den in der Praxis vorkommenden Mengen auf das ungünstigste beeinflußt werden.

Es ist insbesondere auch nicht richtig, daß eine Beeinträchtigung der niederen Fauna und Flora durch die Kaliendlaugen stattfindet, und daß deshalb eine Schädigung der Fische infolge Verringerung ihrer Nahrung erfolgt.

Es ist schließlich auch nicht richtig, daß die Zuleitung der Endlaugen auf die Selbstreinigungskraft der Gewässer ungünstig einwirkt.

Richtig ist vielmehr, daß bis zu einer Menge von 3,0 g Chlormagnesium in 1 Liter Flußwasser (= rund 175 deutschen Härtegraden) sicherlich keinerlei Schädigung der Fische und ihrer Nahrung entstehen kann, und daß insbesondere biologische Vorgänge im Flußwasser — welcher Art sie auch sein mögen — dadurch nicht ungünstig beeinflußt werden können. Erst bei 3,5 g Chlormagnesium in 1 Liter (= rund 200 deutschen Härtegraden) ist die äußerste Grenze der Schädlichkeit zu suchen.

Richtig ist ferner, daß die Selbstreinigungskraft der Gewässer, soweit es sich dabei um die Zersetzung der gelösten organischen Substanzen handelt, durch die in ihnen vorkommenden Endlaugenmengen überhaupt nicht beeinflußt werden kann, und zwar deshalb nicht, weil diese Mengen dazu zu gering sind. Erst größere Mengen — von etwa 3,5 g Chlormagnesium in 1 Liter an — könnten diese Selbstreinigungskraft der Gewässer beeinflussen, aber in einem günstigen Sinne, indem dann innerhalb mäßiger Grenzen eine Förderung der Selbstreinigungskraft erfolgen würde<sup>1)</sup>.

Bestätigt wird weiter die Tatsache, daß das Chlormagnesium auch schon in den in den Gewässern vorkommenden Mengen einer Vermehrung der Bakterien Vorschub leistet.

Bestätigt werden schließlich noch vielfache Beobachtungen in der Praxis, die ich kürzlich<sup>2)</sup> mit folgenden Worten wiedergab:

„Man kann namentlich an den kleineren Flußläufen, in welche Endlaugen eingeleitet werden, bei ruhigem Wetter beobachten, wie alle Arten von Fischen scharenweise an die Mündungsstellen der Endlaugenzuleitungen herankommen. Allerdings pflegen sie dort stets nur einen Augenblick zu verweilen. Sie kommen aber immer wieder.“

Bei seinen Untersuchungen an der Schunter konnte von Alten nämlich mehrfach Beobachtungen anstellen, welche hiermit in voller

<sup>1)</sup> Vergl. dazu J. H. Vogel, Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 543.

<sup>2)</sup> Ebendasselbst, Seite \*87.

Übereinstimmung stehen. Er fand, daß an der Einleitungsstelle der Endlaugen der Gewerkschaft Asse zu den verschiedensten Jahreszeiten eine besonders reich entwickelte Flora und Fauna anzutreffen war.

### **Folgerungen**

Alle Untersuchungen zeigen übereinstimmend, daß meine oben (S. 15) wiedergegebenen Folgerungen aus dem Jahre 1913 mit ihren Grenzwerten über die Unschädlichkeit der Kaliendlaugen für das Fischleben als äußerst vorsichtig zu bezeichnen sind.

---

## Einfluß der Kaliendlaugen im Flußwasser auf Riesel-, Stau- und Überschwemmungswiesen

Mit Rücksicht auf die verschiedenartigen, stets wechselnden Verhältnisse (Beschaffenheit und Art, Durchlässigkeit, Kapillarität usw.) des Bodens ist es grundsätzlich nicht richtig, Grenzwerte für den zulässigen Gehalt eines Bewässerungswassers an Endlaugen aufzustellen. Unter Betonung dieser Tatsache habe ich trotzdem vor einigen Jahren, um den Bedürfnissen der Praxis zu entsprechen, folgende Höchstgrenzen für den Gehalt eines Bewässerungswassers an Bestandteilen der Endlaugen angegeben<sup>1)</sup>:

1. Für regelrechte Rieselwiesen, bei denen periodenweise im Jahre mehrere Wochen hintereinander gerieselt, dann das Wasser abgestellt wird, und die Wiesen wieder trocken gelegt werden, soll der Gehalt des Rieselwassers an Chlormagnesium ( $MgCl_2$ ) die Menge von 0,5 g in 1 Liter nicht überschreiten, gleichgültig, um welche Bodenart auch immer es sich handeln möge.

2. Bei Wiesen, welche nur zeitweise überschwemmt oder beim Ausufern überflutet werden, also nicht als regelrechte Rieselwiesen angesehen werden können, darf der Gehalt des Überschwemmungswassers an Chlormagnesium je nach Art und Beschaffenheit des Wiesenbodens mehr oder weniger gesteigert werden. Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen der Praxis an den Endlaugen führenden Flüssen und insbesondere an der Nordsee wird man dafür bis auf weiteres folgende Grenzwerte aufstellen können:

- a) für Wiesen mit sandigen, sandig-lehmigen, anmoorigen oder moorigen Bodenarten bei guten Entwässerungsverhältnissen 2,0 g, bei sehr schlechten oder mäßigen Entwässerungsverhältnissen 1,0 bis 1,5 g in 1 Liter.
- b) für Wiesen mit schweren tonigen oder lehmigen Bodenarten bei guten Entwässerungsverhältnissen 1,5 g, bei sehr schlechten oder mäßigen Entwässerungsverhältnissen 0,5 bis 1,0 g in 1 Liter.

Diese Grenzen wählte ich mit besonderer Vorsicht. Deshalb glaubte ich ganz sicher zu sein, daß sie sich auch für besonders ungünstige

<sup>1)</sup> Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 176.

Verhältnisse bewähren würden. Dabei konnte ich mich allerdings nicht auf besondere, nach allen Regeln der Wissenschaft und Praxis durchgeführte Forschungen mit Kaliendlaugen stützen. Solche lagen damals nicht vor. Vielmehr konnte ich meine Angaben nur machen auf Grund umfangreicher und langjähriger Beobachtungen einerseits auf Wiesen an solchen Flußläufen, denen seit Jahren Kaliendlaugen zugeleitet werden, anderseits auf den der Überflutung ausgesetzten Wiesen an der Nordsee und schließlich an Untersuchungen, welche von verschiedenen Forschern angestellt waren, um den Einfluß der Hauptbestandteile der Endlaugen, des Chlormagnesiums und des Chlornatriums, auf Boden und Wachstum der Pflanzen zu erforschen.

Inzwischen sind nun systematische Untersuchungen mit Kaliendlaugen zum Abschluß gekommen, die eine wertvolle Ergänzung und zugleich weitgehendste Bestätigung meiner vorerwähnten Studien und Beobachtungen bilden<sup>1)</sup>. A. Stutzer und W. Haupt haben auf Wiesen und Äckern nach allen Regeln der Wissenschaft und Praxis in dreijähriger Folge solche Untersuchungen durchgeführt.

### Untersuchungen von Stutzer und Haupt

Im ersten Teil ihrer Abhandlung berichten Stutzer und Haupt über die bisher bekannt gewordene Wirkung der Magnesiumverbindungen, insbesondere von Chlormagnesium auf Boden und Pflanzen. Sie zeigen durch Vorführung einiger Beispiele aus der großen Zahl der darüber vorliegenden Untersuchungen, wie das in den Boden gelangende Chlormagnesium einen Basenaustausch in dem Sinne bewirkt, daß Kalk gelöst und Magnesia gebunden wird, was eine gewisse Entkalkung des Bodens bedingen kann. Weiter zeigen sie, wie dabei das Chlormagnesium die Kalisilikate des Bodens aufschließt, wodurch das Kali für die Pflanzen in einen leichter aufnehmbaren Zustand übergeführt wird. Der deshalb u. a. auch von König<sup>2)</sup> zum Ausdruck gebrachten Besorgnis, daß das zu einem Auswaschen von Kali und somit zu einer gewissen Entwertung des Bodens führen könnte, treten sie mit folgenden Worten durchaus zutreffend entgegen:

„Wird Endlange in einen Fluß abgelassen und findet bei Hochwasser gelegentlich eine Überflutung des Geländes statt, so wirken verhältnismäßig geringe Mengen von Wasser auf große Mengen von

<sup>1)</sup> Dreijährige Versuche über die Wirkung von Chlormagnesium enthaltender Endlange von Chlorkaliumfabriken auf die Ernteerträge. Von Dr. A. Stutzer, Geh. Regierungsrat und Professor, Direktor des agrilkulturchemischen Instituts der Universität Königsberg und W. Haupt, Landwirtschaftslehrer, Assistent am agrilkulturchemischen Institut der Universität Königsberg. Mit 2 Textabbildungen. Berlin 1915.

<sup>2)</sup> Vergl. auch J. H. Vogel, Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin, 1913, Seite 108 ff.

Boden ein. Das Chlormagnesium schließt Bodensilikate auf, wirkt also vorteilhaft, und das wasserlöslich gemachte Kali wird, weil die Bodenmenge im Überschuß vorhanden ist, in gleicher Weise absorbiert werden, als wenn bei einer Düngung Kalisalze ausgestreut wären. Jedenfalls ist die Gefahr eines Verlustes von durch Endlauge wasserlöslich gemachtem Kali unter den Verhältnissen der Praxis, d. h. wenn gelegentlich eine Überflutung des Ackers oder einer Wiese mit Flußwasser stattfindet, sehr gering und andererseits die günstige aufschließende Wirkung des Chlormagnesiums von Wichtigkeit.“

Unter Hinweis darauf, daß Magnesium ein wichtiger Bestandteil des Blattgrüns der Pflanzen ist, unter dessen Mitwirkung sich die Umbildung anorganischer Stoffe in organische vollzieht, wird betont, daß das Magnesium zu den wichtigsten Elementen bei der Ernährung der Pflanze gehört. Das geht auch noch hervor aus den Darlegungen über die Bedeutung des Magnesiums für die Bildung des Zellplasmas, gewisser Proteide und insbesondere des Nukleins.

Nachdem noch der voraussichtlich vorteilhafte Einfluß des Chlormagnesiums infolge der sog. Reizwirkung auf das Wachstum der Pflanzen hervorgehoben ist, werden günstige Beobachtungen besprochen, die beim Gebrauch solcher Düngemittel erzielt wurden, welche Chlormagnesium in größerer Menge enthalten. Es sind das Kainit und vornehmlich Carnallit. Auch den Versuchen, bei welchen Chlormagnesium und schwefelsaure Magnesia direkt zum Düngen benutzt wurden, sowie denjenigen über die Wirkung von Chlormagnesium auf keimende Samen werden noch einige Worte gewidmet. Anhangsweise wird dann an Hand einiger Beispiele auf die pflanzenfördernde Wirkung des Kochsalzes verwiesen.

Nunmehr gehen Stutzer und Haupt über zur Beschreibung ihrer eigenen Versuche. Sie haben nicht etwa in erster Linie feststellen wollen, ob die Bestandteile der Kaliendlaugen eine den Pflanzenwuchs fördernde, d. h. düngende Wirkung ausüben, sondern ob solche innerhalb gewisser, von ihnen sehr weit bemessener Grenzen eine nachteilige Wirkung auf die Pflanzen auszuüben vermögen.

Die Frage konnte nur durch planmäßige, mehrere Jahre auf den gleichen Wiesen- und Ackerflächen fortgesetzte Versuche beantwortet werden, indem man Rieselwasser nahm, das eine genau bekannte Menge von Endlauge bzw. Chlor enthielt. Die Versuche wurden unter genau den gleichen Verhältnissen des Bodens und der Pflanzenarten ausgeführt, unter denen teils gar nicht, teils aber auch mit endlaugenfreiem Grundwasser gerieselt wurde. Sie wurden drei Jahre lang (1912, 1913, 1914) fortgesetzt, indem auf dieselben Teilstücke stets die gleiche Menge Wasser von gleicher Beschaffenheit (teils mit, teils ohne Zusatz von Endlauge) gebracht wurde.



Die Versuche wurden ausgeführt auf Wiesen im Tale der Leine bei Banteln sowie an der Wipper bei Bendeleben in Thüringen und auf Acker in Oldisleben an der Unstrut. Der Acker war Gemeindeacker. Dieser wurde in der Fruchtfolge bebaut mit Hafer, Weizen, Futterrüben bezw. mit Zuckerrüben, Gerste, Roggen.

Trotz der großen Entfernungen von Königsberg stellten Stutzer und Haupt die Versuche doch ausschließlich in Gegenden an, in denen eine Ableitung von Endlaugen in die Flüsse tatsächlich stattfindet. Nicht nur die Rücksicht auf die dortige Bodenbeschaffenheit machte das wünschenswert. Es sollte vielmehr auch bei einem Vergleich das unveränderte Wasser der Flüsse (z. B. der Unstrut und Wipper) mit benutzt werden.

Die etwas feuchte Wiese bei Banteln in Hannover war 35 a groß (außerdem wurde eine daneben liegende Wiese nur im Jahre 1914 benutzt). Die trockene gute Wiese bei Bendeleben a. d. Wipper (Eigentümer: Legationsrat v. Krause) hatte eine Größe von 40 a und der Gemeindeacker bei Oldisleben a. d. Unstrut eine Größe von 113,8 a.

Der Reichsgesundheitsrat hatte bekanntlich mit Rücksicht auf die Interessen der Landwirtschaft für das Wasser der Wipper und Unstrut einen Gehalt von 0,3 g Chlor in 1 Liter für nicht bedenklich erklärt<sup>1)</sup> Stutzer und Haupt wollten durch Versuche feststellen, bei welchem Gehalt an Chlor das Wasser eine schädliche Wirkung auszuüben beginnt, und mußte demgemäß der Chlorgehalt viel höher bemessen werden. Sie nahmen 1,5 bis 2,5 g Chlor in 1 Liter.

Die Versuche wurden insofern am vollständigsten auf dem Felde bei Oldisleben ausgeführt, als dort 11 Versuchsreihen angelegt werden konnten. Auf den Wiesen an der Wipper und Leine blieb die Zahl der Versuchsreihen auf 8 bezw. 9 beschränkt.

Bei Aufstellung eines Programms für die Versuche mußte zunächst die Art der Zuführung des Wassers zu den einzelnen Teilstücken berücksichtigt werden. Die Versuche sollten exakt ausgeführt werden. Zu diesem Zwecke durfte das einzelne Teilstück nicht zu groß sein, um nach Möglichkeit Ungleichheiten in der Beschaffenheit des Bodens auszuschneiden. Versuche, bei denen der Boden einerseits nicht gewässert, andererseits mit reinem Wasser und mit Zusatz steigender Mengen von Endlauge berieselt wurde, mußten nebeneinander ausgeführt werden, damit die Höhe der Ernteerträge nicht durch andere Einwirkungen beeinflusst wurde.

Rieselversuche, die unter ähnlichen Bedingungen und Ansprüchen vorgenommen wurden, sind bisher nicht ausgeführt. Stutzer und Haupt hatten also kein Vorbild, nach dem sie sich hätten richten können.

<sup>1)</sup> Gemeint sind damit 0,3 g Chlor aus Endlaugen, was ungefähr einer Verhärtung durch Endlaugen um 24 deutsche Grade entspricht.

Sie griffen auf die bewährte Methode zurück, welche die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft bei Ausführung von Felddüngungsversuchen vorschreibt, nur mit dem Unterschiede, daß nicht Dünger, sondern Wasser mit bestimmtem Gehalt an Chlor auf den einzelnen Teilstücken verteilt wurde.

Da die in verschiedener Weise zu behandelnden Teilstücke nebeneinander zu legen waren, konnte eine Rieselung durch Aufstau nicht vorgenommen werden. Bei den Wiesen kam auch eine Rückenrieselung nicht in Betracht. Die einzelnen Teilstücke wurden deshalb unter ganz schwachem Druck besprengt. Die zu berieselnden Flächen mußten selbstverständlich ganz eben sein und der Boden mußte das dargebotene Wasser in verhältnismäßig kurzer Zeit aufsaugen, damit jede Beeinflussung eines benachbarten Teilstücks vermieden wurde. Als Größe der Einzelteilstücke wurden 100 qm gewählt. Auf verschiedenen Teilen der Wiese oder des Ackers wurde, um eine Kontrolle ausüben zu können, derselbe Versuch viermal wiederholt. Anfangs wurden die Einzelteilstücke durch Bretter von 25 cm Höhe umgrenzt, die durch Scharniere miteinander verbunden waren. Durch Eindringen der aufrecht stehenden Bretter in den Boden sollte vornehmlich verhütet werden, daß Teile des Rieselwassers auf ein benachbartes Teilstück abfließen.

War das Einzelteilstück geriesel, so wurden die Bretter zusammengelegt und auf einem anderen Stück wieder aufgebaut. Diese Vorsichtsmaßregel erwies sich indes in der Folgezeit als unnötig. Der Boden der Versuchswiesen und Versuchsfelder war genügend eben. Es wurden auch während der drei Versuchsjahre fast immer dieselben Arbeiter beim Rieseln benutzt. Diese lernten sehr bald das Wasser gleichmäßig verteilen, so daß eine Beeinflussung der benachbarten Teilstücke nicht stattfand. Deshalb genügte die Markierung der Einzelteilstücke durch vier hölzerne Stäbe, welche die Ecken des Vierecks (je 100 qm) bezeichneten. Wurde von einem Stab zum andern eine Schnur gezogen, so war die Grenze eines jeden Teilstücks genau bekannt.

Die Rieselung geschah jährlich einmal, und zwar in derjenigen Wachstumsperiode, in der die betreffenden Pflanzen gegen schädigende Einflüsse besonders empfindlich sind. In allen 3 Jahren ist auf das gleiche Teilstück Wasser von gleicher Beschaffenheit zum Rieseln gegeben, um eine nachhaltigere Wirkung zu erzielen.

Die Wiesen und Felder sind regelmäßig und nicht zu knapp mit Phosphorsäure, Kali und Stickstoff gedüngt, weil etwaige Mindererträge nicht durch Hunger nach Düngstoffen beeinflusst sein durften<sup>1)</sup>. Es sollte nur die etwa schädigende Wirkung der Endlauge zum Ausdruck gebracht werden.

<sup>1)</sup> Das ist von größter Bedeutung für die Beurteilung der Frage, ob und in welchem Umfange etwa ein pflanzenfördernder Einfluß des in den Endlaugen enthaltenen Chlormagnesiums zu erwarten war. Vergl. dazu weiter unten Seite 53, Zeile 3 bis 15.

Die Rieselung jeder Versuchsfläche nahm stets mehrere Tage in Anspruch. Sie erfolgte auf den Wiesen Mitte April, auf den Feldern 4 Wochen nach Aufgang der Saaten, also stets in der Wachstumsperiode, in der die jungen Pflanzen besonders empfindlich gegen schädigende Einflüsse sind.

Die Ernteerträge wurden auf jedem Teilstück von 100 qm Größe einzeln festgestellt.

### Versuche auf einer Wiese bei Bendeleben an der Wipper

Die unmittelbar an der Wipper gelegene Versuchswiese wies guten, lehmigen Boden auf mit einem Gehalt von 1,44% Kalk und 0,44% Magnesia. Kalk und Magnesia waren zu einem großen Teil als kohlen-saure Salze vorhanden. Der Versuch bestand aus 9 Versuchsreihen auf 36 Teilstücken, von denen jedes 100 qm groß war. Jede Versuchsreihe war also viermal angesetzt, so daß ausreichende Kontrolle vorhanden war.

Aus nachfolgender Zusammenstellung sind die Art der Rieselung und die in den 3 Jahren gewonnenen Heumengen ersichtlich.

Teil- stück  Nr.	Art des Wassers bzw. dessen Ge- halt an Chlor in 1 Liter	Menge des Riesel- wassers auf 1 ha bezogen  cbm	Erträge auf 1 ha berechnet					Zu- sammen dz
			1912		1913		1914	
			1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	
1	Kein Wasser .	—	49,37	34,54	58,20	15,98	39,41	197,50
2	Reines Trink- wasser . . .	100	49,59	29,69	53,09	19,56	34,20	186,13
3	Desgl. . . . .	200	47,89	31,65	58,47	20,85	41,03	199,89
4	Wasser aus der Wipper . .	100	53,67	33,14	51,59	18,04	40,44	196,88
5	Desgl. . . . .	200	48,65	27,72	48,40	19,30	41,42	185,49
6	2,0 g Chlor, Wipperwasser mit Endlauge	100	47,54	31,54	55,77	22,93	39,89	197,65
7	Desgl. . . . .	200	46,11	32,84	53,46	22,49	34,84	189,74
8	2,5 g Chlor, Wipperwasser mit Endlauge	100	47,17	27,97	49,91	21,19	39,61	185,85
9	Desgl. . . . .	200	46,35	26,89	55,23	21,22	38,47	188,16

Bezeichnet man alle Versuche mit 100 cbm Rieselwasser als Gruppe 1, alle diejenigen mit 200 cbm Rieselwasser als Gruppe 2 und setzt man den Ernteertrag, der nach Verwendung von Trinkwasser ohne Endlaugenzusatz erhalten wurde, = 100, so ist erzielt:

Nach Rieselage mit	Gruppe 1	Gruppe 2	Mittel
Wipperwasser . . . . .	105,7	92,7	99,2
„ und Endlauge 2,0 g Chlor	106,1	94,9	100,5
„ und Endlauge 2,5 g Chlor	99,8	94,1	96,9

Im Mittel aller Versuche liegen also die Unterschiede innerhalb der unvermeidlichen Versuchsfehler. Das an sich schon ziemlich große Mengen Kaliabwasser führende Wipperwasser hatte also nach Zusatz solcher Endlaugenmengen, daß der Chlorgehalt auf 2,5 g in 1 Liter stieg, keinen ungünstigen Einfluß ausgeübt.

Von besonderer Wichtigkeit sind Beobachtungen über die Qualität der Wiesenpflanzen. Im ersten Versuchsjahre (1912) war weder auf der Versuchswiese noch auf den benachbarten Wiesen Klee in nennenswerter Menge zu finden. Im zweiten und dritten Jahre hatten Klee und Wicken sich stark vermehrt, vermutlich infolge der Düngung mit Kali und Phosphorsäure. Hierdurch ist der Beweis geliefert, daß sich infolge der Einwirkung verdünnter Endlauge saure Gräser nicht entwickeln, wie fälschlich behauptet ist. Insbesondere hatte sich im Jahre 1914 auf den Teilstücken, welche die größte Menge von Endlaugen erhalten hatten, ein üppiger Stand von Leguminosen entwickelt.

Der Gehalt an Stickstoff und Protein wurde im ersten Schnitt 1912 und 1914 und in beiden Schnitten des Jahres 1913 ermittelt, der Gehalt an Rohfaser im ersten Schnitt 1912.

Bei der Beurteilung der Qualität eines Heues ist der Gehalt an Protein und Rohfaser von Wichtigkeit. Aus den mitgeteilten Zahlen ist ersichtlich, daß unter dem Einfluß der Endlauge eine Verschlechterung der Qualität (so weit der Protein- und Rohfasergehalt dabei in Betracht kommt) nicht eintrat.

### Versuche auf einer Wiese bei Banteln an der Leine

Die Versuchswiese bei Bendeleben an der Wipper hatte eine gute, nicht sehr feuchte Bodenbeschaffenheit und bestand der Graswuchs nur aus guten süßen Gräsern. Eine ganz andere Beschaffenheit hatte die Wiese bei Banteln an der Leine. Der Grundwasserstand war hier höher, zum Teil deshalb, weil es unterlassen war, den neben der Versuchswiese liegenden kleinen, wie auch den etwas weiter entfernter liegenden größeren Graben in ordnungsmäßiger Weise zu reinigen. Auf der Wiese waren demgemäß viele grobe, schlechte Gräser und solche Pflanzen, wie sie sich bei mangelhafter Durchlüftung des Wiesenbodens einzustellen pflegen. Die feuchte Beschaffenheit der Wiese wurde auch noch dadurch bedingt, daß während des Winters recht häufig eine Überflutung der Wiese durch Leinewasser stattfindet.

Derartige Wiesen sind in dortiger Gegend oft zu finden. Es war deshalb von Interesse, zu verfolgen, wie die verdünnte Endlauge auf einer vernachlässigten, feuchten Wiese wirken würde.

Auf der Wiese wurden 32 Teilstücke, jedes zu 100 qm abgemessen. Der Versuch bestand aus 8 Reihen. Jeder Versuch ist an verschiedenen Stellen der Wiese viermal wiederholt.

Versuch 1 erhielt kein Rieselwasser.

- „ 2 erhielt für je 100 qm 1 cbm Brunnenwasser (1 ha = 100 cbm).
- „ 3 desgl. 2 cbm (1 ha = 200 cbm).
- „ 4 Brunnenwasser mit soviel Endlauge versetzt, daß 1 Liter = 1,5 g Chlor hatte. Hiervon wurde 1 cbm für 100 qm verwendet.
- „ 5 wie 4, jedoch sind 2 cbm genommen.
- „ 6 der Chlorgehalt wurde auf 2,0 g erhöht; Wassermenge 1 cbm.
- „ 7 desgl., aber 2 cbm.
- „ 8 der Chlorgehalt ist auf 2,5 g erhöht; Wassermenge 2 cbm.

Leinewasser wurde nicht verwendet, weil es einen zu geringen Chlorgehalt hatte und durch andere Stoffe verunreinigt war.

Auch der Boden dieser Wiese war kalkreich. Er enthielt 0,87% Kalk und 0,34% Magnesia. Hier war ebenfalls ein großer Teil des Kalkes und der Magnesia an Kohlensäure gebunden, immerhin aber nicht so viel wie auf der Bendelebener Wiese.

Art der Versuchsanordnung und Erntemengen sind aus nachfolgender Zusammenstellung ersichtlich:

Teilstück Nr.	Art des Wassers bzw. dessen Gehalt an Chlor in 1 Liter	Menge des Riesel- wassers auf 1 ha bezogen cbm	Erträge auf 1 ha berechnet				zu- sammen dz
			1912		1913	1914	
			1. Schnitt	2. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	
1	Kein Wasser . . .	—	45,32	35,26	39,17	50,68	170,43
2	Reines Brunnen- wasser . . . .	100	49,29	35,79	39,48	48,54	173,10
3	Desgl. . . . .	200	50,80	38,40	39,07	53,57	181,84
4	1,5 g Chlor, Brunnenwasser mit Endlauge .	100	49,26	33,69	39,66	44,63	167,24
5	Desgl. . . . .	200	47,51	39,51	38,29	47,55	172,86
6	2,0 g Chlor, Brunnenwasser mit Endlauge .	100	47,77	36,78	37,34	49,21	171,10
7	Desgl. . . . .	200	44,56	38,92	40,46	50,40	174,34
8	2,5 g Chlor, Brunnenwasser mit Endlauge .	200	44,48	34,51	40,12	50,97	170,08

Bildet man wieder 2 Gruppen und bringt man wieder alle Versuche mit 100 cbm Rieselwasser in Gruppe 1, alle diejenigen mit 200 cbm Rieselwasser in Gruppe 2 und setzt den Ernteertrag ohne Rieselung = 100, so wurden erzielt:

	Gruppe 1	Gruppe 2	Mittel
Durch Wasser mit 1,5 g Chlor . . . . .	98,1	101,4	99,7
„ „ „ 2,0 g „ . . . . .	100,3	102,2	102,2
„ „ „ 2,5 g „ . . . . .	—	99,7	—

Durch die Benutzung von Rieselwasser mit einem Chlorgehalt bis zu 2,5 g in 1 Liter wurde also ein Nachteil nicht bewirkt. Auch die Analyse des Heues auf Protein und Rohfaser ergab, daß die Qualität dadurch nicht gelitten hatte.

Neben diesem dreijährigen Versuch wurde auf einer benachbarten Wiese noch im Laufe des Jahres 1914 ein Versuch durchgeführt, bei welchem das Rieselwasser bis auf 1,5 bzw. 2,0 bzw. 2,5 g Chlor in 1 Liter mit Endlaugen angereichert wurde. Auch hier war kein Nachteil bezüglich Menge oder Güte des Heues festzustellen. Die höchste Proteinmenge wurde hier sogar nach dem Berieseln eines bis auf 2,5 g Chlor in 1 Liter mit Endlauge angereicherten Rieselwassers erzielt. Mit Recht haben Stutzer und Haupt stets nur den Chlorgehalt des Wassers und nicht seine Härte zugrunde gelegt. Um aber zu zeigen, welchen Härtegraden die betreffenden Chlormengen entsprechen, sei folgende von mir angefertigte Umrechnung von den Ergebnissen dieses Versuches gegeben:

Teilstück	Art und Chlorgehalt des Rieselwassers für je 100 qm Wiesenfläche	Der aus Endlaugen stammende Chlorgehalt <sup>1)</sup> des Rieselwassers entsprach		Die von je 1 ha geerntete Proteinmenge betrug im völlig trockenen Zustande
		Chlor-magnesium g in 1 Liter	Deutschen Härtegraden	
Nr.	g Chlor in 1 Liter			kg
1	Kein Rieselwasser . . . . .	—	—	515
2	2 cbm Rieselwasser mit 1,5 g Chlor in 1 Liter . . . . .	1,979	118	481
3	2 cbm Rieselwasser mit 2,0 g Chlor in 1 Liter . . . . .	2,649	158	471
4	1 cbm Rieselwasser mit 2,5 g Chlor in 1 Liter . . . . .	3,319	198	532
5	2 cbm Rieselwasser mit 2,5 g Chlor in 1 Liter . . . . .	3,319	198	480

<sup>1)</sup> Das zum Berieseln benutzte Brunnenwasser wies von Natur einen Chlorgehalt auf von 0,023 g in 1 Liter.

Die Unterschiede im Ertrage sind zu gering, um darauf irgend eine andere Folgerung aufzubauen, als die, daß mit Sicherheit die Berieselung mit einem Wasser, das durch Endlaugen bis auf rund 200 Grade verhärtet war, Nachteile nicht ausübte. Im Mittel wurden nämlich von allen Teilstücken auf je 1 ha berechnet 495,8 kg Protein gewonnen. Der höhere Ertrag von dem auf rund 200 Grade mit Endlaugen verhärteten Teilstück übersteigt also den mittleren Ertrag auf 1 ha nur um 36,2 kg entsprechend rund 7,5%. Diese Menge darf man noch als innerhalb der Versuchsfehler liegend ansehen.

### Feldversuche in Oldisleben an der Unstrut

Vom Gemeindeacker wurden 113,8 a auf drei Jahre gepachtet, das Feld in zwei Teile geteilt und die Fruchtfolge eingehalten:

Feld I: Hafer, Weizen, Futterrüben.

Feld II: Zuckerrüben, Gerste, Roggen.

Der Versuchsplan war auf beiden Feldern gleich. Es erhielt:

- |           |    |   |
|-----------|----|---|
| Teilstück | 1  | kein Rieselwasser.  |
| „         | 2  | Trinkwasser aus der Wasserleitung des Ortes. Für 1 a = 1 cbm.               |
| „         | 3  | desgl. 2 cbm.   |
| „         | 4  | Wasser aus der Unstrut 1 cbm.   |
| „         | 5  | desgl. 2 cbm.   |
| „         | 6  | Unstrutwasser mit Zugabe von Endlauge, 1 cbm, Chlorgehalt 1,5 g in 1 Liter. |
| „         | 7  | desgl. 2 cbm.   |
| „         | 8  | wie 6, aber 2,0 g Chlor in 1 Liter, 1 cbm.                                  |
| „         | 9  | desgl. 2 cbm.   |
| „         | 10 | wie 6, aber 2,5 g Chlor in 1 Liter, 1 cbm.                                  |
| „         | 11 | desgl. 2 cbm.   |

Der Tonboden enthielt nicht weniger als 5,19% Kalk und 0,35% Magnesia, die beide fast ausschließlich als Karbonate vorhanden waren. Über die Einzelheiten der mit einem umfangreichen Zahlenmaterial versehenen Versuche muß auf das Studium der Originalarbeit verwiesen werden. Hier sei nur erwähnt, daß auf den gerieselten Teilstücken während der Wachstumszeit irgendwelche nachteiligen Wirkungen nicht beobachtet wurden. Das zum Rieseln benutzte Leitungswasser war außergewöhnlich reich an Chloriden. In 1 Liter desselben wurden im Durchschnitt mehr als 0,3 g Chlor gefunden, während der Chlorgehalt des

zum Rieseln benutzten Unstrutwassers zwischen 0,158 und 0,253 g auf 1 Liter schwankte.

Überblickt man die große Reihe der Versuchsergebnisse, so kommt man nur in einigen wenigen Fällen zu dem Ergebnis, daß ausschlaggebende Unterschiede, d. h. solche, welche die unvermeidlichen Versuchsfehler nennenswert übersteigen, vorhanden sind. Das trifft sowohl bezüglich der Menge als auch bezüglich der Qualität der Ernteprodukte zu. Aber mehr noch als bei den Wiesenversuchen drängt sich schließlich doch die Überzeugung auf, daß das bis auf 2,5 g Chlor auf 1 Liter mit Endlaugen versalzene Wasser trotz der so reichlichen Düngung aller Teilstücke mit Kalisalzen immer noch einen gewissen fördernden Einfluß ausübte. Dieser ist allerdings nicht bedeutend. Er liegt mit einer Ausnahme (Weizen) sogar innerhalb der Versuchsfehler. Er ist aber im Durchschnitt bei allen angebauten Früchten ausnahmslos<sup>1)</sup> vorhanden. Man wird aus den nachstehenden Mittelzahlen jedenfalls die Überzeugung gewinnen, daß Stutzer und Haupt äußerst vorsichtig urteilten, als sie schrieben:

„In dem kalkhaltigen Boden des Versuchsfeldes bei Oldisleben an der Unstrut wirkte die Endlauge nach Maßgabe unserer Versuche nicht nachteilig.“

Das Gesamtergebnis aller Feldversuche ist „ganz unerwartet günstig“ ausgefallen. Setzt man den Ernteertrag nach Rieslung mit Trinkwasser = 100, so wurden nach Rieslung mit Unstrutwasser, das durch Zugabe von Endlauge auf einen Gehalt von 2,5 g Chlor in 1 Liter gebracht war, geerntet:

100,0	Teile Zucker in Form von Zuckerrüben,
101,8	„ Roggenkörner,
105,0	„ Haferkörner,
105,4	„ Futterrüben,
109,4	„ Gerstekörner,
113,3	„ Weizenkörner.

Nach meiner Auffassung hätten Stutzer und Haupt, ohne der Unvorsichtigkeit geziehen zu werden, ihre Folgerungen aus den Feldversuchen auch in folgende Worte kleiden können:

„Das mit Endlaugen bis zu einer Menge von 2,5 g Chlor in 1 Liter versetzte Rieselwasser wirkte nicht nur nicht nachteilig, sondern übte ganz offenbar noch einen fördernden Einfluß aus, der bei den Durchschnittswerten, bei denen mit einem gewissen Ausgleich der Versuchsfehler zu rechnen ist, unverkennbar zum Ausdruck kam. Das ist um so beachtenswerter, als es sich um eine durch Endlaugen bewirkte Verhärtung von nahezu 200 deutschen Graden handelte gegenüber einer

<sup>1)</sup> Die in den Rüben geerntete Zuckermenge ist dieselbe geblieben.



solchen von nur 45 Graden, welche der Reichsgesundheitsrat vom landwirtschaftlichen Standpunkte äußerstenfalls bis zur weiteren Klärung noch für zulässig gehalten hat. Angesichts der Regelmäßigkeit eines geringen Mehrertrags auf allen bewässerten Teilstücken, deren Bewässerungswasser bis auf nahezu 200 deutsche Grade mit Endlaugen verhärtet war, erscheint es sogar wahrscheinlich, daß sich eine erhebliche Düngewirkung des Chlormagnesiums der Endlaugen ergeben haben würde, wenn darauf ausgegangen wäre, nach einer solchen zu forschen. Wenn nämlich die eine Hälfte aller Versuchsstücke überhaupt nicht gedüngt oder wenn gar dieser Hälfte die volle Stickstoff- und Phosphorsäure-Düngung gegeben und nur die Kalidüngung fortgelassen wäre, so wäre voraussichtlich ein im hohen Grade fördernder Einfluß des Chlormagnesiums auf das Wachstum der Pflanzen zahlenmäßig festzustellen gewesen. Das geschah nicht, weil dann statt der vierfachen Kontrolle nur eine zweifache ausgeübt werden konnte.“

### **Untersuchungen über die lösende Wirkung der Endlaugen auf Kali und Kalk im Boden**

Bereits oben wurde der lösende Einfluß der Endlaugen auf die Vorräte des Bodens an Kali und Kalk erwähnt. Stutzer und Haupt haben nun versucht, diese Vorgänge bei einigen der von ihnen benutzten Bodenarten quantitativ zu verfolgen. Zum besseren Verständnis der Versuche sei vorweg bemerkt, daß jede Endlauge geringe Mengen Kali enthält, daß sie dagegen als frei von Kalk bezeichnet werden muß. Mit Boden von der Versuchswiese in Bendeleben wurde nun folgender Versuch durchgeführt:

In Literkolben mit Marke wurden je 300 g Boden gebracht und mit 600 ccm destillierten Wassers übergossen. Bei der ersten Versuchsreihe wurde nichts weiter hinzugefügt. Bei der zweiten Reihe wurden noch 54 ccm Endlauge hinzugegeben. Das war nämlich, wie Stutzer und Haupt rechnerisch darlegen, die 100fache Endlaugenmenge, welche auf denjenigen Teilstücken der Bendelebener Versuchswiese zur Verteilung gelangt waren, deren Bewässerungswasser mit Endlaugen bis auf 2,5 g Chlor in 1 Liter angereichert worden war.

Die verdünnte Endlauge wirkte 11 Tage lang bei Zimmertemperatur und unter häufigem Umschütteln ein. Dann wurde mit Wasser bis zur Marke (1000 ccm) aufgefüllt, umgeschüttelt und filtriert. Im Filtrat wurde die Menge des gelösten Kalkes und Kalis bestimmt.

Die zu diesen Versuchen benutzte Endlauge enthielt in 100 ccm 2,0623 g Kali. Es nahmen nun 300 g des lufttrockenen Bodens einen Raum von 120,9 ccm ein. Diese Bodenmenge war in einen Literkolben gebracht. Nach dem Auffüllen mit Wasser bis zur Litermarke befanden

sich in dem Kolben 879,1 ccm Flüssigkeit, einschließlich 54 ccm Endlauge. In letzterer waren 1,1134 g Kali oder in 100 ccm des Filtrates 0,12665 g Kali aus Endlauge herrührend. Die Analyse des Filtrates gab 0,13400 g Kali (gesamte Menge), somit waren 0,00735 g Kali aus dem Boden gelöst.

Die zur Untersuchung verwendeten 100 ccm des Filtrates entsprechen 34,24 g Boden. Auf je 100 g Boden bezogen, sind die Zahlen:

0,36988 g Kali aus Endlauge herrührend,  
0,02146 g Kali aus dem Boden gelöst.

Es ist also mehr Kali zugeführt, als aus dem Boden löslich gemacht wurde. Bei der Analyse war 100mal soviel Endlauge als auf der Wiese verwendet. Nach Untersuchungen von J. König beginnt die „aufschließende“ Wirkung des Chlormagnesiums erst dann, wenn mehr als 1 g Chlormagnesium ( $MgCl_2$ ) in 1 Liter Wasser gelöst ist. Wäre bei diesem Versuch die Endlauge 100fach verdünnt (= 0,54 ccm) angewendet worden, so wäre eine „aufschließende“ Wirkung nicht eingetreten und durch die Endlauge geringe Mengen von Kali zugeführt.

Stutzer und Haupt bemerken dazu wörtlich:

„Wenn bei Überflutungen jemals die „aufschließende“ Wirkung des Chlormagnesiums durch höheren Gehalt des Wassers an Chlormagnesium sich bemerkbar machen sollte, so ist die geringe Zufuhr von Kali mit zu berücksichtigen. Eine Verarmung des Bodens an Kali wird bei der Überflutung einer Wiese durch Wasser, das Endlauge enthält, nicht zu befürchten sein, denn es ist nicht daran zu zweifeln, daß unter den Verhältnissen der landwirtschaftlichen Praxis sowohl das aus Silikaten löslich gemachte, wie auch das durch Endlauge zugeführte Kali einen Düngewert besitzt.“

Ein gleiches Ergebnis wurde erzielt bei Wiederholung des Versuchs mit Ackerboden von dem Versuchsfelde in Oldisleben.

Bei einem gleichartigen Versuch mit demselben Boden wurde unter den der Praxis entsprechenden Verhältnissen eine Menge von 0,013 g Kalk aus 100 g Boden durch das mit Endlauge versetzte Rieselwasser in Lösung gebracht. Analytisch ließ sich eine Veränderung des Kalkgehaltes des Ackerbodens überhaupt nicht nachweisen.

Bei einem mit Kainit durchgeführten Versuche gleicher Art wurde dieselbe Kalkmenge gelöst. Stutzer und Haupt weisen aber zutreffend darauf hin, daß bei der Verwendung von Kainit vorwiegend Chlornatrium entkalkend wirkt und Natrium statt des Kalkes in Bodenbestandteile eintritt. Bei der Verwendung von Endlauge tritt dagegen Magnesium ein, ein Element, das in gewisser Hinsicht die Funktionen des Calciums übernehmen kann.

## Beurteilung der Versuche von Stutzer und Haupt

Lehrreich und von größter Bedeutung für die Beurteilung der Endlaugenfrage sind die Ergebnisse der von Stutzer und Haupt in dreijähriger Folge durchgeführten Untersuchungen. Das ergibt folgende Gegenüberstellung:

Als der Reichsgesundheitsrat zum ersten Male im Jahre 1906 Stellung nahm zu der Frage des Einflusses verdünnter Kaliendlaugen auf Wiesenboden und Wiesenpflanzen, kam er zu Ergebnissen<sup>1)</sup>, die mit kurzen Worten, wie folgt, wiedergegeben werden können:

- a) Auf den leichten, zumeist sandigen (sandig lehmigen, sandig moorigen) Wiesen an der Aller kann in dem mit den Wiesenpflanzen bei Überschwemmungen oder beim Bewässern in Berührung kommenden Wasser ein Gehalt von 0,75 g Chlormagnesium auf 1 Liter „wohl zugegeben werden“,
- b) ein Vergleich der Wiesengräser, welche am Flußwasser oberhalb und unterhalb des Einlaufs von Endlaugen gewachsen waren, haben ein wesentliches Ergebnis zuungunsten der Endlaugen nicht geliefert.

Um dem Reichsgesundheitsrat gerecht zu werden, wird man sich erinnern müssen, daß in den Niederungswiesen große Werte festgelegt sind und daß mit normalen Erträgen von diesen Wiesen weitgehende volkswirtschaftliche Interessen verknüpft sind. Deshalb wird man es begreiflich finden, daß er nicht nach äußersten Grenzwerten suchte, deren Zulassung unter Umständen bei nur geringer Überschreitung zu Nachteilen für die Wiesen führen könnte, sondern daß er zur Vermeidung jeglichen Nachteils für die Wiesen nur solche Höchstzahlen angab, deren Zulassung er unter den in der Praxis obwaltenden Verhältnissen für unbedenklich ansah, nachdem er sich überzeugt hatte, daß die Kaliindustrie mit diesen Höchstzahlen unter den damaligen Verhältnissen wohl auskommen konnte.

Zur vergleichsweisen Beurteilung sei ergänzend bemerkt, daß eine Menge von 0,75 g Chlormagnesium in 1 Liter einem Gehalt von 0,56 g Chlor in 1 Liter und einer Verhärtung von 45 deutschen Graden entspricht.

Als der Reichsgesundheitsrat dann vier Jahre später abermals die Frage der Einwirkung der Endlaugen auf Wiesen zu beurteilen

---

<sup>1)</sup> Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker und Aller, Berlin, 1907, Seite 114/115.

hatte<sup>1)</sup>, handelte es sich in der Hauptsache um die gebundenen, lehmigen und stark tonigen, schweren Bodenarten der Unstrutwiesen (Überschwemmungswiesen). Hier hatte damals bereits die weimarische Regierung bei Oldisleben der Gewerkschaft Großherzog Wilhelm Ernst eine derartige Versalzung des Unstrutwassers durch Kaliendlaugen gestattet, daß die Gesamthärte bis auf 60 deutsche Grade stieg. Bei im Mittel 30—40 Graden natürlicher Härte des Unstrutwassers bedeutete das also eine Verhärtung durch Endlaugen um 20—30 Grade, d. h. erheblich weniger als der Reichsgesundheitsrat an den Allerwiesen zugelassen hatte. Trotzdem lehnte es der Reichsgesundheitsrat vornehmlich mit Rücksicht auf die Art des Wiesenbodens ab, sich für eine Verhärtung des Unstrutwassers auf 60 Grade auszusprechen.

Er sagte darüber wörtlich:

„Bevor die von der Gewerkschaft „Großherzog Wilhelm Ernst“ zugesagten versuchsweisen Berieselungen auf schwerem Tonboden mit stark versalzene[m] Unstrutwasser noch nicht ausgeführt sind, bevor also die Zulässigkeit einer Verhärtung der Unstrut auf 60<sup>o</sup> durch längere einwandfreie Versuche noch nicht festgestellt ist, müssen sich die Berichterstatter dagegen aussprechen, daß das Unstrutwasser unterhalb Oldisleben bis auf 60<sup>o</sup> Gesamthärte verhärtet werde.“

Die Höchstzahl für die Gesamthärte würde deshalb in der Unstrut zurzeit allgemein zu 50<sup>o</sup> anzunehmen sein.“

An Hand der Untersuchungsergebnisse von Stutzer und Haupt dürfte der Reichsgesundheitsrat nun wohl keine Bedenken mehr tragen, mit Rücksicht auf die Unstrutwiesen 60 Grade Verhärtung und nötigenfalls auch noch mehr zuzulassen.

Zum dritten Male nahm dann der Reichsgesundheitsrat im Jahre 1912 Stellung zu der Frage der Einwirkung des Kaliendlaugen führenden Flußwassers auf Wiesen<sup>2)</sup>. Dabei handelte es sich um Wiesen an der Ilm und Saale. Hier spricht er es noch viel deutlicher aus, als in den beiden vorausgegangenen Gutachten, daß er diese Frage noch für eine durchaus offene hält. Er fügt hinzu:

„Es wäre zu begrüßen, wenn bei dem Widerstreit der Meinungen unter den Sachverständigen systematische Untersuchungen über die

<sup>1)</sup> Gutachten des Reichsgesundheitsrates, betreffend die Versalzung des Wassers von Wipper und Unstrut durch Endlaugen aus Chlorkaliumfabriken. Berlin, 1911, Seite 76 und 87.

<sup>2)</sup> Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus der Chlorkalium- und Sulfatfabrik der Gewerkschaft Rastenberg auf die Ilm, Lossa und Saale. Berlin, 1913, Seite 46.

Schädlichkeit Kaliendlaugen führender Flüsse für die Landwirtschaft von zuständiger Seite veranlaßt würden.“

„Für den vorliegenden Fall kann jedenfalls der Beweis, daß eine Chlormenge bis zu 450 mg in 1 Liter landwirtschaftliche Interessen merklich schädigen wird, nicht als erbracht angesehen werden.“

Hier wird wieder eine andere Grenzzahl angegeben. 450 mg Chlor in 1 Liter entsprechen rund 0,6 g Chlormagnesium in 1 Liter oder 35 deutschen Härtegraden.

Bald nach Erstattung dieses dritten Gutachtens — im Jahre 1913 — habe ich die oben (Seite 42) wiedergegebenen Grenzzahlen als jedenfalls noch zulässig aufgestellt, Zahlen, welche diejenigen des Reichsgesundheitsrates ganz erheblich übertrafen. Nun kommen Stutzer und Haupt mit den Ergebnissen solcher Untersuchungen, wie sie der Reichsgesundheitsrat im Jahre 1912 mit den vorstehend wiedergegebenen Worten forderte. Es sind Sachverständige, die gewiß auch von den Vertretern der Landwirtschaft als „zuständig“ angesehen werden, Sachverständige, die sich in glücklicher Weise ergänzen. Stutzer als Autorität auf dem Gebiete der Agrikulturchemie und der Landwirtschaftslehrer Haupt als berufener Vertreter der landwirtschaftlichen Praxis hatten sich nicht die Aufgabe gestellt, zu erforschen, bis zu welchen Mengen die Endlaugen im Bewässerungswasser der Wiesen etwa noch vorteilhaft wirken könnten, sie haben vielmehr solche Endlaugenmengen genommen, daß sie nach der bisherigen Auffassung mit nachteiligen Wirkungen rechnen konnten. Sie haben auch nicht etwa auf leichten Bodenarten, auf sandig-lehmigen oder sandig-moorigen Wiesen ihre systematischen Untersuchungen angestellt, Bodenarten, von denen wir längst wissen, daß ihnen ein an Endlaugen sehr reiches Bewässerungswasser<sup>1)</sup> nichts schadet. Sie haben vielmehr überall ihre Versuche auf schweren Bodenarten angestellt, sich auch nicht nur mit der Prüfung auf Wiesen begnügt, sondern auch Feldversuche mit Halm- und Hackfrüchten durchgeführt. Dabei haben sie ausnahmslos festgestellt, daß eine Endlaugenmenge, die nach der bisher in weitesten Kreisen verbreiteten Auffassung geradezu vernichtend auf Boden und Pflanzen wirken mußte, nicht nur keinen nachteiligen Einfluß ausübte, sondern noch durchweg geringe Mehrerträge bedingte.

Stellt man die von den vorgenannten Seiten aufgestellten Grenzwerte vergleichend nebeneinander, so ergibt sich:

Eine Verhärtung des Bewässerungswassers für Wiesen mit Kaliendlaugen kann noch als jedenfalls unschädlich zugelassen werden in folgenden Mengen (die Zahlen bedeuten deutsche Härtegrade):

<sup>1)</sup> Vergl. hierzu u. a. die jetzt zehnjährigen Erfahrungen auf den Eimerwiesen bei Gifhorn. J. H. Vogel, die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 138.

	für regelrechte Rieselwiesen	für Überschwemmungswiesen			
		leichte Bodenarten		schwere Bodenarten	
		gute Ent- wässerung	schlechte Ent- wässerung	gute Ent- wässerung	schlechte Ent- wässerung
Reichsgesundheitsrat 1906 .	—	45	45	—	—
Reichsgesundheitsrat 1910 .	—	—	—	20	20
Reichsgesundheitsrat 1912 .	—	35	35	35	35
J. H. Vogel 1913 . . . .	30	120	60—90	90	30—60
Stutzer und Haupt 1915 .		—	—	200	200

Bezüglich der Zahlen von Stutzer und Haupt bleibt dabei aber zu beachten, daß die hohen Härtegrade sich nur auf allerdings vollständig eingesickerte Wassermengen bis zu 200 cbm auf 1 ha beziehen.

Gegen die Beweiskraft der von Stutzer und Haupt durchgeführten Versuche ließe sich möglicherweise einwenden, daß sie ihre Versuchsstücke alljährlich nur einmal bewässert haben, daß aber in der Praxis im Laufe eines Jahres mit wiederholten Überschwemmungen der Niederrungswiesen an den Flüssen zu rechnen wäre, ja daß regelrechte Rieselwiesen sogar absichtlich in jedem Jahre mehrere Wochen hintereinander gerieselt werden. Dieser Einwand würde aber aus folgendem Grunde nicht stichhaltig sein:

An keinem Flußlaufe<sup>1)</sup> und an keiner Stelle strebt die Kaliindustrie eine höhere Verhärtung des Flußwassers durch Kaliendlaugen an, als eine solche, die 35 deutschen Graden Zusatzhärte entspricht. Bei den Versuchen von Stutzer und Haupt wurde nun ohne jeden Nachteil 3 Jahre hindurch auf einen Teil der Versuchsstücke eine Menge von 200 cbm solchen Bewässerungswassers auf- und weiter restlos in den Boden gebracht, das um 200 deutsche Grade Zusatzhärte mit Endlaugen verhärtet war. Die darin enthaltene Chlormagnesiummenge ist dieselbe, welche in rund 1200 cbm Wasser enthalten ist, das bis auf 35 deutsche Grade mit Endlaugen verhärtet wurde. Das ist eine so große Menge, daß dieselbe 1 ha Wiesenboden 12 cm hoch bedecken würde. Wenn diese Wassermenge, was bekanntlich bei Überschwemmungs- und Rieselwiesen nicht der Fall ist, restlos mit der Gewißheit völliger Unschädlichkeit einsickern darf, so ist das zugleich eine Bürgschaft dafür, daß ein durch Endlaugen auf 35 deutsche Grade verhärtetes Flußwasser für Überschwemmungswiesen unschädlich sein muß, eine Tatsache, die übrigens ja auch nach den Untersuchungen von Immendorff und Weber<sup>2)</sup> auf den Wiesen an der Bode durch jahrzehntelange Erfahrungen volle Bestätigung findet.

<sup>1)</sup> Von den seit vielen Jahrzehnten bestehenden Zuständen an der Bode abgesehen.

<sup>2)</sup> Vergl. J. H. Vogel, die Abwässer aus der Kaliindustrie, 1913, Seite 147—153.

### Folgerungen

Die systematischen dreijährigen Untersuchungen von Stutzer und Haupt lassen die Folgerung zu, das jedenfalls für schwerere Bodenarten, wie sie insbesondere in den Tälern der Unstrut und Leine anzutreffen sind, eine Verhärtung des Wiesenbewässerungswassers mit Endlaugen bis zu einer Gesamthärte von 200 (Zweihundert) deutschen Graden und in Mengen bis zu 200 cbm eingesickerten Wassers auf 1 ha Nachteile für Boden und Pflanzen nicht bedingt haben. Damit dürfte bewiesen sein, daß jedenfalls die im Jahre 1913 von mir aufgestellten, oben (Seite 42) wiedergegebenen Grenzwerte zugelassen werden können.

---

## **Einfluß der Kaliendlaugen auf Salzgehalt und Härte des Flußwassers**

Zur Zeit der Dürre im Sommer 1911 und der dadurch bedingten außergewöhnlich niedrigen Wasserführung der Flußläufe begann ich mit der regelmäßigen Analyse von Wasserproben aus solchen Flüssen, welchen Kaliendlaugen zugeleitet wurden. Im Wesergebiet wurden Untersuchungen des Werrawassers bei Creuzburg und bei Hann.-Münden, des Weserwassers oberhalb Allermündung bei Verden, des Leinewassers bei Hannover und des Allerwassers bei Verden angefertigt. Im Elbegebiet wurde das Saalewasser bei Weißenfels, Rumpin, Bernburg und Groß-Rosenburg untersucht.

Die Untersuchungsergebnisse aus der Zeit vom Sommer 1911 bis Herbst 1912 habe ich bereits veröffentlicht<sup>1)</sup>. Diesen schickte ich eine Zusammenstellung solcher Analysen des Flußwassers voraus, die aus einer Zeit stammten, zu welcher den Flüssen nachweislich noch keine Kaliabwässer zugeleitet wurden. Jeder Analyse gab ich den zugehörigen Pegelstand am Tage der Probenahme bei. Bezüglich aller Einzelheiten muß ich auf meine frühere Veröffentlichung verweisen.

Die Untersuchungen habe ich fortgesetzt. Für die zur Beurteilung der Endlaugenfrage wichtigsten Probenahmestellen (Weser oberhalb Allermündung, Aller bei Verden, Saale bei Bernburg und Groß-Rosenburg) gebe ich nachfolgend eine Fortsetzung meiner Untersuchungsergebnisse. Dazu sei bemerkt, daß die Probenahmen regelmäßig einmal in jeder Woche an demselben Wochentage erfolgten. Es wurde jedoch nur von jeder dritten Probe eine Vollanalyse ausgeführt, während in den beiden anderen Proben nur der Chlorgehalt ermittelt wurde. Hier soll mit Rücksicht auf den verfügbaren Raum nur das Ergebnis der Vollanalysen mitgeteilt werden. Es sei aber hinzugefügt, daß der Chlorgehalt in den anderen Proben durchweg innerhalb der gleichen Grenzen schwankte, welche dafür bei den Vollanalysen ermittelt sind.

Eine Zusammenstellung meiner sämtlichen Untersuchungsergebnisse mit kritischer Besprechung behalte ich mir für spätere Gelegenheit vor.

<sup>1)</sup> Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 489 bis 542.



## Endlaugenhaltiges Weserwasser bei Verden

Zeit der Probenahme	g in 1 Liter						Härte deutsche Grade			Stand des Pegels bei Nienburg m
	Trockenrückstand	Glührückstand	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)	Chlor	Schwefelsäure (SO <sub>3</sub> )	Kalkhärte	Magnesiaghärte	Gesamthärte	
15. Nov. 1912	0,2650	0,1675	0,0675	0,0144	0,0530	0,0446	6,8	2,1	8,9	+ 5,29
6. Dez. 1912	0,3750	0,2200	0,0650	0,0126	0,0890	0,0481	6,5	1,8	8,3	+ 3,91
27. Dez. 1912	0,3460	0,2555	0,0800	0,0241	0,0890	0,0446	8,0	3,4	11,4	+ 4,17
17. Jan. 1913	0,4960	0,3580	0,1160	0,0352	0,1280	0,0749	11,6	4,9	16,5	+ 2,94
7. Febr. 1913	0,2300	0,1400	0,0700	0,0135	0,0530	0,0395	7,0	2,0	9,0	+ 6,09
28. Febr. 1913	0,4900	0,3450	0,0900	0,0414	0,1950	0,0740	9,0	5,9	14,9	+ 2,89
21. März 1913	0,3750	0,2300	0,0700	0,0216	0,1070	0,0530	7,0	3,1	10,1	+ 2,79
11. April 1913	0,5250	0,3650	0,0950	0,0216	0,1420	0,0670	9,5	3,1	12,6	+ 2,96
2. Mai 1913	0,4900	0,3350	0,0950	0,0360	0,1240	0,0620	9,5	5,0	14,5	+ 2,57
23. Mai 1913	0,4996	0,3636	0,0912	0,0301	0,1240	0,0570	9,1	4,2	13,3	+ 2,74
13. Juni 1913	0,5500	0,3450	0,0850	0,0360	0,1314	0,0585	8,5	5,0	13,5	+ 2,49
4. Juli 1913	0,5400	0,3750	0,0800	0,0378	0,1780	0,0770	8,0	5,3	13,3	+ 2,52
25. Juli 1913	0,5200	0,3450	0,1050	0,0360	0,1600	0,0790	10,5	5,0	15,5	+ 2,75
15. Aug. 1913	0,7050	0,4950	0,1100	0,0378	0,1950	0,0978	11,0	5,3	16,3	+ 2,00
5. Sept. 1913	0,6950	0,4950	0,1150	0,0432	0,1950	0,1081	11,5	6,0	17,5	+ 1,76
26. Sept. 1913	0,6100	0,4450	0,1400	0,0414	0,1780	0,0925	14,0	5,9	19,9	+ 1,89
17. Okt. 1913	0,8150	0,6000	0,1825	0,0414	0,2490	0,1130	18,3	5,9	24,2	+ 1,84
7. Nov. 1913	0,6950	0,5550	0,1100	0,0396	0,2130	0,1099	11,0	5,6	16,6	+ 1,76
28. Nov. 1913	0,4200	0,2800	0,0825	0,0135	0,1070	0,0585	8,3	2,0	10,3	+ 2,65
19. Dez. 1913	0,2920	0,2080	0,0645	0,0198	0,0800	0,0371	6,5	2,8	9,3	+ 4,83
9. Jan. 1914	0,3000	0,1800	0,0450	0,0198	0,0710	0,0500	4,5	2,8	7,3	+ 5,29
30. Jan. 1914	0,5600	0,4200	0,1200	0,0342	0,1600	0,0790	12,0	4,8	16,8	+ 2,66
20. Febr. 1914	0,4350	0,2950	0,0550	0,0270	0,1070	0,0635	5,5	3,8	9,3	+ 4,15
13. März 1914	0,2350	0,1550	0,0525	0,0117	0,0530	0,0360	5,3	1,7	7,0	+ 5,63
3. April 1914	0,3400	0,2450	0,0850	0,0207	0,0710	0,0570	8,5	2,9	11,4	+ 3,96
24. April 1914	0,4904	0,3720	0,1008	0,0274	0,1240	0,0732	10,1	3,8	13,9	+ 2,83
15. Mai 1914	0,6540	0,5132	0,1092	0,0418	0,1950	0,1905	10,9	5,9	16,8	+ 2,62
5. Juni 1914	0,4388	0,3372	0,0784	—	0,1240	0,0515	7,8	—	—	+ 2,92
26. Juni 1914	0,5132	0,3764	0,0850	0,0162	0,1420	0,0650	8,5	2,2	10,7	+ 2,86
17. Juli 1914	0,4650	0,3000	0,0900	0,0252	0,1070	0,0685	9,0	3,5	12,5	+ 2,80
7. Aug. 1914	0,4750	0,3150	0,0800	0,0270	0,1240	0,0705	8,0	3,8	11,8	+ 3,06
28. Aug. 1914	0,4400	0,2850	0,1050	0,0342	0,0800	0,0840	10,5	4,8	15,3	+ 2,08
18. Sept. 1914	0,4200	0,3150	0,0950	0,0252	0,0800	0,0996	9,5	3,5	13,0	+ 1,96
9. Okt. 1914	0,5200	0,3550	0,1050	0,0432	0,1160	0,0961	10,5	6,0	16,5	+ 2,16
30. Okt. 1914	0,4600	0,3050	0,1100	0,0288	0,1150	0,0910	11,0	4,1	15,1	+ 2,48
20. Nov. 1914	0,2400	0,1880	0,0680	0,0158	0,0890	0,0825	6,8	2,2	9,0	+ 2,45

## Endlaugenhaltiges Allerwasser bei Verden

Zeit der Probenahme	g in 1 Liter						Härte deutsche Grade			Stand des Pegels bei Verden m
	Trocken- rückstand	Glüh- rückstand	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)	Chlor	Schwefel- säure (SO <sub>2</sub> )	Kalk- härte	Magnesia- härte	Gesamt- härte	
15. Nov. 1912	0,3725	0,2575	0,0950	0,0243	0,0890	0,0704	9,5	3,4	12,9	+ 4,08
6. Dez. 1912	0,4600	0,2800	0,1050	0,0270	0,1070	0,0755	10,5	3,8	14,3	+ 3,51
27. Dez. 1912	0,4292	0,3328	0,1056	0,0357	0,1070	0,0660	10,6	5,0	15,6	+ 3,67
17. Jan. 1913	0,6000	0,4220	0,1220	0,0496	0,1780	0,0879	12,2	7,0	19,2	+ 2,59
7. Febr. 1913	0,3000	0,1950	0,1160	0,0194	0,0710	0,0570	11,6	2,8	14,4	+ 4,97
28. Febr. 1913	0,5625	0,4125	0,1000	0,0450	0,1600	0,0910	10,0	6,3	16,3	+ 2,64
21. März 1913	0,4400	0,2900	0,1100	0,0234	0,1240	0,0740	11,0	3,4	14,4	+ 3,37
11. April 1913	0,5650	0,3500	0,1050	0,0486	0,1600	0,0805	10,5	6,9	17,4	+ 2,38
2. Mai 1913	0,4650	0,3300	0,0900	0,0432	0,1420	0,0685	9,0	6,0	15,0	+ 2,36
23. Mai 1913	0,6408	0,4640	0,0984	0,0416	0,1950	0,0705	9,8	5,9	15,7	+ 2,08
13. Juni 1913	0,7650	0,4650	0,1100	0,0612	0,2059	0,0860	11,0	8,5	19,5	+ 1,80
4. Juli 1913	0,6650	0,4550	0,0850	0,0756	0,2660	0,1015	8,5	10,6	19,1	+ 1,74
25. Juli 1913	0,6350	0,4600	0,0900	0,0504	0,1600	0,0805	9,0	7,1	16,1	+ 2,04
15. Aug. 1913	0,7200	0,4900	0,1000	0,0630	0,2310	0,0925	10,0	8,8	18,8	+ 1,58
5. Sept. 1913	0,7250	0,4850	0,1200	0,0666	0,2490	0,1030	12,0	9,4	21,4	+ 1,60
26. Sept. 1913	0,7050	0,4650	0,1100	0,0630	0,2490	0,1045	11,0	8,8	19,8	+ 1,68
17. Okt. 1913	0,7150	0,4700	0,1400	0,0612	0,2130	0,1030	14,0	8,5	22,5	+ 1,68
7. Nov. 1913	0,7250	0,5500	0,0950	0,0810	0,2660	0,0996	9,5	11,3	20,8	+ 1,57
28. Nov. 1913	0,5500	0,3750	0,0950	0,0810	0,1420	0,0925	9,5	11,3	20,8	+ 2,00
19. Dez. 1913	0,3860	0,2670	0,0880	0,0310	0,1070	0,0600	8,8	4,3	13,1	+ 3,83
9. Jan. 1914	0,3350	0,2000	0,1050	0,0198	0,0710	0,0720	10,5	2,8	13,3	+ 4,28
30. Jan. 1914	0,6100	0,4150	0,1100	0,0486	0,1950	0,0910	11,0	6,9	17,9	+ 2,40
20. Febr. 1914	0,4750	0,3050	0,0815	0,0360	0,1420	0,0790	8,2	5,0	13,2	+ 3,08
13. März 1914	0,3200	0,1950	0,0900	0,0180	0,0530	0,0600	9,0	2,5	11,5	+ 5,17
3. April 1914	0,5000	0,3400	0,0850	0,0270	0,1070	0,0740	8,5	3,8	12,3	+ 3,54
24. April 1914	0,5084	0,3732	0,1084	0,0346	0,1240	0,0796	10,8	4,9	15,7	+ 2,54
15. Mai 1914	0,5944	0,4480	0,1128	0,0445	0,1600	0,0915	11,3	6,3	17,6	+ 2,20
5. Juni 1914	0,5824	0,4296	0,1024	0,0432	0,1420	0,0910	10,2	6,0	16,2	+ 2,20
26. Juni 1914	0,7780	0,5492	0,1000	0,0666	0,2490	0,1030	10,0	9,4	19,4	+ 2,04
17. Juli 1914	0,6200	0,3750	0,1000	0,0450	0,1420	0,0944	10,0	6,3	16,3	+ 2,19
7. Aug. 1914	0,4850	0,3050	0,0900	0,0360	0,1150	0,0805	9,0	5,0	14,0	+ 2,50
28. Aug. 1914	0,5550	0,3750	0,1300	0,0378	0,1330	0,0910	13,0	5,3	18,3	+ 1,67
18. Sept. 1914	0,5750	0,4250	0,1200	0,0342	0,1420	0,1015	12,0	4,8	16,8	+ 1,65
10. Okt. 1914	0,5650	0,3750	0,0950	0,0342	0,1500	0,0978	9,5	4,8	14,3	+ 2,04
30. Okt. 1914	0,5250	0,3350	0,1150	0,0252	0,1240	0,1081	11,5	3,5	15,0	+ 2,18
20. Nov. 1914	0,3480	0,2640	0,0740	0,0203	0,1070	0,0893	7,4	2,8	10,2	+ 2,64

## Endlaugenhaltiges Saalewasser bei Bernburg

Zeit der Probenahme	g in 1 Liter						Härte deutsche Grade			Stand des Bernburger Unterpegels m
	Trocken- rückstand	Glüh- rückstand	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)	Chlor	Schwefel- säure (SO <sub>2</sub> )	Kalk- härte	Magnesia- härte	Gesamt- härte	
15. Nov. 1912	0,6225	0,5175	0,0775	0,0324	0,2310	0,0860	7,8	4,6	12,4	+ 3,03
6. Dez. 1912	1,5100	1,1900	0,1250	0,0522	0,6390	0,1339	12,5	7,3	19,8	+ 1,20
27. Dez. 1912	1,0040	0,8504	0,1100	0,0480	0,3905	0,1184	11,0	6,7	17,7	+ 1,74
17. Jan. 1913	1,9900	1,6700	0,1620	0,1548	0,8431	0,1878	16,2	21,7	37,9	+ 0,85
7. Febr. 1913	0,6300	0,4550	0,0700	0,0306	0,2220	0,0893	7,0	4,3	11,3	+ 2,96
28. Febr. 1913	1,6200	1,2750	0,1600	0,0846	0,6745	0,1888	16,0	11,9	27,9	+ 1,12
21. März 1913	1,3100	1,0050	0,1150	0,0720	0,4615	0,1545	11,5	10,1	21,6	+ 1,35
11. April 1913	1,0300	0,7850	0,1000	0,0648	0,3730	0,1220	10,0	9,1	19,1	+ 1,90
2. Mai 1913	1,6650	1,3900	0,1300	0,0756	0,7278	0,1837	13,0	10,6	23,6	+ 0,95
23. Mai 1913	1,5185	1,2515	0,1590	0,0792	0,5860	0,1668	15,9	11,1	27,0	+ 1,20
13. Juni 1913	2,4300	1,9400	0,1650	0,1278	1,0373	0,2025	16,5	17,9	34,4	+ 0,71
4. Juli 1913	1,3850	1,0350	0,1050	0,0810	0,5680	0,1339	10,5	11,3	21,8	+ 1,40
25. Juli 1913	2,3650	1,6650	0,2550	0,1260	0,9053	0,2060	25,5	17,6	43,1	+ 0,80
15. Aug. 1913	2,8450	2,3650	0,1850	0,1620	1,2603	0,2592	18,5	22,7	41,2	+ 0,42
5. Sept. 1913	2,5800	2,0850	0,1550	0,1476	1,1538	0,2111	15,5	20,6	36,1	+ 0,55
26. Sept. 1913	2,5600	2,1850	0,2150	0,1296	1,1360	0,2626	21,5	18,2	39,7	+ 0,36
17. Okt. 1913	3,1350	2,4900	0,2150	0,1692	1,3135	0,2678	21,5	23,7	45,2	+ 0,45
7. Nov. 1913	2,7700	2,3400	0,2300	0,1620	1,2425	0,2746	23,0	22,7	45,7	+ 0,30
28. Nov. 1913	2,1000	1,7150	0,1600	0,1062	0,9585	0,1837	16,0	14,8	30,8	+ 0,64
12. Dez. 1913	1,9430	1,5980	0,1460	0,1307	0,7988	0,1849	14,6	18,3	32,9	+ 1,02
2. Jan. 1914	0,9950	0,8700	0,1050	0,0342	0,3905	0,1184	10,5	4,8	15,3	+ 1,40
23. Jan. 1914	1,8950	1,5350	0,1800	0,1080	0,7623	0,2146	18,0	15,1	33,1	+ 0,92
13. Febr. 1914	2,0450	1,6500	0,1850	0,1134	0,8165	0,2266	18,5	15,8	34,3	+ 0,88
6. März 1914	0,9400	0,6600	0,1200	0,0432	0,3550	0,1202	12,0	6,0	18,0	+ 2,00
27. März 1914	0,7525	0,5825	0,1050	0,0441	0,2490	0,1202	10,5	6,2	16,7	+ 2,42
17. April 1914	1,1588	0,9544	0,1236	0,0537	0,4349	0,1387	12,4	7,6	20,0	+ 1,50
8. Mai 1914	2,0256	1,7060	0,1872	0,1102	0,7988	0,2197	18,7	15,4	34,1	+ 0,86
29. Mai 1914	2,0612	1,5796	0,1752	0,0849	0,7455	0,2214	17,5	11,9	29,4	+ 1,20
19. Juni 1914	1,4202	1,1156	0,1200	0,0702	0,5505	0,1663	12,0	9,8	21,8	+ 1,38
10. Juli 1914	1,3500	0,9800	0,1650	0,0864	0,4790	0,1837	16,5	12,2	28,7	+ 1,62

## Endlaugenhaltiges Saalewasser bei Groß-Rosenburg

Zeit der Probenahme	∑ in 1 Liter						Härte deutsche Grade			Stand des Pegels bei Groß-Rosenburg in m
	Trockenrückstand	Glührückstand	Kalk (Ca O)	Magnesia (Mg O)	Chlor	Schwefelsäure (SO <sub>3</sub> )	Kalkhärte	Magnesiahärte	Gesamthärte	
22. Nov. 1912	1,0550	0,8700	0,1200	0,0684	0,4790	0,1167	12,0	9,7	21,7	+ 1,90
13. Dez. 1912	1,9540	1,5645	0,1865	0,1424	0,7810	0,1885	18,7	20,0	38,7	+ 0,51
3. Jan. 1913	1,0630	0,8470	0,1020	0,0837	0,3905	0,1150	10,2	11,8	22,0	+ 2,48
24. Jan. 1913	2,0000	1,5160	0,2220	0,1562	0,7278	0,2153	22,2	21,8	44,0	+ 0,82
14. Febr. 1913	1,1300	0,8600	0,1150	0,0720	0,4438	0,1425	11,5	10,1	21,6	+ 2,30
7. März 1913	2,0900	1,7750	0,2050	0,1674	0,9230	0,2334	20,5	23,5	44,0	+ 0,68
28. März 1913	1,0700	0,8050	0,0850	0,0756	0,4615	0,1116	8,5	10,6	19,1	+ 2,01
18. April 1913	1,5350	1,2450	0,1600	0,1044	0,6745	0,1699	16,0	14,7	30,7	+ 1,00
9. Mai 1913	1,3850	1,0950	0,1550	0,1116	0,5325	0,1682	15,5	15,7	31,2	+ 1,45
30. Mai 1913	2,4800	1,9950	0,2050	0,1746	1,0473	0,2317	20,5	24,5	45,0	+ 0,28
20. Juni 1913	3,5600	2,7950	0,2750	0,2628	1,5532	0,3073	27,5	36,8	64,3	- 0,13
11. Juli 1913	2,2950	1,6400	0,1600	0,1458	0,9763	0,1854	16,0	20,4	36,4	+ 0,60
1. Aug. 1913	2,4000	1,9450	0,2050	0,1494	1,0650	0,2110	20,5	21,0	41,5	+ 0,18
22. Aug. 1913	1,3600	1,0150	0,1150	0,0936	0,5680	0,1202	11,5	13,2	24,7	+ 1,83
12. Sept. 1913	3,6100	2,9000	0,2550	0,2844	1,6685	0,2987	25,5	39,9	65,4	- 0,16
3. Okt. 1913	3,9150	2,9250	0,2650	0,2700	1,6508	0,3141	26,5	37,8	64,3	- 0,32
24. Okt. 1913	3,9450	3,1050	0,2900	0,2862	1,7573	0,3193	29,0	40,0	69,0	- 0,17
14. Nov. 1913	3,8600	3,1500	0,3450	0,2826	1,7573	0,3347	34,5	39,6	74,1	- 0,35
5. Dez. 1913	2,2730	1,7690	0,1520	0,1426	0,9408	0,1970	15,2	20,0	35,2	+ 0,88
26. Dez. 1913	1,1620	0,8960	0,1200	0,0659	0,4970	0,0570	12,0	9,2	21,2	+ 1,56
16. Jan. 1914	1,8700	1,5100	0,1950	0,1116	0,7810	0,1991	19,5	15,7	35,2	+ 0,58
6. Febr. 1914	2,4600	1,9350	0,2300	0,1746	1,0048	0,2352	23,0	24,5	47,5	+ 0,45
27. Febr. 1914	1,0300	0,7800	0,1150	0,0648	0,4080	0,1236	11,5	9,1	20,6	+ 2,58
20. März 1914	0,6625	0,5050	0,1000	0,0405	0,2490	0,0944	10,0	5,7	15,7	+ 3,95
10. April 1914	0,9932	0,8280	0,1340	0,0419	0,4083	0,1240	13,4	5,9	19,3	+ 2,10
1. Mai 1914	2,1640	1,7120	0,2128	0,1386	0,8698	0,2205	21,3	19,5	40,8	+ 0,46
22. Mai 1914	2,8972	2,2908	0,2380	0,1668	1,2070	0,2506	23,8	23,4	47,2	+ 0,35
12. Juni 1914	2,1488	1,6644	0,1976	—	0,8698	0,2163	10,0	—	—	+ 0,42
3. Juli 1914	2,6250	2,0150	0,2400	0,1836	1,1360	0,2283	24,0	25,8	49,8	+ 0,16
24. Juli 1914	1,0550	0,8350	0,1000	0,0918	0,4260	0,1202	10,0	12,9	22,9	+ 1,87

Vergleicht man diese Analysen mit denjenigen aus dem Jahre 1911 von den gleichen Stellen, so ist deutlich zu erkennen, in wie hohem Grade dieses Jahr auch in bezug auf die Versalzung der Flußläufe eine Ausnahmestellung einnimmt. Selbst in der Saale bei Groß-Rosenburg hielt sich die Versalzung dauernd innerhalb mäßiger Grenzen. Nur zu Zeiten ganz niedriger Wasserführung wurde dort eine Magnesiaihärte bis zu 40 deutschen Graden gefunden, d. h. die aus Endlaugen und ähnlichen Abwässern herrührende Magnesiaihärte überschritt auch hier nicht einmal die Grenze von 35 Graden, da bei einer Kalkhärte von rund 30 Graden mit einer natürlichen Magnesiaihärte von etwa 6 Graden im Saalewasser bei Groß-Rosenburg zu rechnen ist.

Geradezu auffallend niedrig sind die für Magnesiaihärte im Weserwasser oberhalb Allermündung und im Allerwasser bei Verden gefundenen Werte. Sie schwanken im

Weserwasser zwischen 1,7 und 6,0 deutschen Graden

Allerwasser „ 2,5 „ 11,3 „ „ .

Selbstverständlich kann ich keinen Anspruch darauf erheben, daß ich auch die höchsten Werte erwischte. Dazu ist die Zahl der Analysen nicht groß genug. Wohl aber läßt sich an Hand meiner Untersuchungsergebnisse behaupten, daß durchweg die Versalzung des Wassers der Aller und Weser eine sehr niedrige, weit unterhalb der zulässigen Grenze liegende war.

## **Einfluß der Kaliendlaugen im Flußwasser auf die Selbstreinigung von organischen, fäulnisfähigen Stoffen**

Unsere Kenntnisse über den Einfluß der Kaliendlaugen auf die sog. Selbstreinigungskraft der Gewässer hatte ich im Jahre 1913 in folgende Worte zusammengefaßt<sup>1)</sup>:

„Die Chloride der Erdalkalimetalle, insbesondere auch das Chlormagnesium, wirken in den Wasserläufen niederschlagend auf die suspendierten und auf einen Teil der gelösten organischen Stoffe. Sie erhöhen dadurch die Selbstreinigungskraft der Wasserläufe von organischen fäulnisfähigen Stoffen, da die Vorgänge der Selbstreinigung sich vornehmlich am Boden abspielen. Sie begünstigen ferner bei den in Frage kommenden Mengen das Wachstum der Bakterien in den Wasserläufen, ein Umstand, welcher ebenfalls der Selbstreinigung nur förderlich sein kann.“

Inzwischen sind mehrere Arbeiten durchgeführt, bei welchen der Einfluß des Chlormagnesiums auf die Selbstreinigungskraft der Gewässer experimentell verfolgt wurde. Da diese sämtlich schon oben besprochen wurden, so bedarf es an dieser Stelle nur eines kurzen Hinweises.

Müller und Fresenius<sup>2)</sup> hatten sich die Aufgabe gestellt, den Einfluß der Endlaugen auf die selbstreinigende Kraft eines Gewässers zu prüfen. Unter den Begriff der Selbstreinigung fallen bekanntlich drei verschiedene Vorgänge<sup>3)</sup>. Müller und Fresenius haben nur einen Teil derselben geprüft und insbesondere keine Studien angestellt über die mechanische Beseitigung der ungelösten organischen Verunreinigungen durch Sedimentation. Ihre Ergebnisse sind oben mit ihren eigenen Worten wiedergegeben.

Aus denselben geht hervor:

- a) Bei einer Versalzung mit Endlauge bis zu einem Gehalt von 6000 mg Chlor in 1 Liter konnte weder ein günstiger, noch ein

---

<sup>1)</sup> Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 544.

<sup>2)</sup> Vergl. oben Seite 18 bis Seite 24.

<sup>3)</sup> Vergl. oben Seite 32.

ungünstiger Einfluß auf die Oxydation der organischen fäulnisfähigen Stoffe festgestellt werden. Bei Reinkulturen mit Nitratbildnern wurde jedoch durch Endlaugenversalzung zwischen 600 und 6000 mg Chlor in 1 Liter entsprechend einer Verhärtung zwischen 47 und 470 deutschen Graden die Nitrifikation ein wenig begünstigt.

- b) Durch die Versalzung mit Endlauge wurde der Eintritt der Fäulnis organischer fäulnisfähiger Stoffe verzögert (bei 3000 mg Chlor in 1 Liter) bzw. vollständig unterdrückt (bei 20000 mg Chlor in 1 Liter). Nach Verdünnung mit salzarmem Wasser setzte die Fäulnis sofort wieder ein.
- c) Bei einer Versalzung mit Endlauge bis zu einem Gehalt von 1500 mg Chlor in 1 Liter entsprechend einer Verhärtung von 119 deutschen Graden wurde die Bakterienzahl weder vermehrt noch vermindert.

Hirsch und Cronheim<sup>1)</sup> prüften ebenfalls nur den Einfluß des Chlormagnesiums auf gelöste organische Substanzen. Sie kamen zu folgenden Ergebnissen:

- a) Die in unsern Gewässern vorkommenden Mengen Chlormagnesium üben einen Einfluß auf deren selbstreinigende Kraft nicht aus. Erst bei einem Gehalt von 12,7 g Chlormagnesium in 1 Liter (entsprechend 756 deutschen Härtegraden) konnte ein hemmender Einfluß auf die Selbstreinigungskraft festgestellt werden.
- b) In verdünnten Lösungen von Chlormagnesium (0,5 g in 1 Liter und mehr) und schwefelsaurer Magnesia wurde eine besonders üppige Bakterienentwicklung festgestellt.

Die beschriebenen Untersuchungen bringen nichts, was gegen meine oben wiedergegebenen Leitsätze aus dem Jahre 1913 spricht, wohl aber eine teilweise Bestätigung derselben, so daß ich diese in dem gewählten Wortlaute auch heute noch für zutreffend halten muß.

---

<sup>1)</sup> Vergl. oben Seite 29 bis Seite 34.

## Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser

Über die Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser (Selbstentsalzung) äußerte ich mich im Jahre 1913 wie folgt<sup>1)</sup>:

„Ein Teil des den Wasserläufen mit den Endlaugen zugeleiteten Magnesiums scheidet sich in unlöslicher Form wieder ab. Diese Abscheidung, an der durchaus nicht mehr zu zweifeln ist, erfolgt teils infolge chemischer Umsetzungen, teils wird sie durch biologische Vorgänge bedingt. Es fehlt noch an zuverlässigen Ermittlungen darüber, welchen Umfang diese Abscheidung in den verschiedenen Wasserläufen und unter den verschiedenen Bedingungen annehmen kann. Die Auffassung, daß es sich um praktisch überhaupt unbeachtliche Mengen handelt, ist sicherlich nicht richtig. Ob diese Mengen aber durchweg so groß sind, wie ich sie in Einzelfällen ermittelt zu haben glaube (bis zu 50 ‰), erscheint auch recht zweifelhaft.“

Seitdem hat Dunbar umfangreiche Experimentaluntersuchungen angestellt und darüber in zwei Abhandlungen<sup>2)</sup> berichtet, in welchen er zu einem gegenteiligen Ergebnis kommt. Mit dem Inhalt der ersteren habe ich mich in einer besonderen Schrift<sup>3)</sup> beschäftigt und darin die Fülle irriger Voraussetzungen und nicht minder irriger Begründungen, welche dieses erste Dunbarsche Gutachten kennzeichneten, besprochen.

In seinem zweiten Gutachten kommt Dunbar auf nicht minder schwankender Grundlage bezüglich der Abscheidung des Magnesiums aus dem Chlormagnesium im Flußwasser zu dem gleichen negativen Ergebnis. Es erübrigt sich, in gleich ausführlicher Weise, wie ich das bezüglich seines ersten Gutachtens tat, die einzelnen Darlegungen und Folgerungen Dunbars sämtlich einer kritischen Besprechung zu unter-

<sup>1)</sup> Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, Seite 548.

<sup>2)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie. Gutachten betr. die Versalzung der Flüsse durch die Abwässer der Kaliindustrie. Von Professor Dr. Dunbar, Direktor des staatlichen hygienischen Instituts Hamburg. München und Berlin 1913. — Die Abwässer der Kaliindustrie. Zweites Gutachten betr. die Versalzung der Flüsse durch die Abwässer der Kaliindustrie. Von Professor Dr. Dunbar, Direktor des staatlichen hygienischen Instituts Hamburg. München und Berlin 1914.

<sup>3)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie, Berlin 1914.



ziehen, da ich dann vieles wiederholen müßte. Es kommt mir nur darauf an, zu zeigen, wie weitgehend Dunbar auch jetzt wieder irrte, als er behauptete, er habe den Beweis dafür erbracht, daß die den Flußläufen zugeführte Chlormagnesiummenge sich selbst nahe der Mündung der Elbe und Weser noch in unzersetzter Form nachweisen lasse. Dunbar hat mir diesmal meine Aufgabe sehr leicht gemacht, da ich zeigen werde, daß selbst dann, wenn man sich auf den von ihm eingenommenen Standpunkt stellt, seine Folgerung nicht aufrecht zu erhalten ist. Zu diesem Zwecke muß ich allerdings auch noch kurz wieder auf das erste Dunbarsche Gutachten eingehen.

Dunbar hat auch in seinem zweiten Gutachten ein umfangreiches Analysenmaterial erbracht, welches in hervorragender Weise wiederum zeigt, in wie hohem Grade die Elbe bei Hamburg über das jetzt zugeführte Maß bei voller Berücksichtigung der Trinkwasserversorgung Hamburgs noch aufnahmefähig ist für weitere große Endlaugmengen. Dunbar hat dieses Analysenmaterial nicht dazu benutzt, das zu zeigen. Ich werde das statt seiner tun.

### Das erste Gutachten Dunbars

In seinem ersten Gutachten berichtete Dunbar vornehmlich über Untersuchungen, die sich mit der Frage der Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser beschäftigen. Nach seinen eigenen Angaben muß man sie für den wichtigsten Teil seines Gutachtens halten. Am Schlusse seiner gesamten Ausführungen (Seite 71, Zeile 7 bis 9) sagt er nämlich:

„Es kam mir hauptsächlich darauf an, festzustellen, ob die den Flußläufen zugeführte Chlormagnesiummenge sich selbst nahe der Mündung der Elbe und Weser noch in unzersetzter Form würde nachweisen lassen. Den Beweis dafür, daß das der Fall ist, habe ich in obigem erbracht.“

Bezüglich der Elbe<sup>1)</sup> wird man diese Worte nur so deuten können, daß alles Chlormagnesium, welches der Elbe mittelbar oder unmittelbar zugeleitet wird, nahe der Mündung dieses Flusses von Dunbar noch wieder aufgefunden ist. Wenigstens wird bei dem auszugswaisen Übergang dieser Worte in Zeitschriften und Tagesblätter ein anderer Sinn nicht herausgefunden werden können. Am Schlusse des Abschnittes aber, in welchem Dunbar seine diesbezüglichen Versuche beschreibt, äußert er sich noch nicht ganz mit der gleichen Zuversicht. Hier (Seite 20) heißt es nämlich:

---

<sup>1)</sup> Sein Urteil bezüglich der Weser stützt Dunbar auf eine einzige Untersuchung. Schon aus diesem Grunde erübrigt es sich, darauf näher einzugehen.

„Im übrigen zeigen die bei Hamburg erhobenen Durchschnittswerte, daß der **weitaus größte**<sup>1)</sup> Teil der Endlaugen in unzersetzter Form bis zur Elbemündung gelangt.

Ausschlaggebend ist, daß wir selbst bei Hamburg noch **fast die gesamte**<sup>1)</sup> Chlormagnesium- und Magnesiumsulfatverhärtung finden, die **der Saale**<sup>1)</sup> durch Endlaugen und Schachtwässer zugeführt wird.“

Zwischen diesen Aussprüchen ist ein nicht unerheblicher Widerspruch. Im Dunbarschen Gutachten aber findet sich in den Ausführungen zwischen beiden (Seite 21 bis 71) nicht ein Wort, nicht einmal eine Andeutung, durch welche dieser Widerspruch seine Begründung finden könnte.

Dunbar gelangte zu seinen Ergebnissen mit Hilfe der Nollschen Methode zur Differenzierung der Magnesiahärte. Auf die mit dieser Methode erzielten Untersuchungsergebnisse stützte er sich, als er zu der Folgerung kam, daß der „weitaus größte Teil“ bzw. „fast die gesamte“ Menge Magnesiasalze aus Endlaugen, Schachtwassern usw., welche der Saale zugeleitet wurde, noch in unzersetzter Form im Elbwasser bei Hamburg wiedergefunden wurde, ein Ergebnis, das er dann in seinen Folgerungen schließlich in der oben mit seinen eigenen Worten wiedergegebenen Weise vereinfachte, indem er aus dem „weitaus größten“ Teile kurzer Hand die Gesamtmenge machte. Daß er dabei auch noch einen wichtigen, seiner Beweisführung hinderlichen Umstand außer acht ließ, als er die der Elbe direkt zugeführten Mengen Chlormagnesium nicht mit berücksichtigte, macht diesen Sprung um so schwerwiegender.

Wie schon erwähnt, stützte sich Dunbar in seinem ersten Gutachten ausschließlich auf seine mit Hilfe der Nollschen Methode erhaltenen Untersuchungsergebnisse. Er sagt von dieser Methode (Seite 15):

„Die beschriebene Nollsche Methode **genügt**<sup>1)</sup>, wie gleich gezeigt werden wird, **vollständig**<sup>1)</sup> nicht nur zur Orientierung über die durch die Endlaugen bedingte fortschreitende Versalzung der Elbe und Weser, sondern auch zur Stellungnahme zu der behaupteten Selbstentsalzung der Flüsse.“

Die Frage der Ausscheidung des Magnesiums im Flußwasser (Selbstentsalzung) suchte Dunbar auf folgende Weise zu lösen:

Er ermittelte nach Noll die Menge Chlormagnesium<sup>2)</sup>, welche ein Liter des Saalewassers bei Grizehne d. h. nahe der Mündung in die Elbe enthielt. Weiter ermittelte er die Wassermenge der Saale am Tage der Probenahme. Dann berechnete er aus den Ergebnissen dieser beiden Ermittlungen die Gewichtsmenge Chlormagnesium im Saalewasser.

<sup>1)</sup> Im Original durch den Druck nicht hervorgehoben.

<sup>2)</sup> Der Einfachheit halber spreche ich hier und fortan nur von Chlormagnesium. Gleichzeitig sind aber jedesmal auch die neben dem Chlormagnesium durchweg noch vorhandenen geringen Mengen schwefelsaurer Magnesia mit zu verstehen.

In ganz derselben Weise stellte er die Gewichtsmenge Chlormagnesium im Elbewasser bei Hamburg fest.

Über die mit diesem Verfahren verbundenen Unsicherheiten und Versuchsfehler sowie über die mögliche Höhe der letzteren habe ich bereits ausführliche Mitteilungen<sup>1)</sup> gemacht. Läßt man aber mit Dunbar alle diese Versuchsfehler außer acht, so ergibt sich, daß Dunbar bei Hamburg im Mittel nur 83 % der Chlormagnesiummenge wiederfand, welche er im Saalewasser bei Grizehne ermittelt hatte.

Dunbar sagt dazu (Seite 17):

„Die Endlaugenmengen, welche zwischen der Saalemündung und Hamburg in die Elbe geleitet wurden, sollen hier **zunächst**<sup>2)</sup> vernachlässigt werden.“

Er kommt aber im weiteren Verlaufe seines Gutachtens nicht darauf zurück, auch nicht, als er seine klaren und präzisen Schlußfolgerungen zog. Ich habe gezeigt, daß im Versuchsjahre Dunbars allein auf 100 Teile Chlormagnesium aus Endlaugen, welche der Saale zugeführt wurden, rund 8 Teile Chlormagnesium aus Endlaugen entfielen, welche in die Elbe unterhalb Saalemündung eingeleitet wurden. Daraus geht also einwandfrei hervor, daß Dunbar im Elbewasser bei Hamburg keinesfalls mehr als 75 %<sup>3)</sup> derjenigen Chlormagnesiummenge wiederfand, welche er im Wasser bei Grizehne ermittelt hatte<sup>4)</sup>.

Alle diese Resultate wurden erzielt, wie hier nochmals betont sei, unter Zugrundelegung der mit der Nollschen Methode erhaltenen Analysenergebnisse. Was aus dieser „vollständig genügenden“ Methode wurde, als sich bei den weiteren Versuchen Dunbars auf dem Wege von der Saalemündung bis Hamburg noch erheblich größere Abnahmen des Chlormagnesiumgehaltes im Elbewasser ergaben, geht aus dem zweiten Gutachten Dunbars hervor.

## Das zweite Gutachten Dunbars

Über die in seinem ersten Gutachten bezüglich der Abscheidung des Magnesiums niedergelegten Resultate seiner Versuche spricht sich Dunbar in seinem zweiten Gutachten (Seite 6) zunächst wie folgt aus:

<sup>1)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie, Berlin 1914, Seite 13 bis 19.

<sup>2)</sup> Im Original durch den Druck nicht hervorgehoben.

<sup>3)</sup> 100 weniger  $17 + 8$ .

<sup>4)</sup> Bei Grizehne hatten die Endlaugen schon einen weiten Weg im Wasser der Saale zurückgelegt. Die Gesamtabnahme des aus Endlaugen stammenden Magnesiums mußte also auf dem Wege bis Hamburg erheblich größer sein als 25 %. Ich habe diese Menge ebenfalls unter Nichtberücksichtigung aller unvermeidlichen Versuchsfehler zu 44,3 % berechnet (a. a. O. Seite 25).

„Bei Anwendung der Nollschen Methode ist es uns, wie in meinem ersten Gutachten gezeigt worden ist, gelungen, nachzuweisen, daß die von der Kaliindustrie herstammenden Magnesiumsalze sich in den Flußläufen **nicht vollständig**<sup>1)</sup> abscheiden, sondern daß sie **mindestens zum größeren Teil**<sup>1)</sup> sich sogar bis zu der Mündung der Elbe nachweisen lassen. Durch diese Feststellung erst ist uns die Möglichkeit gegeben worden, zu der Frage Stellung zu nehmen, ob die Klagen über die vielseitigen Schädigungen, für welche man die in die Flußläufe eingeleiteten Kaliendlaugen verantwortlich zu machen suchte, berechtigt seien oder nicht.“

Dem aufmerksamen Leser kann an diesen Worten Dunbars folgendes kaum entgehen:

a) Dunbar behauptet, es sei ihm gelungen, in seinem ersten Gutachten nachzuweisen, daß die hier in Rede stehenden Magnesiumsalze sich im Flußwasser „**nicht vollständig**“ abscheiden.

Hiermit sei an Dunbar die Frage gerichtet, wer das behauptet hat? In seinem ersten Gutachten erwähnt er als Verfechter der Lehre von der Ausscheidung der Magnesiumsalze (Seite 12) Erdmann, Beckurts und mich. Nie ist von mir die Behauptung aufgestellt, daß die Magnesiumsalze im Flußwasser sich vollständig oder auch nur zum größten Teile abscheiden! Niemals haben Erdmann und Beckurts oder auch Kraut, den Dunbar zu erwähnen vergaß, meines Wissens derartiges behauptet. Weshalb also etwas bestreiten, was gar nicht behauptet und deshalb auch nicht zu bestreiten war?

b) Dunbar meint jetzt wieder, er habe in seinem ersten Gutachten nachgewiesen, daß die hier in Rede stehenden Magnesiumsalze sich „**mindestens zum größeren Teile**“ sogar bis zur Mündung der Elbe nachweisen ließen.

Der Begriff „zum größeren Teile“ ist ein sehr dehnbarer! So kann man z. B. 51 % ebensogut als den größeren Teil bezeichnen wie 99 %.

Ich muß es Dunbar überlassen, wie er angesichts der oben wiedergegebenen Schlußfolgerung aus seinem ersten Gutachten, nach der alles, aber auch absolut alles Chlormagnesium, welches mit dem Saalewasser der Elbe zuströmt, von ihm noch bei Hamburg im Elbewasser wiedergefunden wurde, jetzt diese Einschränkung verteidigen und erklären will.

Selbst wenn Dunbar darauf hinweisen sollte, daß er zwar die Schlußsätze in seinem ersten Gutachten uneingeschränkt gab, daß er aber vorher im Texte wiederholt gewisse Einschränkungen machte, so sei darauf aufmerksam gemacht, daß diese Einschränkungen gekennzeichnet wurden durch die Worte „weitaus größte Teil“ bzw. „fast die gesamte“. In seinem zweiten Gutachten kennzeichnet er aber

<sup>1)</sup> Im Original durch den Druck nicht hervorgehoben.

diese selben Untersuchungsergebnisse mit „mindestens zum größeren Teile“. Darunter pflegt man doch etwas ganz anderes zu verstehen!

Wird der aufmerksame Leser mit mir schon erstaunt sein über diesen Wechsel, so wird er es vielleicht noch mehr sein, wenn er am Schluß des zweiten Dunbarschen Gutachtens (Seite 13) die Worte liest:

„Auf Grund des inzwischen gesammelten analytischen Materials kann ich die Schlußsätze meines ersten Gutachtens **vollinhaltlich**<sup>1)</sup> aufrecht erhalten.“

Das heißt doch wieder nichts anderes, als daß restlos alles Chlormagnesium, welches mit dem Saalewasser der Elbe zuströmt, auch noch im Elbewasser bei Hamburg wiedergefunden wurde. Die Einschränkung „mindestens zum größeren Teile“ ist wieder fallen gelassen. Die Erklärung dafür findet man in dem zwischen Seite 6 und Seite 13 befindlichen Texte. Sie kann kurz in folgende Worte gekleidet werden:

Die ursprünglich „vollständig genügende“ Noll'sche Methode, die als Grundlage der ersten Untersuchungen Dunbars diente, ist falsch, aber doch auch wieder nicht falsch. Falsch ist sie insofern, als bei der zweiten, vollständigeren Untersuchungsreihe nach Dunbars eigener Erklärung gefunden wurde, daß aus dem Wasser der Elbe auf dem Wege von der Saalemündung bis Hamburg 21,6 % des Chlormagnesiums verloren gingen, ein Verlust, der sich nach Dunbars eigenen Worten „noch vergrößern wird“, sobald das Chlormagnesium in den der Elbe direkt zugeleiteten Kaliendlaugen hinzugezählt wird. Nicht falsch ist die Methode insofern, als der aus ihr vor nunmehr zwei Jahren gewonnene Grundsatz, daß zwischen Saalemündung und Hamburg restlos alles Chlormagnesium im Elbewasser bleibt, richtig ist und aufrecht erhalten werden kann.

Gibt uns damit das zweite Dunbarsche Gutachten schon schwer zu lösende Rätsel auf, so mußte man staunend erleben, daß Noll, der als Abteilungsvorsteher an dem von Dunbar geleiteten Institut tätig ist, wenige Monate nach Erscheinen dieses zweiten Dunbarschen Gutachtens in der Zeitschrift Kali eine Abhandlung veröffentlichte, in der er den Nachweis zu erbringen suchte, daß seine Methode doch zu richtigen Ergebnissen führt, und daß „ein beträchtlicher Teil“ des Magnesiums aus den Kaliabwassern doch im Flußwasser verloren geht. Er kann diese Abhandlung, auf die ich weiter unten (Seite 83) noch in einem besonderen Abschnitte zurückkomme, kaum ohne Dunbars, seines direkten Vorgesetzten, Zustimmung veröffentlicht haben. Und doch widerlegt er darin zwar nicht in der äußeren Form, wohl aber dem Sinne nach, im Grunde genommen alles, was Dunbar zur Stütze

<sup>1)</sup> Im Original durch den Druck nicht hervorgehoben.

seiner Schlußfolgerung über die Nicht-Abscheidung des Magnesiums vorgebracht hat.

Zum näheren Verständnis der Untersuchungen und Folgerungen Dunbars sei folgendes darüber aus seinem zweiten Gutachten mitgeteilt:

### Befunde nach Noll

Auf Seite 10 und 11 schreibt Dunbar<sup>1)</sup>:

„Nach der Nollschen Methode bestimmt, ergibt sich im Mittel der 31 korrespondierenden Proben bei Hamburg im Vergleich zu Grizehne ein Defizit von 20,0 %. Im Mittel sämtlicher 117 Fälle, wo das Saale- und Elbewasser nach der Nollschen Methode verglichen wurde, **betrug das Defizit 21,6 %.** **Hierzu würden noch die Chlormagnesiummengen kommen, welche unterhalb der Saalemündung direkt in die Elbe geleitet werden; das Defizit ist also entsprechend höher anzunehmen.**

Die weitere Verfolgung der Vorgänge während des Jahres, das seit Erstattung meines ersten Gutachtens verflossen ist, hat also zu einem vorläufigen Gesamtergebnis geführt, das, soweit die Nollsche Methode in Frage kommt, mit den veröffentlichten Ergebnissen übereinstimmt. Die Aufklärung der Verluste, die sich nach Noll ergeben, habe ich, dem heutigen Stande unserer Kenntnisse entsprechend, oben vorweggenommen mit dem Hinweis auf die Bildung von Chlorcalcium in der Elbe, welches sich bei Anwendung der Nollschen Methode dem Nachweis entzieht. Es handelt sich hier um eine Frage, die wir durch inzwischen eingeleitete Versuche näher aufzuklären bestrebt sind.“

„Der Umfang der Carnallitverarbeitung im Elbstromgebiet während des Jahres 1913 ist mir nicht bekannt. Für das Jahr 1912 nimmt H. Precht ihn auf Grund von Angaben des Kalisyndikats mit 34541 087 dz an. Bei gleichmäßiger Verrechnung auf die 365 Jahrestage würden das täglich 94600 dz sein.“

„Für das Jahr 1912 stehen mir nur die in meinem ersten Gutachten schon erwähnten 19 Analysen des Elbwassers zu Gebote. Sie sind ausschließlich nach der Nollschen Methode ausgeführt worden. Im Durchschnitt haben sie bei Hamburg einen Gehalt an permanenter Magnesiahärtigkeit ergeben, der einer täglichen Carnallitverarbeitung von 62100 dz im gesamten Elbgebiete entspricht. Nach J. H. Vogel hätte bei Einrechnung der Schacht-, Gruben-, Kieseritwässer und sonstiger salzhaltiger Zuflüsse im Jahre 1912 mit einer Chlormagnesiummenge gerechnet

<sup>1)</sup> In den nachfolgenden Wiedergaben aus dem zweiten Gutachten Dunbars sind wiederholt einzelne Worte und Sätze durch den Druck hervorgehoben, die im Original nicht in dieser Weise kenntlich gemacht sind.

werden müssen, die einer täglichen Carnallitverarbeitung von 111 500 dz entspricht. Wenn diese Schätzung richtig ist<sup>1)</sup>, **so haben unsere Analysen einen Verlust an permanenter Magnesiaihärte von 44,3 % ergeben.** In meinem Gutachten habe ich aber schon hervorgehoben, daß die geringe Zahl der Analysen zu so weitgehenden Schlußfolgerungen nicht berechtigte. Seit Veröffentlichung des Gutachtens haben wir 116 weitere aus der Elbe bei Hamburg entnommene Proben nach der Noll'schen Methode auf permanente Magnesiaihärte untersucht und 48 Proben nach der Prechtschen Methode. Die nach Noll untersuchten Proben ergaben im Jahre 1913 im Mittel eine permanente Magnesiaihärte, welche einer täglichen Carnallitverarbeitung von 63 400 dz entspricht. Wir sind also zu fast derselben Zahl gekommen, wie bei den 19 im Jahre 1912 untersuchten Proben. **Da anzunehmen ist, daß die Carnallitverarbeitung sich inzwischen vergrößert hat, dürfte das tatsächliche Defizit, das sich nach Noll ergibt, noch höher ausfallen als im Jahre 1912,** sobald authentische Unterlagen für die Berechnung vorliegen.

Stellen wir einen Vergleich an zwischen den Ergebnissen, die wir nach Noll im Jahre 1912 in der Elbe bei Hamburg und an der Saalemündung bei Grizehne erzielt haben, so ergibt sich **eine Differenz von 28,1 %.** **Hierzu müßten noch die Endlaugen hinzugerechnet werden, die unterhalb der Saalemündung direkt in die Elbe geleitet worden sind.**

Für das Jahr 1913 gestaltet sich dieser Vergleich folgendermaßen: Bei Grizehne wurden 98 Saalewasserproben entnommen und nach Noll untersucht, 39 davon gleichzeitig nach Precht. Das Elbwasser bei Hamburg wurde im gleichen Zeitraum 108 mal nach Noll untersucht, 38 Proben davon gleichzeitig nach Precht (Anlage III). Nach Noll fanden wir bei Grizehne eine mittlere permanente Magnesiaihärte, die einer täglichen Carnallitverarbeitung von 82 700 dz entspricht. Unsere 14 Proben des Jahres 1912 hatten 86 400 dz ergeben. Die 108 Elbwasserproben von Hamburg haben uns nach Noll im Mittel ein Ergebnis geliefert, das einer täglichen Carnallitverarbeitung von 63 400 dz entsprechen würde. **Der Verlust berechnet sich also auf 23,3 %.** **Die Differenz wird sich vergrößern, sobald wir in der Lage sind,**

<sup>1)</sup> Dunbar unterläßt es zu prüfen, ob meine Schätzung richtig ist. Ich will gern zugeben, daß er dazu nicht in der Lage ist. Wohl aber kann er wissen und übrigens auch rechnerisch nachprüfen, daß meine Angaben zum mindesten bis zu einem sehr weitgehenden Grade richtig sein müssen. Warum, so fragt man vergeblich, ignoriert Dunbar diese Mengen auch in seinem zweiten Gutachten wieder? Er hätte doch zum mindesten einen Teil dieser Menge in Rechnung stellen müssen, wenn er meinte, daß ich zu hoch geschätzt habe. Im übrigen weiß er ja auch zur Genüge, daß niemand in der Lage war, gerade diese Verhältnisse so wie ich in langjährigen und umfangreichen Untersuchungen in den im Elbegebiet schwebenden großen Wasserprozessen zu prüfen.

die direkt in die Elbe eingeleiteten Kaliendlaugen hinzuzurechnen. Der entsprechende Faktor wird voraussichtlich nicht unwesentlich größer sein als im Jahre 1912, weil seither der Burbachkonzern und andere Kaliwerke mit der direkten Ableitung ihrer Kaliendlaugen in die Elbe unterhalb der Saale begonnen haben.“

### Befunde nach Precht

Außer Noll hat auch noch Precht eine Methode angegeben zur analytischen Bestimmung des Gehaltes eines Flußwassers an Chlormagnesium. Diese Methode hat Dunbar in seinem ersten Gutachten verworfen. Er schrieb darüber (Seite 15):

„Durch eigene Prüfungen ist H. Noll zu der Auffassung gekommen, daß die Prechtsche Methode zur Differenzierung des Chlormagnesiums für Flußwasser nicht brauchbar ist.“

Durch neuere vergleichende Untersuchungen, die er in seinem zweiten Gutachten beschreibt, ist Dunbar zu einer gegenteiligen Auffassung gekommen. Er sagt darüber (Seite 8 bezw. 9):

„Aus dem Gesagten geht hervor, daß sich theoretisch sowohl gegen die Nollsche, wie gegen die Prechtsche Methode mancherlei einwenden läßt.“

„Der Ausfall dieses Laboratoriumsversuchs spricht ohne Zweifel sehr zugunsten der Prechtschen Methode.“

Über seine Untersuchungen des Wassers der Saale und Elbe nach Precht sagt nun Dunbar:

„Die 39 Proben von Grizehne haben einen Chlormagnesiumgehalt ergeben, der im Mittel einer täglichen Carnallitverarbeitung von 86 500 dz entspricht. Die 39 Proben von Hamburg entsprechen im Mittel einer täglichen Carnallitverarbeitung von 95 400 dz. Hier zeigt sich also nicht eine Abnahme, sondern eine Zunahme. Es wird interessant sein, später, wenn die statistischen Unterlagen vorliegen, festzustellen, inwieweit diese Zunahme der Endlaugenmenge entspricht, die unterhalb der Saale-mündung direkt in die Elbe geleitet worden ist.“

Das Gesamtergebnis unserer auf Grund der Prechtschen Methode ausgeführten Berechnungen kommt so nahe an die vermutlich tatsächliche Chlormagnesiumzufuhr heran, daß die im ersten Gutachten ausgesprochene Ansicht: „der **größere Teil**<sup>1)</sup> des Chlormagnesiums erreiche die Elbmündung“, jetzt auf Grund erheblich erweiterter Unterlagen mit entsprechend größerer Sicherheit wiederholt werden kann.

Ich habe hier den Einwand zu erwarten, daß die vorhin erwähnten Abflüsse der Sodafabriken von mir jetzt außer acht gelassen worden

<sup>1)</sup> Vergl. dazu oben Seite 72/73 dieser Schrift.



seien. Diese Sodafabriken liegen im Stromgebiet der Saale **bezw. unterhalb ihrer Einmündung in die Elbe**. In der Saale haben wir das Chlorcalcium, welches von den Sodafabriken in nicht unerheblichen Mengen eingeleitet wird, nur selten nachzuweisen vermocht. Die Untersuchungen nach Precht haben, wie oben berichtet, Werte ergeben, die im Mittel nur um 8,2 % höher<sup>1)</sup> lagen, als die nach Noll gewonnenen Ergebnisse. Bei der Prechtschen Methode wird das Chlorcalcium vom Alkohol mit aufgenommen. Wir haben den Calciumgehalt des Alkoholauszuges regelmäßig untersucht und meistens überhaupt kein Calcium darin gefunden. Das von den Sodafabriken gelieferte Chlorcalcium muß also eine Umsetzung erfahren haben und dadurch für diese Untersuchungsmethode unnachweisbar geworden sein. Wahrscheinlich hat es mit dem aus den Kaliwerken stammenden Magnesiumsulfat schwefelsaures Calcium und Chlormagnesium gebildet. Daß solche Umsetzungen stattfinden — während die Umsetzung mit Magnesiumkarbonat hier noch in den Hintergrund tritt —, glauben wir aus der Tatsache entnehmen zu dürfen, daß in der Saale die Befunde nach Noll und nach Precht eine so weitgehende Übereinstimmung zeigen. Genauere Berechnungen über die hier vorliegenden Fragen werden uns erst möglich sein, wenn uns zahlenmäßige Angaben über die Menge des Chlorcalciums vorliegen, die im Jahre 1913 in das Elbstromgebiet eingeleitet worden ist. Im Jahre 1903 sollen die Solvay-Werke in Bernburg und die Chemische Fabrik in Buckau a. E. zusammen täglich 2970 dz Chlorcalcium in den Vorfluter abgeleitet haben. Diese Chlorcalciummenge würde einer täglichen Carnallitverarbeitung von rund 12800 dz entsprechen.“

### Besprechung der Dunbarschen Untersuchungsergebnisse

Dunbar berechnet aus den von ihm nach beiden Analysenmethoden im Wasser der Saale und Elbe gefundenen Chlormagnesiummengen die entsprechenden Endlaugenmengen. Dagegen ist nichts einzuwenden. Wenn er die so erhaltenen Werte aber mit den den Flüssen überhaupt zugeleiteten Chlormagnesiummengen vergleicht, so ist dagegen in dem Augenblick sehr viel einzuwenden, wo er seinem Vergleiche unrichtige Zahlen zu Grunde legt. Das ist, wie ich noch zeigen werde, bezüglich der der Saale zugeleiteten Chlormagnesiummenge gründlich der Fall und noch gründlicher trifft das zu bezüglich der der Elbe direkt zugeleiteten Menge, denn diese läßt er überhaupt außer acht.

Die von Dunbar erhaltenen Analysenzahlen würden — ihre Richtigkeit vorausgesetzt — überhaupt nur einen Vergleich gestatten, nämlich die Beantwortung folgender Frage:

---

<sup>1)</sup> Vergl. dazu weiter unten die Fußnote Seite 88.

Um wieviel vermindert sich der Gehalt an Chlormagnesium im Wasser der Elbe auf dem Wege von der Saalemündung bis Hamburg?

Die Beantwortung dieser Frage würde keine Schwierigkeit bieten, sobald man die zahlreichen unvermeidlichen Fehlerquellen, welche der von Dunbar befolgten Methode anhaften, völlig außer acht läßt und seine Endergebnisse als richtig unterstellt. Nach diesen fand er im Mittel seiner Untersuchungen solche Mengen Chlormagnesium, daß sich rechnerisch daraus folgende tägliche Carnallitverarbeitung ergab:

	nach Noll	nach Precht
im Saalewasser bei Grizehne	82700 dz	86500 dz
„ Elbewasser „ Hamburg	63400 „	95400 „

Es ergab sich also nach Noll eine Abnahme von 19300 dz nach Precht dagegen eine Zunahme entsprechend rund 8900 dz. Zum mindesten eine von beiden Methoden muß also angesichts der so ganz außerordentlich von einander abweichenden Ergebnisse falsch oder doch unbrauchbar für die von Dunbar verfolgten Zwecke unter den im Elbegebiet obwaltenden Verhältnissen sein. Dazu muß noch folgendes hervorgehoben werden. Dunbar schreibt (Seite 7):

„Die Ergebnisse, zu denen man bei Anwendung der Prechtschen Methode gelangt, sind nicht ohne weiteres vergleichbar mit denen der Nollischen Methode. Precht will das den Flüssen zugeführte Chlormagnesium bestimmen. Mit diesem zusammen wird aber auch die Chlormagnesiummenge gefunden, welche aus Magnesiumsulfat und Magnesiumkarbonat gebildet werden kann bei etwaigem Vorhandensein von Chlorcalcium. Im Alkoholauszug wird das Chlorcalcium als solches nur gefunden, soweit es im Überschuß gegenüber den beiden genannten Salzen vorhanden ist, ein Fall, der praktisch selten eintreten dürfte. Die Nollische Methode dagegen weist neben dem Chlormagnesium auch das Magnesiumsulfat nach. Sie gibt uns aber keinen quantitativen Aufschluß über das etwa vorhandene Chlorcalcium.“

Ausdrücklich sei nun darauf hingewiesen, daß der Saale unterhalb Grizehne und der Elbe zwischen Saalemündung und Hamburg keine Abwässer zugeleitet werden, welche Chlorcalcium enthalten. Dunbar irrt, wenn er (Seite 12) schreibt:

„Diese Sodafabriken liegen im Stromgebiet der Saale bzw. unterhalb ihrer Einmündung in die Elbe . . . Im Jahre 1903 sollen die Solvay-Werke in Bernburg und die Chemische Fabrik in Buckau a. E. (Elbe) zusammen täglich 2970 dz Chlorcalcium in den Vorfluter abgeleitet haben.“

Die Verhältnisse liegen nämlich so, daß zwar die Chemische Fabrik Buckau ihren Sitz in Magdeburg hat, daß sich aber ihre Ammoniak-

sodafabrik in Staßfurt befindet, so daß sie ihre Abwässer nicht in die Elbe, sondern in die Bode leitet. Dieser Irrtum ist Dunbar bezüglich seiner Chlorcalciumtheorie soweit zum Verhängnis geworden, als er mit ihrer Hilfe Abweichungen seiner im Elbewasser zwischen Saalemündung und Hamburg gefundenen Untersuchungsergebnisse begründen will. Dunbar schreibt nämlich (Seite 8):

„Obgleich die Sodafabriken sehr beträchtliche Mengen von Chlorcalcium in die Saale leiten, haben wir doch bei Grizehne im Saalewasser in der Regel Chlorcalcium nicht mehr angetroffen.“

Auf dem Wege von Grizehne bis Hamburg kann deshalb eine weitere Einwirkung von Chlorcalcium auf das noch vorhandene oder noch zugeleitete Chlormagnesium nicht mehr erfolgen. Dieser Irrtum Dunbars ist wieder einmal ein Beweis dafür, wie schwierig es ist, die komplizierten Vorgänge, welche sich in Flußläufen abspielen, zu verfolgen, wenn man die örtlichen Verhältnisse nicht genügend beherrscht.

Übrigens hat auch wohl Dunbar herausgeföhlt, daß es nicht ganz unbedenklich war, sich in seinem ersten Gutachten für seine Beweisführung ausschließlich auf die Nollsche Methode zu stützen, als er schrieb, der Ausfall seines Laboratoriumsversuches spreche zu Gunsten der Prechtschen Methode. Wäre die Prechtsche Methode diejenige, welche soweit der Wirklichkeit entspricht, daß sie für die hier von Dunbar verfolgten Ziele brauchbare Resultate liefert — weiter unten komme ich noch darauf zurück —, so ist über die Dunbarschen Darlegungen und Untersuchungen betreffend die Abscheidung des Magnesiums, wie er sie in seinem ersten Gutachten niederlegte, der Stab gebrochen. Das Urteil könnte nur lauten: unbrauchbar! Dementsprechend müßte man natürlich die daraus von Dunbar gezogene Folgerung als Trugschluß bezeichnen.

Wäre aber die Nollsche Methode die für Dunbars Zwecke brauchbarere, so ergäbe sich folgendes:

Im Saalewasser bei Grizehne wurde im Jahre 1913 durchschnittlich eine Chlormagnesiummenge gefunden, welche einer täglichen Carnallitverarbeitung von 82700 dz entsprach.

Der Elbe direkt<sup>1)</sup> wurde im Durchschnitt des Jahres 1913 eine Endlaugenmenge zugeleitet, welche einer täglichen Carnallitverarbeitung von 11619 dz entsprach.

Der Elbe direkt wurden sonstige salzhaltige Abwässer zugeleitet mit einer Chlormagnesiummenge, welche einer täglichen Carnallitverarbeitung von 700 dz<sup>2)</sup> entsprach. Insgesamt müßten also im Elbewasser

<sup>1)</sup> Vergl. oben Seite 1.

<sup>2)</sup> Ich rechne 350 dz auf Kieseritwaschwasser, 250 dz auf Schacht- und Grubenwasser und 100 dz auf sonstige salzhaltige Abwässer.

bei Hamburg die Endlaugen einer Tagesverarbeitung von rund 95 000 dz gefunden werden, während Noll nur diejenigen von 63 400 dz vorfand. Nach Noll wären also nur auf dem Wege von der Saalemündung bis nach Hamburg 31 600 dz Chlormagnesium oder genau  $\frac{1}{3}$  der überhaupt abgeleiteten Menge verloren gegangen. Das wäre natürlich nur, wie ich schon ausführte, die auf dem Wege von der Saalemündung bis nach Hamburg abgeschiedene Menge des Chlormagnesiums. Die insgesamt zur Abscheidung gelangte Menge würde man unter Zugrundelegung von Dunbars Zahlen wie folgt finden:

Der Saale und ihren Nebenflüssen wurden im Jahre 1913 solche Mengen Chlormagnesium zugeleitet, daß sie den Endlaugen einer täglichen Carnallitverarbeitung von 104 000 dz<sup>1)</sup> entsprachen.

Der Elbe direkt wurden im Jahre 1913 solche Mengen Chlormagnesium zugeleitet, daß sie den Endlaugen einer täglichen Carnallitverarbeitung von 12 300 dz entsprachen.

Falls also im Flußwasser eine Abscheidung von Magnesium aus dem zugeleiteten Chlormagnesium nicht erfolgen würde, hätten im Durchschnitt solche Chlormagnesiummengen im Elbewasser bei Hamburg gefunden werden müssen, wie sie in den Endlaugen einer Tagesverarbeitung von  $104\,000 + 12\,300 \text{ dz} = 116\,300 \text{ dz}$  Carnallit vorhanden sind.

Damit sind die Unterlagen geliefert, um beurteilen zu können, welche Mengen Chlormagnesium im Flußwasser abgeschieden wären, wenn man die durchschnittlichen Analysenergebnisse nach Noll bzw. nach Precht zu Grunde legt, deren Richtigkeit anerkennen und die gesamten Fehlerquellen der Dunbarschen Beweisführung unbeachtet lassen würde.

Nach Noll wurden nämlich an der Saalemündung die Chlormagnesiummengen von 82 700 dz Carnallit gefunden gegen 104 000 dz, welche gefunden werden mußten. Die Abnahme bis zur Saalemündung würde also 20,5% betragen haben.

In gleicher Weise berechnet, ergäbe sich im Elbewasser bei Hamburg eine Abnahme von 45,5%<sup>2)</sup>.

Will man die Prechtschen Zahlen zu Grunde legen, so ergibt sich: Dunbar sagt, daß nach Precht auch die gesamte Menge des Chlorcalciums mitbestimmt werde. Diese Chlorcalciummengen müßten also den abgeleiteten Chlormagnesiummengen zugerechnet werden. Im Jahre 1913 sind durchschnittlich im Verlaufe von 24 Stunden mindestens

<sup>1)</sup> Ich rechne 87 760 dz auf tatsächliche Carnallitverarbeitung, 2630 dz auf Kieseritwaschwasser, 11 750 dz auf Schacht- und Grubenwasser und 1900 dz auf sonstige salzhaltige Abwässer.

<sup>2)</sup> Diese Zahlen würden noch größer werden, wenn man die nach Dunbar im Flußwasser aus Chlorcalcium etwa gebildeten Mengen Chlormagnesium mit in Rücksicht ziehen würde. Ich unterlasse das absichtlich. Dunbar vergißt es, sie mit in seine Berechnung einzuziehen, trotzdem er ihre Bildung nachweist und begründet.

4000 dz Chlorcalcium in die Saale und Bode abgeleitet worden<sup>1)</sup>. Wahrscheinlich ist es mehr gewesen. 4000 dz Chlorcalcium ( $\text{CaCl}_2$ ) entsprechen rund 3424 dz Chlormagnesium ( $\text{MgCl}_2$ ) und letztere Menge ist in den Endlaugen von 17500 dz Carnallit enthalten. Es würde sich nun auf Grund der nach Precht ausgeführten Analysen folgendes ergeben:

Die im Saalewasser bei Grizehne gefundene Menge Chlormagnesium entspricht derjenigen, welche in den Endlaugen von 86500 dz Carnallit enthalten ist. Vorhanden sein sollte eine Menge entsprechend  $104000 + 17500 = 121500$  dz Carnallit. Die Abnahme bis zur Saalemündung würde also 28,8 % betragen.

In gleicher Weise berechnet würde sich im Elbewasser bei Hamburg eine Abnahme von 31,6 % ergeben.

Übersichtlich zusammengestellt hätte die Abnahme des Chlormagnesiums betragen auf dem Wege bis:

	nach Noll	nach Precht
Saalemündung (Grizehne) . . . . .	20,5 %	28,8 %
Hamburg . . . . .	45,5 „	31,6 „

Nach meinen oben (Seite 80) gegebenen Zusammenstellungen sind der Elbe im Jahre 1913 durchschnittlich täglich die Endlaugen von 116300 dz Carnallit zugeleitet.

Die der Elbe zugeleitete Chlorcalciummenge entsprach im Tagesdurchschnitt der Endlaugenmenge, welche bei einer Verarbeitung von 17500 dz Carnallit abfällt.

Nach Dunbar hätte man also im Elbewasser eine solche Chlormagnesiummenge finden müssen, welche entsprach

nach Noll: einer Tagesverarbeitung von 116300 dz Carnallit  
 „ Precht: „ „ „ 133800 „ „

Das würde entsprechen

nach Noll: einer Menge von 24714 dz Chlormagnesium  
 „ Precht: „ „ „ 28433 „ „

In je 1 Sekunde würden sich daraus im Durchschnitt ergeben:

nach Noll: rund 29 kg Chlormagnesium  
 „ Precht: „ 33 „ „

Je 1 Liter Elbewasser würde demnach bei Mittelwasser<sup>2)</sup> rechnerisch enthalten müssen 44,6 mg oder unter Einbeziehung der dem Chlorcalcium entsprechenden Mengen 50,8 mg Chlormagnesium.

<sup>1)</sup> Einige Schachtwasser enthalten nennenswerte Mengen Chlorcalcium. So enthält z. B. das Heldrunger Schachtwasser rund 100 g  $\text{CaCl}_2$  in 1 Liter. In 100 cbm dieses Schachtwassers, die täglich abgeleitet werden, sind also 100 dz Chlorcalcium vorhanden.

<sup>2)</sup> Bei einer Wasserführung von 650 cbm/sec berechnet; näheres vergl. J. H. Vogel, Die Abwässer der Kaliindustrie, Berlin, 1914, Seite 2.

Bei mittleren Wasserführungen (+ 0,92 bis + 1,98 m am Pegel zu Artlenburg) fand aber, wie ich weiter unten (Seite 95/96) noch zeigen werde, Dunbar in je 1 Liter Elbewasser

nach Noll: 27 mg Chlormagnesium

„ Precht: 43 „ „

Eine Gegenüberstellung ergibt nun, daß bei Mittelwasser in je 1 Liter Elbewasser bei Hamburg

	gefunden werden sollten	gefunden sind
nach Noll:	44,6 mg Chlormagnesium	27,0 mg Chlormagnesium
„ Precht:	50,8 „ „	43,0 „ „

Bei Vergleich dieser Zahlen ist noch zu beachten, daß tatsächlich die gefundenen Mengen noch etwas höher sein dürften, als dem wahren Mittel entsprach, da sie der Durchschnitt sind von einer Anzahl Analysen, von welchen ganz erheblich mehr unter dem wahren Mittelwasser von 650 cbm/sec lagen als über demselben.

Meine vorstehend von verschiedenen Gesichtspunkten aus angestellten Berechnungen, so sehr sie auch in dem Sinne ausgefallen sind, den ich für richtig halte, lassen doch beide Analysenmethoden für den von Dunbar benutzten Zweck wenig geeignet erscheinen. Die vielen — hier nicht berücksichtigten — Versuchsfehler<sup>1)</sup> der Dunbarschen Beweisführung sowie die Notwendigkeit, Umrechnungen auf wenig kontrollierbarer Grundlage wegen der schwefelsauren Magnesia bzw. des Chlorcalciums vorzunehmen, lassen das hinreichend erklärlich erscheinen. Will man aus den Ergebnissen überhaupt eine Folgerung ziehen, so ist das vielleicht aus dem Grunde gestattet, weil bei allen Analysen Dunbars ausnahmslos im Elbewasser bei Hamburg erhebliche Mengen Chlormagnesium weniger gefunden wurden, als rechnerisch zu erwarten waren. Ausnahmsweise befinde ich mich dabei einmal in der Lage, diese Folgerung genau mit Dunbars eigenen Worten wiedergeben zu können und diese Worte damit zu meinen eignen zu machen. Ich meine damit die Stelle in seinem zweiten Gutachten (Seite 6, Zeile 9) in welcher er sagt, er hätte in seinem ersten Gutachten nachweisen können, daß die von der Kaliindustrie herstammenden Magnesiumsalze „**mindestens zum größeren Teil sich sogar bis zu der Mündung der Elbe nachweisen lassen.**“

Das deckt sich genau mit meinem oben (Seite 68) wiedergegebenen Urteil aus dem Jahre 1913, denn auch ich nahm und nehme nicht an, daß volle 50% abgeschieden werden.

Um irrigen Auffassungen vorzubeugen, möchte ich noch betonen, daß ich mit meinem oben abgegebenen Urteil durchaus nicht den Wert der direkten Ermittlung des Chlormagnesiums im Flußwasser für laufende Kontrollzwecke leugne. Ich bin vielmehr überzeugt, daß die Precht-

<sup>1)</sup> Vergl. J. H. Vogel, Die Abwässer der Kaliindustrie, Berlin, 1914, Seite 14 bis 19.

sche Methode bei regelmäßiger Untersuchung eines stets an gleicher Stelle entnommenen Flußwassers wertvolle Vergleichszahlen bieten wird<sup>1)</sup>, ohne damit sagen zu wollen, daß die alkohollösliche Magnesia nach Precht genau dem Gehalte des Flußwassers an Chlormagnesium entspricht. Vielmehr bin ich wenigstens bezüglich des Weserwassers aus dem früher<sup>2)</sup> angegebenen Grunde überzeugt, daß man nach Precht etwas zu hohe Zahlen findet. Daran bin ich auch nicht irre geworden durch die wenigen Versuche<sup>3)</sup> im Dunbarschen Laboratorium unter Benutzung verhältnismäßig salzärmer Flußwässer. Hätte Dunbar auch den Gesamtgehalt an Kalk und Magnesia in den von ihm untersuchten Elbewasserproben angegeben, so würde man vermutlich in der Lage sein, ein einigermaßen zuverlässiges Urteil über den Wert der Methoden von Noll und Precht zur Untersuchung des bei Hamburg entnommenen Elbewassers abzugeben. Es ist ganz auffallend, daß die Abweichungen, welche Dunbar bei Untersuchung von Saale- und Elbewasser mit beiden Methoden erzielte, durchweg erheblich größer sind, als im Laboratorium von Ost bei Untersuchung des bei Bremen entnommenen Weserwassers gefunden wurden. Aus dem der Saale zugeleiteten Chlorcalcium ist dieser Unterschied nicht allein zu erklären.

### Nolls Entgegnung auf das zweite Gutachten Dunbars

Schon oben (Seite 73) erwähnte ich kurz einen von Noll<sup>4)</sup> veröffentlichten Aufsatz, in welchem er für jeden, der zwischen den Zeilen zu lesen versteht, Stellung nimmt gegen gewisse Grundlagen, auf welche sich Dunbar in seinem zweiten Gutachten stützt. Wie ich zeigte, glaubte Dunbar mit Hilfe dieser Grundlagen u. a. auch den Schlußsatz seines ersten Gutachtens, er habe den Nachweis dafür erbracht, daß die der Elbe und ihren Nebenflüssen zugeführte Chlormagnesiummenge sich selbst nahe der Mündung der Elbe noch in unzersetzter Form nachweisen lasse, aufrecht erhalten zu können.

Dunbar hatte nach Precht durchweg höhere Mengen Chlormagnesium im Wasser der Saale und Elbe gefunden als nach Noll.

<sup>1)</sup> Vergl. dazu auch H. Precht „Über die Untersuchungsmethoden der Bestimmung des Magnesiumchlorids im Wasser.“ Zeitschrift Kali: IX, 1. Seite 8. Übrigens halte ich auch die Nollsche Methode für solche laufenden Kontrollzwecke durchaus geeignet; ich würde die Prechtsche jedoch der einfacheren Handhabung und der Zeitersparnis wegen vorziehen.

<sup>2)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie, Berlin, 1914, Seite 110.

<sup>3)</sup> Zweites Gutachten Dunbars, Seite 8.

<sup>4)</sup> Über den Nachweis und Verbleib der den Flußläufen zugeführten Endlaugen aus Chlorkaliumfabriken (Mitteilung aus dem staatlichen Hygienischen Institut Hamburg, Direktor Professor Dr. Dunbar). Von Professor Dr. H. Noll, Abteilungsvorsteher. Zeitschrift „Kali“. VIII, Heft 21 vom 1. November 1914, Seite 438.

Letzterer bestätigt das. Er bespricht die Ursachen hierfür und weist dabei darauf hin, daß im Wasser der Saale und Elbe in erster Linie folgende Umsetzungen vor sich gehen dürften:

- a) die Umsetzung von Chlormagnesium und Calciumkarbonat in Chlorcalcium und Magnesiumkarbonat,
- b) die Umsetzung von Chlorcalcium und Magnesiumkarbonat in Chlormagnesium und Calciumkarbonat,
- c) die Umsetzung von Chlorcalcium und Magnesiumsulfat in Chlormagnesium und Calciumsulfat.

Es sind das Umsetzungen, auf welche in gleicher Weise auch schon Dunbar hingewiesen hatte. Insofern besteht also kein Unterschied in den Auffassungen beider. Noll kommt im weiteren Verlauf seiner Darlegungen dann aber zu folgendem Ergebnis:

„In Anbetracht dieser ganzen Verhältnisse wird man damit rechnen müssen, daß von der durch die Endlaugen den Flußläufen zugeführten Nichtkarbonathärte der Magnesia<sup>1)</sup> ein **beträchtlicher Teil**<sup>2)</sup> teils durch Umsetzungen, teils durch Versickerung im Boden verloren geht, aber immerhin ein **großer Teil**<sup>2)</sup> in den Flüssen verbleibt.“

Das deckt sich im Endergebnis auch bezüglich der ungefähren Mengenverhältnisse mit der von mir schon im Jahre 1913 darüber aufgestellten These, wie ich sie oben (Seite 68) wörtlich wiedergab. Auch bezüglich der Ursachen des „Verlorengehens“ des Magnesiums kann ich mich der Auffassung Nolls in dieser Allgemeinheit anschließen, wenn ich auch der Auffassung bin, daß dabei auf Versickern nur ein ganz geringer Bruchteil entfällt und dann auch nur zeitweise bei höheren Wasserführungen.

Wie Noll hier in klarer, eingehend begründeter Darlegung auf die Abscheidung beträchtlicher Mengen des aus Kaliabwasser usw. stammenden Magnesiums hinweist und sich damit in schroffen Gegensatz stellt zu der Auffassung, die sein Vorgesetzter (Dunbar) in den Schlußsätzen seiner beiden Gutachten vertritt, so verurteilt er in nicht minder offener Weise die ganze Art der Dunbarschen Beweisführung, wenn er weiter schreibt:

„Die Zuführung der Endlaugen muß daher immer auf das zulässige Maß beschränkt bleiben, da nach beiden Seiten hin Kalamitäten entstehen können. Die Mißstände werden am besten auf Grund der Untersuchungsergebnisse des jeweiligen Wassers festgestellt werden können. **Aus diesen Ergebnissen die jeweiligen Carnallitmengen berechnen zu wollen, halte ich für recht unsicher**<sup>2)</sup>).

<sup>1)</sup> Also Chlormagnesium und etwas schwefelsaure Magnesia. I. H. Vogel.

<sup>2)</sup> Im Original durch den Druck nicht hervorgehoben.



Diese drei Sätze konnten Wort für Wort von mir geschrieben sein, so sehr decken sie sich nach jeder Richtung mit dem, was ich in meinen in den beiden letzten Jahren veröffentlichten Arbeiten grundsätzlich immer und immer wieder aussprach. Der letzte dieser Sätze enthält zugleich die schärfste Verurteilung der Beweisführung, deren sich Dunbar bediente. Man darf gespannt darauf sein, ob und wie sich Dunbar zu diesen Erklärungen Nolls verhalten wird. Vorläufig hatte Noll in der Sache das letzte Wort.

Das Gesamtergebnis seiner Abhandlungen faßt Noll in folgende Worte zusammen:

„Die Prechtsche Methode ist für die Bestimmung der Nichtkarbonathärte der Magnesia, die durch die Endlaugen der Chlorkaliumfabriken in die Flüsse gelangt, nicht empfehlenswert, weil das Magnesiumsulfat nicht mitgefunden wird und weil beim Eindampfen Umsetzungen von statten gehen, die zur Bildung von Chlormagnesium führen, welches im Wasser nicht vorhanden war.

Die Nollsche Methode ist geeigneter als die Prechtsche, weil nach ihr das Magnesiumsulfat mitgefunden wird, und die sonstigen Ergebnisse den Gleichgewichtszuständen der im Wasser vorhandenen Salze entsprechen.

Die Mengenverhältnisse der aus den Chlorkaliumfabriken in die Flüsse gelangten Nichtkarbonathärte der Magnesia mit Hilfe der genannten Methoden festzustellen, kann nicht als einwandfrei bezeichnet werden, weil sich einerseits ein beträchtlicher Teil durch Umsetzungen oder durch Versickerung in den Boden dem Nachweis entzieht und andererseits die Befunde durch natürlich vorkommendes Magnesiumsulfat oder durch gebildetes Chlormagnesium, welches nicht auf Endlaugen zurückgeführt werden kann, beeinflußt werden.

Für regelmäßig auszuführende vergleichende Untersuchungen im Flußwasser ist die Nollsche Methode geeignet, man wird nach dieser das Anwachsen der Nichtkarbonathärte der Magnesia in den Flüssen in genügender Weise kontrollieren können.“

Zu diesen Folgerungen Nolls sei noch kurz folgendes bemerkt: Ob der Mitbestimmung des Magnesiumsulfats bei der Nollschen Methode — so zutreffend der Hinweis darauf vom theoretischen Standpunkt sein mag — irgend eine praktische Bedeutung beigemessen werden darf, möge dahin gestellt bleiben, nachdem Noll selbst gezeigt hat, daß bei Anwesenheit von Chlormagnesium im Flußwasser das Magnesiumsulfat nicht bestehen bleibt, sondern auch in Chlormagnesium umgewandelt wird.

Für die Praxis ist es ebenfalls ohne Bedeutung, ob neben dem aus Abwassern herrührenden Chlormagnesium noch anderes Chlormagnesium im Flußwasser vorhanden ist. Für die Praxis kommt es nämlich in

erster Linie nicht darauf an, das aus Kaliwerken herrührende Chlormagnesium im Flußwasser zu ermitteln, sondern die Gesamtmenge dieses Salzes. Die Schädlichkeitsgrenze bleibt unbekümmert um den Ursprung des Chlormagnesiums dieselbe und die Kaliwerke werden sich damit abzufinden haben, daß sie bis zur gestatteten Annäherung an diese Grenze um so weniger Endlaugen ableiten dürfen, je größer die Chlormagnesiummenge andern Ursprungs im Flußwasser ist.

### **Feststellungen über die Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser**

„Die Ursachen der Abscheidung des Magnesiums sind teils chemischer, teils biologischer Art.“

So schrieb ich im Jahre 1913<sup>1)</sup> und belegte diese Erklärung mit einer Reihe von Tatsachen. Inzwischen sind einige weitere Beobachtungen nach beiden Richtungen angestellt.

#### **Abscheidungen chemischer Art**

Der Zufall will es, daß gerade Dunbar, der jede nennenswerte Abscheidung bestreitet, in seinen beiden Gutachten indirekt einige Belege für die durch chemische Umsetzungen bewirkte Abscheidung bringt.

In seinem ersten Gutachten erklärt er (Seite 20), die Verluste an Magnesium im Elbewasser zwischen Saalemündung und Hamburg seien nach seiner Feststellung so gering, daß sie jede Bedeutung verlieren. Dann fährt er wörtlich, wie folgt, fort:

„Wenn das nach einer so langen Einwirkungsdauer der Fall ist, so kann die behauptete Selbstentsalzung naturgemäß auf Strecken von wenigen Kilometern gar keine Rolle spielen. Wo das Verhältnis zwischen dem Calciumkarbonatgehalt und der permanenten Magnesia-  
härte anders liegt als im Elbewasser, können Umsetzungen auch in kürzerer Zeit eintreten. Auch nach dieser Richtung hin muß man sich aber an die erhobenen Befunde halten und vor zu weitgehenden Schlußfolgerungen hüten. An einem Punkte der Bode, wo Endlaugen noch nicht eingeleitet waren, fanden wir eine Calciumkarbonathärte, entsprechend 29,6 mg Ca im Liter. An einem weiter stromabwärts gelegenen Punkte, wo die Bode erhebliche Mengen von Endlaugen enthielt, war diese Calciumkarbonathärte vollständig verschwunden und in permanente Kalkhärte umgesetzt. Hier handelt es sich um eine Massenwirkung, die nur bei einer so extremen Endlaugenversalzung<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> a. a. O. Seite 546.

<sup>2)</sup> Im Sinne der sog. Endlaugenversalzung der Flußwässer ist Dunbar wohl berechtigt, die von ihm gefundene Endlaugenmenge als „extrem“ zu bezeichnen. Er

in Frage kommen kann, wie sie die Bode aufweist. Aber auch unter solchen Umständen können derartige Umsetzungen eine praktische Bedeutung nicht gewinnen. Nach Ablauf der beschriebenen Umsetzung hatte das Bodewasser eine permanente Magnesia Härte, entsprechend 516,2 mg Mg im Liter. Ohne die Umsetzung würde die Verhärtung 533,9 mg Mg im Liter betragen haben. Die 17,7 mg Mg stellen einerseits nur einen sehr geringen Bruchteil des Gesamtgehaltes an Magnesia dar, andererseits sind sie aber nicht ausgeschieden oder in indifferente Salze verwandelt, sondern in Chlorcalcium, das nicht weniger schädlich ist als Chlormagnesium und Magnesiumsulfat.“

Seine Auffassung über die Schädlichkeit des Chlorcalciums dürfte Dunbar inzwischen doch wohl etwas geändert haben. Jedenfalls wird er angesichts meiner Darlegungen<sup>1)</sup> darüber wohl mit mir zu dem Ergebnis kommen, daß die heute praktisch in den Flußläufen in Betracht kommenden Chlorcalciummengen nahezu belanglos sind, daß also die in Chlorcalcium verwandelten Chlormagnesiummengen als tatsächlich ausgeschieden gelten müssen, und daß die gebildeten Chlorcalciummengen höchstens noch in ihrer Salzwirkung in gleicher Weise wie etwa das Chlornatrium zu beurteilen sind.

Doch das nur nebenbei! In der Hauptsache kam es mir darauf an, hier darzutun, daß Dunbar in Flüssen „wo das Verhältnis usw. anders als im Elbewasser“ ist, (d. h. in nahezu dem ganzen Endlaugen-Abflußgebiet der Elbe, nämlich in der Saale und ihren Nebenflüssen) folgende Reaktion unter Umständen bis zum Verschwinden des gesamten kohlensauren Kalkes annahm als er sein erstes Gutachten niederschrieb:

Das den Flußläufen zugeführte Chlormagnesium wirkt auf den im Flußwasser gelösten kohlensauren Kalk ein. Dadurch entstehen Chlorcalcium, welches im Wasser gelöst bleibt, und kohlensaure Magnesia, welche sich in unlöslicher Form abscheidet.

---

spricht hier aber von chemischen Umsetzungen im Flußwasser, und da muß ich doch Dunbar mit aller Entschiedenheit darauf aufmerksam machen, daß die von ihm in der Bode gefundene Chlormagnesiummenge im rein chemischen Sinne als eine verdünnte bezeichnet werden muß. Es handelt sich offenbar um die von ihm im Juli 1912 der Bode bei Nienburg entnommene Wasserprobe oder doch um eine solche von fast dem gleichen Gehalt an Chlormagnesium, d. h. um 516,2 mg Magnesium in 1 Liter, wovon rund 465 mg auf Chlormagnesium entfallen dürften. Das entspricht einer Menge von rund 1800 mg Chlormagnesium in 1 Liter oder von 0,18 ‰. Das nennt man im rein chemischen Sinne eine verdünnte Lösung und nicht eine extreme Versalzung, bei der von einer „Massenwirkung“ im Sinne chemischer Umsetzungen kaum die Rede sein kann, selbst dann nicht, wenn daneben etwa noch 1 bis 2 ‰ Chlornatrium vorhanden sind. I. H. Vogel.

<sup>1)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie, Berlin, 1914, Seite 97 bis 105.

Diese Auffassung halte ich und zwar auch ohne die Dunbarsche Einschränkung für richtig, denn es ist nicht einzusehen, weshalb nicht z. B. bei einem Gehalt von 0,018 g Chlormagnesium in 1 Liter die gleichen Umsetzungen vor sich gehen sollen, wie bei einem solchen von 0,18 g. Dunbar bringt auch keinen anderen Beweis für seine Einschränkung als die inzwischen von mir als unzutreffend erwiesene Behauptung, im Elbewasser erfolge keine Magnesiumausscheidung.

Gibt Dunbar in seinem ersten Gutachten nur an dieser einen Stelle die Abscheidung des aus dem Chlormagnesium stammenden Magnesiums in unlöslicher Form zu, so finden sich in seinem zweiten Gutachten zahlreiche Stellen, in welchen er sich scheinbar gegenteilig, in Wirklichkeit aber indirekt in diesem Sinne ausspricht.

Es heißt dort:

(Seite 7) „Mit diesem zusammen wird aber auch die Chlormagnesiummenge gefunden, welche aus Magnesiumsulfat und Magnesiumkarbonat gebildet werden kann bei etwaigem Vorhandensein von Chlorcalcium.“

(Seite 7) „Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß bei Anwesenheit genügender Mengen von Chlorcalcium sich im Fluß Chlormagnesium aus dem Magnesiumsulfat bildet.“

(Seite 8) „Ein Teil des von den Sodawerken stammenden Chlorcalciums wird verbraucht worden sein, um das Magnesiumsulfat der Kaliendlaugen in Chlormagnesium zu verwandeln. Ein etwa vorhandener Rest an Chlorcalcium könnte zur Bildung von Chlormagnesium aus Magnesiumkarbonat verbraucht worden sein.“

(Seite 9) „In der Regel sind die nach Precht erzielten Werte allerdings höher als nach Noll, im Höchsfalle um 37,9 %, im Durchschnitt jedoch nur um 8,2 %<sup>1)</sup>. Der Grund dafür, daß die Abweichungen in den Ergebnissen der beiden Methoden nicht größer ausgefallen sind, dürfte darin zu suchen sein, daß das Chlorcalcium hier noch genügend Magnesiumsulfat vorfindet, mit dem es sich umsetzen kann, um den Angriff des Chlorcalciums auf das Magnesium-

<sup>1)</sup> Sollte hier nicht ein etwas merkwürdiger, die ganze Sachlage im falschen Lichte erscheinender Rechenfehler Dunbars vorliegen? Wenn er z. B. am 7. März 1914 in 1 Liter Elbewasser nach Noll 8,6 und nach Precht 27,1 mg Chlormagnesium findet, so sind das nach meiner Berechnung 329 % mehr und nicht 37,9 %. Solche oder ähnliche Beispiele lassen sich noch zu Dutzenden herausfinden! Auch die Durchschnittszahl 8,2 % ist mit einem solchen Rechenfehler behaftet. Die Dunbarschen Zahlen liegen ja in seinem Gutachten vor (Seite 16 und 18). Jeder, der sich auf dieses Gutachten etwa stützen will, möge nicht versäumen, die Höchstabweichung und die Durchschnittsabweichung rechnerisch zu kontrollieren und nachdem er das getan hat, sich folgende Frage vorlegen: Wie ist es möglich, daß Dunbar die in seinem ersten Gutachten auf Grund der Noll'schen Untersuchungsmethode — ohne jede Einschränkung — gezogenen Folgerungen jetzt auf Grund der Precht'schen Methode aufrecht hält?

karbonat in den Hintergrund treten zu lassen. Sobald die Mischung des Saalewassers mit dem Elbewasser erfolgt und eine entsprechende Verdünnung eingetreten ist, verläuft die Reaktion anders. Jetzt wird ein Teil des Chlormagnesiums durch die im Elbewasser enthaltenen Calciumsalze in Anspruch genommen unter Bildung von Chlorcalcium, . . .“

(Seite 12) „Wir haben den Calciumgehalt des Alkoholauszuges regelmäßig untersucht und meistens überhaupt kein Calcium darin gefunden. Das von den Sodafabriken gelieferte Chlorcalcium muß also eine Umsetzung erfahren haben und dadurch für diese Untersuchungsmethode unnachweisbar geworden sein. Wahrscheinlich hat es mit dem aus den Kaliwerken stammenden Magnesiumsulfat schwefelsaures Calcium und Chlormagnesium gebildet. Daß solche Umsetzungen stattfinden — während die Umsetzung mit Magnesiumkarbonat hier noch in den Hintergrund tritt —, glauben wir aus der Tatsache entnehmen zu dürfen, daß in der Saale die Befunde nach Noll und Precht eine so weitgehende Übereinstimmung zeigen.“

An diesen Stellen erwähnt Dunbar wiederholt die in seinem ersten Gutachten beschriebene Einwirkung des Chlormagnesiums auf den im Wasser gelösten kohlensauren Kalk. Daneben beschreibt er zwei andere Reaktionen, nämlich die Ausscheidung des Chlorcalciums durch Einwirkung von schwefelsaurer Magnesia oder von kohlensaurem Kalk. Dabei soll in beiden Fällen Chlormagnesium entstehen.

Es ist schwierig, zu entscheiden, ob diese Umsetzungen tatsächlich im nennenswerten Umfange vor sich gehen. Wäre es wirklich der Fall, so müßte zunächst jedenfalls alle schwefelsaure Magnesia aus dem Flußwasser abgeschieden werden und zwar auch dann, wenn letzterem Abwasser mit Chlorcalcium nicht zugeleitet würden, da sich solche Mengen Chlorcalcium, die zur Umwandlung der schwefelsauren Magnesia genügen würden, stets aus dem kohlensauren Kalk und dem Chlormagnesium der Endlaugen bilden werden. Das gebildete Chlormagnesium würde aber auf dem weiteren Laufe des Flusses wieder mit dem kohlensauren Kalk im zuströmenden Wasser der Nebenflüsse usw. Umsetzungen der erstgenannten Art eingehen, was zur Abscheidung des Magnesiums führen müßte.

Ich will die Möglichkeit solcher Umsetzungen hier nicht weiter erörtern. Wer sich näher dafür interessiert, möge die lehrreichen Darlegungen Nolls (vergl. S. 83) in seiner Originalabhandlung nachlesen. Es genügt mir, festgestellt zu haben, daß Dunbar Umsetzungen im Flußwasser, welche unmittelbar oder mittelbar zur Abscheidung des Magnesiums aus dem Chlormagnesium und der schwefelsauren Magnesia führen können, jedenfalls nicht bestreitet.

### Abscheidungen biologischer Art

Schon im Jahre 1913 hob ich hervor<sup>1)</sup>, daß die auf Grund biologischer Vorgänge erfolgende Abscheidung des Magnesiums praktisch von größerer Bedeutung zu sein scheine, als diejenige, welche sich auf Grund chemischer Umsetzungen ergibt. An einer Reihe von Beispielen konnte ich zeigen, daß Wasserpflanzen verschiedenster Art eine Art Luxusverbrauch mit dem Magnesium treiben, wenn sie in einem mit Chlormagnesium angereicherten Wasser leben, indem sie erhebliche Mengen Magnesium über das normale Maß hinaus in sich aufspeichern.

Neuerdings finden meine Untersuchungen eine gewisse Bestätigung durch die schon oben (Seite 43) besprochene Arbeit von Stutzer und Haupt. Diese fanden folgendes:

Das auf der Wiese in Bendeleben geerntete Heu enthielt im Durchschnitt.

- |    |  |                 |
|----|--|-----------------|
| a) | von denjenigen Teilstücken (1 bis 3), welche nicht mit endlaugenhaltigem Wasser berieselt waren, |                 |
| b) | von den mit endlaugenhaltigem Wasser berieselten Teilstücken (6 bis 9)                           |                 |
|    | erster Schnitt   | zweiter Schnitt |
| a) | 1,31 ‰ Magnesia  | 2,17 ‰ Magnesia |
| b) | 1,42 „ „   | 2,48 „ „        |

Im ersten Schnitt des auf der Wiese in Banteln geernteten Heues wurden im Durchschnitt ohne Rieselung mit endlaugenhaltigem Wasser 1,62 ‰ Magnesia gefunden, gegen 1,85 ‰ nach Rieselung mit solchem Wasser.

In Körnern und Stroh des auf dem Versuchsfelde in Oldleben geernteten Roggens wurden im Durchschnitt folgende Mengen Magnesia gefunden:

	Körner	Stroh
Rieselung ohne Endlaugen	0,209 ‰ Magnesia	0,091 ‰ Magnesia
„ mit „	0,223 „ „	0,097 „ „

Das sind alle Untersuchungen, welche Stutzer und Haupt zur Ermittlung des Magnesiumgehaltes ihrer Ernteprodukte anstellten. Ausnahmslos findet man nach der Rieselung mit Endlaugen einen höheren Gehalt an Magnesia. Ausnahmslos ist aber auch dieser Mehrgehalt nur verhältnismäßig gering, jedenfalls erreicht er nicht annähernd die Höhe, welche ich bei meinen Untersuchungen feststellte. Die Erklärung dafür ist in dem Umstande zu suchen, daß Stutzer und Haupt überall ihre Versuche in einem sehr kalkreichen Boden anstellten und daß sie stets sehr reichliche Düngungen mit Kalisalzen gaben<sup>2)</sup>. Nach meinen Beobachtungen kann nun das Magnesium

<sup>1)</sup> a. a. O. Seite 546.

<sup>2)</sup> Näheres darüber vergl. oben Seite 46.

beim Aufbau des Pflanzenkörpers bei Kalkmangel den Kalk und bei Kalimangel das Kali bis zu einem gewissen Grade ersetzen. Beides kam hier nicht in Frage, und deshalb war die Mehraufnahme von Magnesium nur eine verhältnismäßig geringe. Vorhanden war sie aber ausnahmslos, und deshalb sind auch die Ergebnisse der Versuche von Stutzer und Haupt ein weiteres beredtes Beispiel dafür, daß eine gewisse Abscheidung von Magnesium im Flußwasser durch Vorgänge biologischer Art vor sich gehen muß. Über die Höhe dieser Abscheidung lassen sich allerdings irgendwie zuverlässige Angaben noch immer nicht machen.

### Folgerungen

Meine oben (Seite 68) im Wortlaut wiedergegebene Darstellung über die Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser findet durch die inzwischen ausgeführten Untersuchungen Dunbars, die er in seinen beiden Gutachten niederlegte, ausnahmslos insofern volle Bestätigung, als jedenfalls von ihm in allen Fällen im Elbewasser erheblich weniger Chlormagnesium wiedergefunden wurde, als rechnerisch erwartet werden durfte. Über den Umfang dieser Abscheidung können auch jetzt noch keine sicheren Zahlenangaben gemacht werden, da es an zuverlässigen Methoden für den zahlenmäßigen Nachweis fehlt. Jedenfalls aber glaube ich auch heute noch, daß das im Elbegebiet abgeleitete Chlormagnesium „mindestens zum größeren Teil“ noch im Elbewasser bei Hamburg vorhanden ist. Andererseits zeigen die Dunbarschen Untersuchungsergebnisse, daß wohl mindestens  $\frac{1}{3}$  davon auf dem Wege bis Hamburg zur Abscheidung gelangte.

---

## Aufnahmefähigkeit des Elbewassers bei Hamburg für Endlaugen

Schon oben (Seite 69) deutete ich an, daß das Dunbarsche Analysenmaterial wertvolle Unterlagen enthalte zur Beurteilung der Aufnahmefähigkeit des Elbewassers bei Hamburg für Endlaugen. Zwar gibt Dunbar selbst an, daß die direkte Ermittlung des Chlormagnesiums nach Noll oder Precht nicht frei sei von Fehlern, und ich zeigte, zu welchen bedenklichen Irrtümern die Benutzung dieser Analysenmethoden führen kann, wenn man sie in Verbindung mit der fehlerquellenreichen Beweisführung Dunbars benutzt. Dagegen betonte ich (Seite 83), daß ich diesen Methoden jedenfalls Wert und Bedeutung beimessen müsse zur Gewinnung von Vergleichszahlen für die regelmäßige Kontrolle von Wasserproben, welche einem Wasserlauf stets an der gleichen Stelle entnommen werden.

Dunbar folgert aus seinen Untersuchungen des oberhalb Hamburgs entnommenen Elbewassers (Seite 13) folgendes:

„Im Jahre 1913 wurde der Chlormagnesiumgehalt des Elbewassers bei Hamburg an 38 Tagen nach der Prechtschen Methode bestimmt. An 31 dieser Tage lag er über 50 mg im Liter, an 8 Tagen über 75 mg, und an einem Tage erreichte er rund 95 mg (94,8) Chlormagnesium im Liter.“

Diese Zahlen<sup>1)</sup> sind an sich richtig nebeneinander gestellt. Sie beweisen nur, daß im Jahre 1913 selbst die Höchstwerte an Chlormagnesium im Elbewasser bei Hamburg noch weit unterhalb denjenigen Mengen blieben, die das vorzügliche Leopoldshaller Trinkwasser davon ständig enthält. Sie zeigen weiter, einen wie unbedenklichen Gehalt daran erst das Hamburger Leitungswasser aufweisen wird, das ja aus

---

<sup>1)</sup> Daß Dunbar in seiner Schlußfolgerung jetzt Verzicht leistet auf die Nutzanwendung aus den nach Nolls Methode erhaltenen Zahlen, trotzdem ihm diese Methode im Jahre 1913 noch „vollständig genügte“ zur Verdammung eines der wichtigsten Grundpfeiler der volkswirtschaftlich so bedeutsamen Kaliindustrie, sei nur nebenbei erwähnt (vergl. dazu auch oben Seite 73).



einem Gemenge von 75 Teilen Elbe- und 25 Teilen Grundwasser besteht.

Im übrigen hätte Dunbar seine vorstehend wiedergegebene Folgerung wohl genauer präzisieren dürfen, um ihr diejenige Deutung zu geben, die zum allgemeinen Verständnis im Interesse der Gesamtheit und auch zur Beurteilung der Verhältnisse erwünscht erscheint. Das hätte er tun können, indem er seine Analysenzahlen über den Gehalt des bei Hamburg geschöpften Elbewassers an Chlormagnesium<sup>1)</sup> etwas übersichtlicher zur zugehörigen Wasserführung angeordnet und wenn er gleichzeitig die Wasserführungen entsprechend gekennzeichnet hätte. Ich habe das statt seiner für alle Ermittlungen aus dem Jahre 1913 getan und gebe nachfolgend meine Zusammenstellung aus den Dunbarschen Tabellen. Meinerseits habe ich noch zwei Rubriken hinzugefügt. In der einen (erste Rubrik) gebe ich die zugehörigen Pegelstände nach amtlichen Feststellungen. In der anderen (letzte Rubrik) habe ich Raum gelassen für Angaben über die tatsächlich erfolgten Wassermengenmessungen, welche eine Würdigung der Dunbarschen Angaben über die Abflußmengen des Elbewassers — bekanntlich die Grundlage, auf der die ganze Dunbarsche Beweisführung ruht — ermöglichen soll. Die Reihenfolge der Analysenergebnisse ist nach den Pegelständen — beginnend mit dem niedrigsten — geordnet.

Ehe ich auf eine Würdigung dieses Zahlenmaterials näher eingehe, kann ich unter Hinweis auf meine früheren Ausführungen<sup>2)</sup> über die Ungenauigkeiten der Wassermengenermittlungen nicht unterlassen, auf folgendes aufmerksam zu machen:

Dunbar hat im Jahre 1913 insgesamt 108 Proben des oberhalb Hamburg entnommenen Elbewassers untersucht. Die Wasserführungen der Elbe schwankten dabei innerhalb sehr weiter Grenzen. Letztere werden gekennzeichnet durch Pegelstände bei Artlenburg zwischen + 0,03 und + 2,80 m. Für die Wassermenge, welche die Elbe zur Zeit der Entnahme dieser 108 Proben führte, liegt, sage und schreibe, eine einzige Wassermengenmessung vor, nämlich bei einem Pegelstande von + 0,71 m. Das Ergebnis dieser Messung betrug 432 cbm/sec, entsprechend einer Abflußmenge von 37,33 Millionen cbm in 24 Stunden, während Dunbar dafür nur mit 32,45 Millionen cbm rechnet. Stimmt mithin schon bei dieser Wasserführung die von Dunbar angegebene Wassermenge nicht, um wieviel wird sie dann bei seinen anderen Angaben über die Wassermengen der Elbe zur Zeit der Probenahmen von der Wirklichkeit abweichen?

<sup>1)</sup> Seite 16 bis 19 des zweiten Dunbarschen Gutachtens.

<sup>2)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie, Berlin, 1914, Seite 15.

## Elbewasser oberhalb Hamburg

Stand des Pegels bei Artlenburg m	Tag der Probenahme 1913	mg Chlormagnesium im Liter (analytisch) nach:		Abflußmengen in Millionen cbm pro Tag nach Dunbar	Tatsächlich erfolgte Messung der Wassermenge cbm/sec
		Noll	Precht		
+ 0,03	25. Juni	57,7	72,2	19,31	—
+ 0,05	24. Juni	51,8	71,0	19,65	—
+ 0,07	19. Aug.	62,5	80,8	19,99	—
+ 0,07	20. Aug.	70,5	83,8	19,99	—
+ 0,07	13. Aug.	56,1	—	19,99	—
+ 0,10	12. Aug.	49,9	—	20,50	—
+ 0,16	11. Nov.	59,6	75,5	21,52	—
+ 0,16	12. Nov.	68,9	82,9	21,52	—
+ 0,16	18. Nov.	48,7	—	21,52	—
+ 0,17 m am Pegel Artlenburg: mittleres Niedrigwasser					
+ 0,19	10. Juni	74,8	94,8	22,03	—
+ 0,21	4. Nov.	61,5	—	22,37	—
+ 0,22	5. Nov.	49,6	—	22,54	—
+ 0,24	29. Okt.	53,4	64,4	22,88	—
+ 0,25	28. Okt.	51,8	69,1	23,05	—
+ 0,27	12. Juni	80,3	77,2	23,39	—
+ 0,27	22. Okt.	49,6	—	23,39	—
+ 0,28	17. Juni	48,0	—	23,56	—
+ 0,28	18. Juni	53,4	—	23,56	—
+ 0,28	21. Okt.	45,1	—	23,56	—
+ 0,29	4. Juni	49,2	66,7	23,73	—
+ 0,29	23. Sept.	42,5	63,2	23,73	—
+ 0,31	3. Juni	49,2	64,8	24,10	—
+ 0,31	15. Okt.	58,2	—	24,10	—
+ 0,32	24. Sept.	50,8	—	24,30	—
+ 0,32	14. Okt.	57,2	79,1	24,30	—
+ 0,35	8. Okt.	36,8	—	24,90	—
+ 0,36	30. Juli	44,4	70,1	25,10	—
+ 0,38	7. Okt.	39,4	57,2	25,50	—
+ 0,38	25. Nov.	64,6	—	25,50	—
+ 0,39	30. Sept.	60,6	68,4	25,70	—
+ 0,40	29. Juli	38,2	70,1	25,90	—
+ 0,43	17. Sept.	51,3	—	26,50	—
+ 0,43	26. Nov.	48,2	—	26,50	—
+ 0,47	6. Aug.	49,6	—	27,30	—
+ 0,47	16. Sept.	37,3	—	27,30	—

Stand des Pegels bei Artlenburg m	Tag der Probenahme 1913	mg Chlormagnesium im Liter (analytisch) nach:		Abflußmengen in Millionen cbm pro Tag nach Dunbar	Tatsächlich erfolgte Messung der Wassermenge cbm/sec
		Noll	Precht		
+ 0,48	1. Okt.	55,1	—	27,50	—
+ 0,50	27. Mai	58,7	71,1	27,90	—
+ 0,50	5. Aug.	43,0	—	27,90	—
+ 0,50	9. Sept.	34,2	—	27,90	—
+ 0,50	10. Sept.	37,5	—	27,90	—
+ 0,53	28. Mai	74,1	72,7	28,50	—
+ 0,56	23. Juli	38,0	56,5	29,10	—
+ 0,56	19. Nov.	50,1	88,1	29,10	—
+ 0,63	22. Juli	31,6	48,0	30,59	—
+ 0,57	11. Juni	69,4	72,4	29,30	—
+ 0,66	3. Dez.	28,0	55,8	31,28	—
+ 0,66	21. Mai	32,1	—	31,28	—
+ 0,66	16. Juli	28,7	—	31,28	—
+ 0,71	21. Juli	26,6	—	32,45	432,0
+ 0,72	2. Dez.	34,9	—	32,70	—
+ 0,74	7. Mai	38,0	—	33,20	—
+ 0,75	20. Mai	26,1	52,7	33,45	—
+ 0,77	15. Juli	29,0	—	33,95	—
+ 0,79	6. Mai	37,8	51,3	34,45	—
+ 0,84	8. Juli	36,8	—	35,82	—
+ 0,85	1. Juli	58,9	65,3	36,10	—
+ 0,87	13. Mai	56,3	71,5	35,82	—
+ 0,87	9. Juli	38,0	—	36,66	—
+ 0,91	2. Juli	30,9	53,4	37,79	—
+ 0,91	24. Aug.	78,6	—	37,79	—
+ 0,92	14. Mai	48,9	—	38,08	—
+ 0,93	3. Sept.	17,1	—	38,37	—
+ 1,01	22. Jan.	19,2	—	40,71	—
+ 1,10	21. Jan.	14,5	—	43,50	—
+ 1,10	11. März	28,0	—	43,50	—
+ 1,11	5. März	28,5	—	43,81	—
+ 1,11	13. März	53,2	—	43,81	—
+ 1,13	4. März	23,8	—	44,43	—
+ 1,14	12. März	53,0	—	44,74	—
+ 1,14	29. April	37,8	44,4	44,74	—
+ 1,14	30. April	36,3	—	44,74	—
+ 1,18	2. Sept.	10,2	—	45,98	—

Stand des Pegels bei Artlenburg m	Tag der Probenahme 1913	mg Chlormagnesium im Liter (analytisch) nach:		Abflußmengen in Millionen cbm pro Tag nach Dunbar	Tatsächlich erfolgte Messung der Wassermenge cbm/sec
		Noll	Precht		
+ 1,26	23. April	29,5	—	48,58	—
+ 1,28	9. Dez.	19,5	—	49,24	—
+ 1,29	28. Jan.	24,9	—	49,57	—
+ 1,30	22. April	32,1	—	49,90	—
+ 1,30	10. Dez.	25,7	—	49,90	—
+ 1,37	16. Dez.	20,4	50,4	52,21	—
+ 1,42	29. Jan.	31,8	—	53,86	—
+ 1,48 m am Pegel Artlenburg: Mittelwasser					
+ 1,50	26. März	27,3	—	56,50	—
+ 1,51	15. April	32,1	—	56,84	—
+ 1,51	16. April	30,4	—	56,84	—
+ 1,52	26. Febr.	15,7	—	57,18	—
+ 1,54	17. Dez.	25,7	65,8	57,86	—
+ 1,55	25. März	19,7	—	58,20	—
+ 1,58	26. Aug.	29,9	42,8	59,22	—
+ 1,61	19. März	30,9	—	60,25	—
+ 1,62	18. Jan.	26,1	—	60,60	—
+ 1,65	18. März	45,8	—	61,65	—
+ 1,66	25. Febr.	15,4	—	62,00	—
+ 1,74	9. April	29,5	—	64,84	—
+ 1,77	27. Aug.	17,1	33,3	65,92	—
+ 1,81	8. April	29,0	38,0	67,37	—
+ 1,85	6. Febr.	15,9	—	68,85	—
+ 1,90	13. Jan.	17,1	—	70,70	—
+ 1,94	4. Febr.	19,0	—	72,22	—
+ 1,96	1. April	26,6	—	72,98	—
+ 2,17	2. April	18,3	—	81,24	—
+ 2,23	31. Dez.	5,2	—	83,85	—
+ 2,26	10. Febr.	15,2	—	85,20	—
+ 2,28	11. Jan.	15,0	—	86,10	—
+ 2,36	3. Jan.	18,3	—	89,82	—
+ 2,37	23. Dez.	14,3	34,2	90,29	—
+ 2,43	20. Febr.	11,9	—	93,11	—
+ 2,43	30. Dez.	8,8	—	93,11	—
+ 2,49	24. Dez.	10,5	35,2	95,93	—
+ 2,53	12. Febr.	10,2	—	97,81	—
+ 2,80	17. Febr.	9,5	—	111,00	—

Dunbar wird nicht umhin können, anzugeben, auf welcher Grundlage er die Wassermengen berechnete. Seitens preußischer Behörden sind, wie ich zeigte<sup>1)</sup> seit Vertiefung der Elbe überhaupt nur bei sieben verschiedenen Pegelständen Wassermengenmessungen ausgeführt. Von diesen liegen aber nur zwei innerhalb derjenigen Pegelstände, bei welchen Dunbar Proben entnahm. Seitens der hamburgischen Behörden sind aber nach Vertiefung der Elbe überhaupt keine Wassermengenmessungen mehr ausgeführt worden, wenigstens nicht bis Ende des Jahres 1913.

Im übrigen ist zu der Tabelle folgendes zu sagen:

Ganz gleichgültig, welche Stellung man zu der Frage der Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser nimmt, ob man mit einer solchen im erheblichen Umfange rechnet oder nicht, aus den Dunbarschen Zahlen über den Chlormagnesiumgehalt des oberhalb Hamburg entnommenen Elbewassers ergeben sich folgende Tatsachen:

a) Von den 38 Ermittlungen Dunbars nach Precht liegen 32 bei Wasserführungen unter Mittelwasser und nur 6 bei solchen über Mittelwasser.

Von den 108 Ermittlungen Dunbars nach Noll liegen 79 bei Wasserführungen unter Mittelwasser und nur 29 bei solchen über Mittelwasser.

b) Die bei solchen Wasserführungen angestellten Ermittlungen des Chlormagnesiumgehaltes, welche Mittelwasser um 0,5 m über- oder unterschreiten (0,92 bis 1,98 m am Pegel zu Artlenburg), ergaben nach Precht zwischen 33,3 und 65 mg, nach Noll zwischen 5,2 und 53,2 mg Chlormagnesium<sup>2)</sup> in 1 Liter. Im Mittel wurde bei diesen Wasserführungen, die im weiteren Sinne als Mittelwasser der Elbe angesprochen werden sollen, in 1 Liter Elbewasser ein Gehalt an Chlormagnesium nach Precht von 43 mg und nach Noll von 27 mg gefunden.

c) Läßt man, wie es Dunbar in seiner Schlußfolgerung tat, die nach Noll erhaltenen Werte außer acht und benutzt nur die höheren Werte nach Precht, so ergibt sich rechnerisch für alle mittleren Wasserführungen der Elbe ein Chlormagnesiumgehalt des aus einem Gemenge von Elbe- und Grundwasser bestehenden Hamburger Leitungswassers von 32 mg in 1 Liter.

d) Legt man vorsichtshalber nur 110 mg Chlormagnesium als den äußerstenfalls noch zulässigen Gehalt eines Trinkwassers der Berechnung zugrunde, so ergibt sich, daß der Elbe **im Mittel** noch die  $3\frac{1}{2}$ fache Menge Endlaugen zugeleitet werden könnte, welche ihr im Jahre 1913 zugeleitet ist, ohne daß der genannte zulässige Gehalt

<sup>1)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie, Berlin, 1914, Seite 12.

<sup>2)</sup> Richtiger ist natürlich „alkoholische Magnesia nach Precht“ bzw. „Magnesia-Nichtkarbonathärte nach Noll“.

an Chlormagnesium im Hamburger Trinkwasser überschritten werden würde.

e) Hieraus geht hervor, daß vorläufig überhaupt noch keinerlei nachteilige Folgen für das Hamburger Trinkwasserwerk von der Endlaugenableitung im Elbegebiet entstehen können.

Vor Jahresfrist gab ich die Erklärung<sup>1)</sup> ab, daß im Hinblick auf Hamburgs Trinkwasserversorgung die Endlaugenableitung im Elbegebiet noch unbedenklich um das 2- bis 3fache gesteigert werden könne, sofern die Endlaugenableitung besser der jeweiligen Wasserführung der Flüsse angepaßt werde. Letzteres ist möglich durch den Bau großer Aufspeicherungsbehälter und eine scharfe Kontrolle, wie sie in einem Teile des Elbegebiets (Unstrut) schon seit einigen Jahren mit sichtbarem Erfolge<sup>2)</sup> ausgeübt wird. Dunbars neueste Untersuchungsergebnisse bestätigen meine vorjährige Erklärung im vollsten Umfange.

---

<sup>1)</sup> Die Abwässer der Kaliindustrie, Berlin, 1914, Seite 132/133.

<sup>2)</sup> Gelegentliche Überschreitungen des vom Reichsgesundheitsrate noch für zulässig erklärten Gehaltes an Endlaugen im Unstrutwasser sind wohl zumeist darauf zurückzuführen, daß die weimarische Regierung noch immer eine höhere Endlaugenversalzung gestattet.

## Schlußwort

Die in diesem Ergänzungsheft niedergelegten Untersuchungsergebnisse lassen ausnahmslos erkennen, daß die im Jahre 1913 von mir aufgestellten Leitsätze über die Schädlichkeitsgrenze des Chlormagnesiums im Trinkwasser, Fischwasser und Rieselwasser sehr vorsichtig gehalten waren. Sie bestätigen ferner, was ich bezüglich des Einflusses der Kaliendlaugen im Flußwasser auf die Selbstreinigung von organischen, fäulnisfähigen Stoffen sagte, und bringen vor allen Dingen ein reichhaltiges Beweismaterial über den Umfang der Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser. Darüber hinaus kann über diese Punkte auf Grund der vorgetragenen Untersuchungsergebnisse noch folgendes gesagt werden:

### Trinkwasser

Wenn auch daran festgehalten werden darf, daß ein Trinkwasser mit 0,168 g, ja unter Umständen auch noch ein solches mit 0,200 g Chlormagnesium ( $MgCl_2$ ) in 1 Liter als unschädlich zugelassen werden könnte, so empfiehlt es sich doch, bei der Endlaugenableitung aus praktischen Gründen an der Grenze von 0,110 g in 1 Liter des zum Trinken benutzten Elbe- bzw. Weserwassers festzuhalten, diese Menge aber auch ohne jede Einschränkung und unter Betonung der Tatsache, daß eine gelegentliche geringe Überschreitung noch keine nachteiligen Folgen hat, im vollen Umfange zuzulassen. Damit trägt man den auch trotz aller Kontrolle immer noch innerhalb gewisser Grenzen unvermeidlichen Schwankungen des Endlaugengehaltes im Flußwasser weitgehendst Rechnung und zwar umsomehr, als nur die am Unterlaufe unserer großen Ströme gelegenen Städte Magdeburg, Hamburg und Bremen Flußwasser als solches zur Trinkwasserversorgung benutzen, die Erfahrung aber lehrt, daß die Schwankungen des Salzgehaltes im Flußwasser sich stromabwärts mehr und mehr ausgleichen.

Meine in diesem Hefte niedergelegten Flußwasseruntersuchungen lassen erkennen, daß während der Untersuchungszeit (November 1912 bis Juli bzw. November 1914) die Endlaugenmengen an den Unter-

suchungsstellen durchweg mäßige waren. Der Grenzgehalt von 0,110 g Chlormagnesium in 1 Liter konnte deshalb in dem von Magdeburg und Bremen geschöpften Flußwasser auch nicht einmal während der Zeit niedrigster Wasserführung erreicht werden.

Bezüglich des für die Trinkwasserversorgung Hamburgs geschöpften Elbewassers geht aus den von Dunbar im großen Umfange durchgeführten Untersuchungen dasselbe hervor. Diese Untersuchungen lassen in eindeutigster Weise erkennen, daß mit Rücksicht auf Hamburgs Trinkwasserversorgung die Endlaugenableitung im Elbegebiet noch unbedenklich um das 2—3fache gesteigert werden könnte, sofern überall möglichst weitgehende Anpassung der Endlaugenableitung an die Wasserführung der Flüsse erfolgt. Das kann durch den Bau großer Aufspeicherungsbehälter und durch allgemeine Einführung einer solchen Kontrolle erfolgen, wie sie im Unstrutgebiet schon seit einigen Jahren mit sichtbarem Erfolge ausgeübt wird.

### Fischwasser

Alle neueren Untersuchungen haben bestätigt, daß ein Gehalt des Flußwassers an Endlaugen bis zu 3,5 g Chlormagnesium in 1 Liter entsprechend rund 200 deutschen Härtegraden einen nachteiligen Einfluß auf die biologischen Vorgänge im Flußwasser nicht ausüben kann, so daß dadurch also auch ein ungünstiger Einfluß auf die Fischnahrung nicht entstehen kann. Da die Schädlichkeitsgrenze für die Fische selbst noch erheblich höher liegt, so kann festgestellt werden, daß mit Rücksicht auf das Fischleben eine Verhärtung des Flußwassers durch Kaliendlaugen bis zu 200 deutschen Graden unbedenklich ist.

### Riesel-, Stau- und Überschwemmungswiesen

Die systematischen dreijährigen Untersuchungen von Stutzer und Haupt haben in überraschender Eindeutigkeit erkennen lassen, daß selbst für schwerere Bodenarten, wie sie insbesondere in den Tälern der Unstrut und Leine anzutreffen sind, eine erheblich größere Verhärtung des Wiesenbewässerungswassers mit Endlaugen zulässig ist als bis dahin in weiten Kreisen angenommen wurde. Sie bilden eine volle Bestätigung dafür, daß die im Jahre 1913 von mir für solche Bodenarten aufgestellten Grenzzahlen sehr vorsichtig gewählt waren. Danach darf man deshalb daran festhalten, daß für Wiesen mit schweren tonigen oder lehmigen Bodenarten unbedenklich eine Anreicherung des Bewässerungswassers mit Kaliendlaugen erfolgen kann, welche auf 1 Liter entspricht:



- a) bei guten Entwässerungsverhältnissen: 1,5 g Chlormagnesium oder rund 90 deutschen Härtegraden,
- b) bei mäßigen Entwässerungsverhältnissen: 1,0 g Chlormagnesium oder rund 60 deutschen Härtegraden,
- c) bei sehr schlechten Entwässerungsverhältnissen: 0,5 g Chlormagnesium oder rund 30 deutschen Härtegraden.

### Abscheidung des Magnesiums im Flußwasser

Es muß als sicher bezeichnet werden, daß ein Teil des dem Flußwasser mit den Kaliendlaugen zugeführten Chlormagnesiums wieder ausgeschieden wird. Einen hervorragenden Beweis hierfür bilden die umfangreichen Untersuchungen des Saale- und Elbewassers, welche Dunbar in den letzten Jahren ausführte. Dunbar selbst gibt im Texte seiner beiden darüber erstatteten Gutachten auch ausdrücklich an, daß eine solche Abscheidung erfolgt. Nur in seinen Leitsätzen spricht er sich im gegenteiligen Sinne aus, ohne eine Erklärung für diesen Widerspruch zu geben. Dafür ist dann aber hinterher sein Mitarbeiter Noll mit einer Erklärung vor die Öffentlichkeit getreten, in der in ganz klarer, eindeutiger Weise mit aller Entschiedenheit ausgesprochen wird, daß ein „beträchtlicher Teil“ des Magnesiums aus den Kaliendlaugen in den Flüssen verloren gehe.

Über den Umfang der Ausscheidung des Magnesiums können auch jetzt noch keine sicheren Zahlen genannt werden. Meine Angaben, die ich darüber im Jahre 1913 machte, halte ich auch heute noch für zutreffend. Danach handelt es sich also jedenfalls um praktisch beachtliche Mengen. Ob diese aber durchweg so groß sind, wie ich sie in Einzelfällen ermittelt zu haben glaube (bis zu 50%), erscheint noch recht zweifelhaft. In Übereinstimmung damit lassen die Dunbarschen Untersuchungsergebnisse die Folgerung zu, daß wohl mindestens  $\frac{1}{3}$  des der Elbe und ihren Nebenflüssen mit den Kaliabwässern usw. zugeleiteten Magnesiums auf dem Wege bis Hamburg wieder ausgeschieden wird. Das deckt sich auch mit der Erläuterung, welche Dunbar und Noll darüber geben. Ersterer schreibt, daß das Magnesium sich „mindestens zum größeren Teil“ noch habe im Elbewasser bei Hamburg nachweisen lassen. Noll sagt, daß ein „beträchtlicher“ Teil dieses Magnesiums verloren gehe.

## Register

- Allerwasser 62  
von Alten, Hermann — 17, 34  
Artlenburg, Pegel bei — 94, 96
- Beckurts 38, 72  
Biologische Untersuchungen 17, 25, 29, 34  
Bodewasser 86
- Carnallitförderung 1  
—verarbeitung 1  
Chlorcalcium 77, 81, 87  
Cronheim, W. — 17, 29, 67
- Dunbar 6, 13, 68, 83, 86, 92
- Elbewasser 69, 92  
Erdmann 72
- Fischnahrung 15  
Fischwasser 15, 100  
Folgerungen 14, 41, 59, 91  
Fresenius, Ludwig R. — 17, 18, 66
- Gärtner, Wolf — 6  
Grizehne 71, 75, 78, 81  
Grubenwasser 79, 80
- Hartsalzförderung 1  
Haupt, W. — 43, 55, 90  
Helfer, Herm. — 17, 25  
Heyer 4, 12  
Hirsch, Erwin — 17, 29, 67  
Hofer 24, 25, 37  
Hydrobiologische Untersuchungen 17
- Kaffeewasser 5  
Kali, Auflösung von — im Erdboden 53  
Kalk, Auflösung von — im Erdboden 53  
Kieseritwaschwasser 79, 80  
König 43
- Leinewiesen 45, 48, 90  
Leopoldshall, Trinkwasser 4, 6
- Magnesium, Abscheidung im Flußwasser  
68, 86, 101  
Müller, Arno — 17, 18, 66
- Nitratbildner 21  
Noll, H. — 70, 74, 76, 83, 88, 97
- Okerwasser 34
- Plankton 15, 25, 28  
Precht 76, 83, 85, 88, 97
- Rieselwiesen 42, 100  
Rohland 37
- Saalewasser 63, 64, 70  
Selbstentsalzung 68, 86, 101  
Selbstreinigung von organischen Stoffen  
18, 32, 66  
Sodafabriken 77, 78  
Schachtwasser 79, 80  
Schlußwort 99  
Schunterwasser 34  
Staßfurt, Trinkwasser 6  
Stauwiesen 42, 100  
Stutzer, A. — 43, 55, 90
- Teewasser 5  
Trinkwasser 3, 6, 99  
Tropfkörper, Versuche mit biologischen  
—n 18
- Überschwemmungswiesen 42, 100  
Unstrut, Feldversuche 51, 90  
—wasser 25
- Wassermengenmessungen 93  
Weserwasser 61  
Wiesen, Versuche mit Endlaugen 45, 47  
Wipperwasser 25  
Wipperwiesen 45, 47, 90

**Wasser und Abwasser.** Zentralblatt für Wasserversorgung und Beseitigung flüssiger und fester Abfallstoffe, herausgegeben von **Kgl. Baurat Dr. ing. A. Schiele** und **Dr. R. Weldert**, Mitgliedern der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene in Dahlem.

*Erscheint in etwa alle 3 Wochen aufeinanderfolgenden Heften. Ca. 40 Bogen bilden einen Band zum Preise von 30 Mk. Band I—VIII liegen abgeschlossen vor; Bd. IX befindet sich im Erscheinen.*

**Einführung in die Mykologie der Gebrauchs- und Abwässer** von **Professor Dr. Alexander Kossowicz**. Mit 62 Textabbildungen. In Ganzleinen gebunden 7 Mk. 60 Pfg.

**Praktikum der chemischen, biologischen und bakteriologischen Wasseruntersuchung** von **Professor Dr. O. Emmerling**, wissenschaftlichem Mitarbeiter an der Kgl. Landesanstalt für Wasserhygiene. Mit 171 Abbildungen im Text. Gebunden 7 Mk. 20 Pfg.

**Über die Einwirkung von Wasser und Natronlauge auf Baumwollzellulose** von **Dr.-Ing. Michael Robinoff**. Mit 8 Abbildungen. Geheftet 3 Mk. 60 Pfg.

### **Sammlung naturwissenschaftlicher Praktika.**

Band VII: **Praktikum der Süßwasserbiologie. I. Tiere und Pflanzen der fließenden Gewässer** von **Dr. Paul Steinmann**, Professor an der Kantonsschule Aarau. Mit Beiträgen von **Dr. R. Siegrist** und **Dr. H. Gams**. Mit zahlreichen Textabbildungen. Gebunden etwa 6 Mk.

*In Vorbereitung*

**Die Abwässer aus der Kaliindustrie, ihre Beseitigung sowie ihre Einwirkung in und an den Wasserläufen.** Mit den Mitteln der Jubiläums-Stiftung der Deutschen Industrie durchgeführte Arbeit von **Professor Dr. J. H. Vogel.**

In solidem Halbfranzband 31 Mk. 50 Pfg.

**Die Abwässer der Kaliindustrie** von **Professor Dr. J. H. Vogel.** Zugleich eine Kritik des im April 1913 unter dem gleichen Titel erschienenen Gutachtens von Professor Dr. Dunbar, Direktor des staatl. hygienischen Instituts in Hamburg, betr. die Versalzung der Flüsse durch die Abwässer der Kaliindustrie.

Gebunden 8 Mk. 50 Pfg.



Verlag des Polytechnischen Institutes in Berlin W 7

Die Abwässer aus der Kaliindustrie, ihre  
Beseitigung sowie ihre Einwirkung in und  
an den Wasserläufen. Von Dr. Max  
Klein, Ingenieur an der Deutschen Kaiserlichen  
Technischen Hochschule in Hannover.

Erste Auflage, 1907, 120 Seiten, 1,50 M.

Die Abwässer der Kaliindustrie

von Dr. F. H. Vogel, Zwickau, aus dem Jahre 1913  
entnommen dem gleichen Werk "Abwässer der  
Chemischen Industrie", Direktor des Staatlichen  
Technischen Instituts in Hannover, über die Verwertung der Abwässer  
durch die Abwässer der Kaliindustrie.

Preis 1,50 M.

Ausführliche Verlagsverzeichnis unter 110



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297568