

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

2067

Die Abwässer im Wesergebiete

Erwiderung
gegen Tjadens Beurteilung meiner
Denkschrift über die
einheitliche Bewirtschaftung der
Abwassereinleitungen

Von

Dr.-Ing. H. Keller

Wirklichem Geheimen Oberbaurat



Berlin 1918 * Ernst Siegfried Mittler und Sohn
Königliche Hofbuchhandlung

G. 56

84

1884

G. 56. 84

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297240

Die Kaliabwässer im Wesergebiete

Erwiderung gegen Tjadens Beurteilung
meiner Denkschrift über die
einheitliche Bewirtschaftung
der Abwassereinleitungen

Von

Dr.-Ing. H. Keller
Wirklichem Geheimen Oberbaurat



/32248/

BERLIN 1918

Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Königliche Hofbuchhandlung
Kochstraße 68-71

1847

Die Kalkwässer
im Wesergebiete

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

112067

112067

Akc. Nr. 837/49

Vorwort.

Als früherer Mitberichterstatter für das Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den zulässigen Kalisalzgehalt der Unteren Weser bei Bremen hatte ich Veranlassung, außer den gewässerkundlichen auch die chemischen Verhältnisse der Zusammensetzung des Weserwassers aus den Beiträgen der wichtigsten Zuflüsse zu untersuchen. Nachdem vorauszusehen war, daß die Begutachtung nicht zum Abschluß gelangen würde, bevor ich beim Ausscheiden aus dem Staatsdienst auch aus dem Reichsgesundheitsrate ausscheiden mußte, entschloß ich mich, meine Gedanken über die einheitliche Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen im Wesergebiete in einer Denkschrift niederzulegen, die am 1. Mai 1917 handschriftlich beendet wurde. Jedoch ist sie erst nach meinem Dienstaustritt als ein an den Verein der deutschen Kaliinteressenten erstattetes Gutachten im Juli v. J. durch Druck vervielfältigt worden. Diese zunächst als Handschrift in wenigen Abzügen gedruckte Denkschrift hatte ich dem Herrn Präsidenten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes vorgelegt mit dem Anheimgeben, sie für die Zwecke des Weser-Gutachtens zu verwenden. Einige Zeit nach der Drucklegung wurde mir der Wunsch ausgesprochen, als Mitberichterstatter mit Sitz und Stimme bei der Beratung tätig zu bleiben. Obgleich ich mich hierzu gern bereit erklärt hatte, sah ich mich aber leider zum Verzicht auf die weitere Mitwirkung genötigt, nachdem mir im März d. J. der vom chemischen Mitberichterstatter verfaßte Entwurf zum zweiten Teile des Weser-Gutachtens bekannt geworden und ein Versuch zur Ausgleichung unserer einander widersprechenden Ansichten nicht gelungen war.

Die wichtigste Meinungsverschiedenheit bezog sich auf den in meiner Denkschrift geführten Nachweis einer seit 1883/84 eingetretenen bedeutenden Zunahme der natürlichen Härte des Weserwassers, den der chemische Mitberichterstatter widerlegt

zu haben glaubte, wogegen ich diese Widerlegung als richtig nicht anzuerkennen vermochte. Bald danach übersandte mir die Bremer Senatskommission für Kaliangelegenheiten eine gedruckte Beurteilung meiner Weser-Denkschrift durch Herrn Obermedizinalrat Prof. Dr. Tjaden, die gleichfalls eine Zunahme der natürlichen Härte des Weserwassers in Abrede stellt. Diese Beurteilung war mir schon seit längerer Zeit bekannt, da ihr Wortlaut als Schriftsatz für eine beim Königlichen Landeswasseramte verhandelte Wasserstreitsache verwandt worden war. Sie hat mit der zuerst erwähnten, meinem Nachweise widersprechenden Darlegung nur eines gemein; beide haben meine Beweisführung mißverstanden. Um ganz sicher zu gehen, daß das Mißverständnis nicht etwa auf meiner Seite liegt, habe ich den früher bereits doppelt geführten Beweis nochmals wiederholt und wiederum dieselben Ergebnisse im ganzen und im einzelnen erhalten. Dies veranlaßt mich zur nochmaligen Veröffentlichung der Ergebnisse, diesmal mit Beifügung aller Unterlagen und bildlicher Darstellungen, um das Verständnis zu erleichtern.

Die Frage, wie groß die natürliche Härte der Weser jetzt ist im Gegensatz zur früheren Zeit, als das Flußwasser noch endlaugenfrei war, hat hauptsächlich deshalb hohe Bedeutung, weil die einheitliche Bewirtschaftung der Abwassereinleitungen ohne richtige Kenntnis der natürlichen Härte unmöglich wäre. Demgegenüber halte ich es für nebensächlich, daß die Tatsache einer Zunahme der natürlichen Härte eigentlich eine Erhöhung der im ersten Teile des Weser-Gutachtens vom Reichsgesundheitsrate für die Untere Weser festgesetzten Gesamthärtengrenze um mindestens zwei deutsche Härtegrade bedingen würde. Nach der wiederholten Beweisführung in den vier ersten Abschnitten der vorliegenden Erwiderung habe ich daher im 5. Abschnitt einen neuen Wirtschaftsplan für die Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen mitgeteilt, wobei auf eine Erhöhung der Gesamthärtengrenze von 20 auf 22° verzichtet ist. Dagegen halte ich die in meiner Weser-Denkschrift gleichfalls empfohlene Erhöhung der Grenze des zulässigen Chlorgehaltes für notwendig, um den seit Erstattung des Teilgutachtens wesentlich veränderten Verhältnissen Rechnung zu tragen. Namentlich erscheint eine solche Erhöhung geboten, um die von den Aufsichtsbehörden für zulässig erachtete

Vermehrung der chlornatriumhaltigen Kaliabwässer aus dem Werra- und Fuldagebiete im einheitlichen Wirtschaftsplan berücksichtigen zu können. Auf den Nachweis, daß sich die Ziele der Carnallitwerke und der auf Abwassereinleitungen angewiesenen Hartsalzwerke vereinigen lassen, lege ich hauptsächlich Gewicht.

Die Frage, wie groß die natürliche Härte der Weser jetzt ist, war vor der Erstattung des Teilgutachtens nicht untersucht und ihre Beantwortung durch die Annahme ersetzt worden, die in Tjadens 1915 erschienenem Buche „Die Kaliindustrie und ihre Abwässer“ mitgeteilt, aber schon in seinem Gutachten über die Weserversalzung von 1912 enthaltenen Angaben seien ausreichende Unterlagen. Meine Erforschung der früheren und jetzigen Beziehungen zwischen den Härtegraden und den Abflusmengen der Unteren Weser hatte erwiesen, daß diese Angaben über die Härte des endlaugenfreien Weserwassers ungenau sind und keinesfalls für die künstliche Regelung des Salzgehaltes bei der einheitlichen Bewirtschaftung der Abwassereinleitungen benutzt werden dürfen, weil die natürliche Härte erheblich zugenommen hat. Selbstverständlich mußte ich daher bei der Veröffentlichung meines Vorschlages für diese einheitliche Bewirtschaftung auch Stellung nehmen gegen die irreführenden Angaben des Kaliindustriebuches und die daraus gezogenen irrigen Schlußfolgerungen.

Wenn der Herr Präsident des Kaiserlichen Gesundheitsamtes dies als einen bedenklichen Angriff gegen das erste Weser-Gutachten erachtet hätte, so wäre es nötig gewesen, mich rechtzeitig über seine Auffassung zu unterrichten. Denn ich hatte ihm die Denkschrift in handschriftlichem Drucke überreicht und würde gern erbötig gewesen sein, auf seine Bedenken im weitesten Maße Rücksicht zu nehmen. Erst lange nachher, im März d. J., erfuhr ich zu meinem Bedauern, daß er meine Veröffentlichung für ein Auftreten gegen das Teilgutachten des Reichsgesundheitsrates ansieht und meint, dies sei „ein bisher, solange der Reichsgesundheitsrat besteht, ungewöhnliches Verfahren“. Diese mir erst nachträglich bekannt gewordene Auffassung befremdet mich schon deshalb, weil meine Einwendungen sich gegen Angaben richten, die gar nicht vom Berichterstatter des Teilgutachtens herrühren, sondern von ihm dem Tjadenschen Gutachten von 1912 in gutem Glauben entnommen sind. Diese irreführenden

Angaben finden sich auch in dem 1915 buchhändlerisch verbreiteten Kaliindustriebuche und sind der öffentlichen Beurteilung überlassen, ebenso das im März 1916 veröffentlichte erste Weser-gutachten. Übrigens war ich nicht mehr Mitglied des Reichsgesundheitsrates, als meine Weser-Denkschrift erschien, wohl aber Tjaden, als er gegen dieses Gutachten in scharfer Weise auftrat.

Nach einer mir vorliegenden Druckschrift hat die Bremer Senatskommission für Kaliangelegenheiten am 28. August 1915 dem Herrn Reichskanzler ihre Ansicht vorgetragen, im Teilgutachten sei ein „gründlich durchgearbeitetes und gründlich durchberatenes, unanfechtbares Gutachten nicht zu erblicken“. Dieser Meinungsäußerung war eine von Tjaden verfaßte Begründung beigefügt. Der hier geäußerten Ansicht schließe ich mich nicht an, sondern halte das Teilgutachten für wohlwogen. Sein einziger Mangel besteht in der gutgläubigen Voraussetzung, die im Kaliindustriebuche der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemachten Ermittlungen über den Zustand des endlaugenfreien Weserwassers seien richtig und maßgebend für die jetzige natürliche Härte. Daß die Chlorgrenze zu niedrig festgesetzt ist, geht aus neueren Vorgängen hervor, die der Beurteilung im Jahre 1914 noch nicht unterlegen hatten. Meine Erwiderung richtet sich gegen jene irreführenden Angaben, gegen die Beurteilung meiner Weser-Denkschrift durch Tjaden, nicht minder aber auch gegen die Schlußfolgerungen seines Kaliindustriebuches, das die Einwirkung der Kaliabwässer auf das Weserwasser nicht zutreffend darstellt.

Berlin-Dahlem, am 9. Juni 1918.

Inhalt.

	Seite
Vorwort	III
1. Jetziger Salzgehalt der Unteren Weser	1
2. Früherer Salzgehalt der Unteren Weser	10
3. Frühere und jetzige Härtegrade der Unteren Weser. Zunahme der natürlichen Härte	18
4. Früherer und jetziger Chlorgehalt der Unteren Weser. Zunahme des Chlorgehaltes	22
5. Entwicklungsmöglichkeit der Kalisalzverarbeitung mit Abwassereinleitungen im Wesergebiete	27
6. Tjadens Beurteilung meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917	38
7. Erwiderung auf Tjadens Beurteilung	48
a) Tjadens falsche Darstellung des Ganges meiner Beweisführung . .	49
b) Tjadens irreführende Angaben über die frühere natürliche Härte der Unteren Weser	53
c) Tjadens falsche Behauptung über meine angebliche Verwechslung von Rohsalz und Carnallit	62

Anhang.

7 Zahlentafeln und 3 Abbildungen.

1. Jetziger Salzgehalt der Unteren Weser.

Der Salzgehalt eines Flusses, mit dem beim Betrachten der Belastung des Flußwassers durch die Kaliabwässer zu rechnen ist, besteht aus den auf seinen Härtegrad einwirkenden Beimengungen der aufgelösten Kalk- und Magnesiumsalze sowie aus dem Chlorgehalt. Durch die Einleitung der Kaliabwässer, die bei der Carnallitverarbeitung erzeugt werden, hat die vorher bereits im Wasser der Unteren Weser vorhanden gewesene (natürliche) Magnesiumhärte eine bedeutende Zunahme erfahren, wogegen die Kalkhärte auf diesem Wege nicht erhöht worden sein kann. Wenn trotzdem die Kalkhärte bei einer bestimmten Art der Wasserführung jetzt größer ist, als sie vor der Einleitung von Endlaugen der Carnallitverarbeitung war, so beweist dies, daß die natürliche Härte des Flußwassers gegen früher zugenommen hat. Dann wird anzunehmen sein, daß auch die natürliche Magnesiumhärte nicht mehr ebenso groß wie früher ist, weil dieselben Ursachen, die auf eine Vermehrung der Kalkhärte einwirken, gleichfalls eine Vermehrung der Magnesiumhärte hervorzurufen geeignet sind. Die Erhöhung des Chlorgehaltes der Unteren Weser rührt nur teilweise von den Endlaugen der Carnallitverarbeitung und den in Verbindung damit stehenden sonstigen Kaliabwässern her. Durch sie wird vor allem die Menge des Chlormagnesiums im Flußwasser vergrößert, während der Gehalt an Chlornatrium in stärkerem Maße gesteigert worden ist, als dies die von den Carnallitwerken hinzugebrachten Kieseritwaschwässer und Schachtwässer verursacht haben können. Ein geringer Teil der Zunahme des Chlorgehaltes wird auf Chloride entfallen, die bei jener Vermehrung der natürlichen Flußwasserhärte in die Zuflüsse der Weser gelangt sind. Sehr viel größer ist der Betrag an Chlornatrium, also auch der Chlor-Mehrbetrag, der vornehmlich von den Abwässern der Hart-salzwerke im Werra- und Fuldagebiete herrührt.

Um ein richtiges Bild über die Abstammung des Salzgehaltes bei den verschiedenen Arten der Wasserführung zu gewinnen, müssen diese Wasserführungen voneinander unterschieden, aber in einer Übersicht miteinander verglichen werden. Daß die Größe des Salzgehaltes im allgemeinen um so mehr zunimmt, je geringer die sekundliche Abflußmenge eines Flusses ist, und daß sie sich mit dem Wachsen der sekundlichen Abflußmenge vermindert, wird wohl von niemandem bestritten. Ohne weiteres versteht sich dies von selbst für die künstliche Einleitung der Kaliendlaugen. Da die Carnallitwerke sich bestreben, ihren Betrieb mit möglichst geringen Schwankungen gleichmäßig im ganzen Jahre durchzuführen, und weil die zeitweilige Zurückhaltung von Abwässern in besonderen Abwasserbecken einstweilen im Wesergebiete keine erhebliche Rolle spielt, so erhalten die Zuflüsse der Weser im großen und ganzen an jedem Kalendertage eines Arbeitsjahres ungefähr so viel Abwässer, wie der auf die 365 Kalendertage gleichmäßig verteilten Jahresverarbeitung an Rohcarnallit entspricht. Denn man darf annehmen, daß die an 300 Arbeitstagen erzeugten Abwässer ziemlich gleichmäßig abfließen. Die werktägliche Tagesverarbeitung ist daher im Verhältnis von $365 : 300 = 1,215 : 1$ größer als die auf den Kalendertag bezogene Tagesverarbeitung. Ebenso ist eine bestimmte Annahme über die Beschaffenheit der Abwässer zu machen, die nicht für alle gleichartigen Kaliwerke und nicht für alle Tage genau zutrifft. Jedoch sind die Verschiedenheiten nicht so bedeutend, daß die Gesamtwirkung auf die Untere Weser durch die Wahl der Annahmen falsch dargestellt würde, wenn man die gebräuchlichen Werte wählt.

Größere Verschiedenheiten entstehen dadurch, daß die Wasserführungen der Unteren Weser nicht völlig dasselbe bedeuten wie die sekundlichen Abflußmengen dieser Flußstrecke. An jedem Tage hängt die Abflußmenge der Unteren Weser von der Beisteuer ab, die jeder Zufluß liefert. Die von den einzelnen Zuflüssen stammenden Beiträge zu einer bestimmten Summe sind aber nicht zu allen Zeiten gleich groß. Vielmehr wirkt auf die Wasserführung an einem beliebigen Tage auch wesentlich ein, ob und inwieweit der gesamte Abflußvorgang des Wesergebietes mit den Durchschnittsbeziehungen zwischen den Zuflüssen und der Unteren Weser übereinstimmt oder sich von ihnen entfernt. Nur für die

zu den Durchschnittsbeziehungen gehörigen normalen Wasserführungen gelten die in der Zahlentafel I meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 in kurzem Auszuge mitgeteilten gleichwertigen Abflußmengen der Unteren Weser und ihrer wichtigsten Zuflüsse.

Gleichwertig sind die Abflußmengen, die an verschiedenen Meßstellen des Hauptflusses und der Zuflüsse mit derselben Häufigkeit über- oder unterschritten werden. Sie sind für die 15jährige Beobachtungsreihe 1896/1910 als Normalwerte ermittelt. Die gewöhnliche Abflußmenge der Unteren Weser, die in diesen Jahren ebenso oft überschritten, wie nicht erreicht worden ist, unterscheidet sich nur unwesentlich von der im Durchschnittsjahre an 180 Tagen unterschrittenen Abflußmenge 242 cbm/sek. Bei normaler Wasserführung gehören hierzu die gleichwertigen gewöhnlichen Abflußmengen 33 cbm/sek bei der Werra und 95 cbm/sek bei der Aller an ihren Mündungen, zusammen 128 cbm/sek bei diesen beiden Flüssen, die als Vorfluter der Versalzungsgebiete dienen, während 114 cbm/sek auf die als Verdünnungsgebiete zu betrachtenden Gebiete der Fulda und der übrigen Flußläufe des Wesergebietes kommen. (Das Fuldagebiet ist zu den Verdünnungsgebieten gerechnet, weil für seinen größten Teil keine Einleitung von Kaliabwässern zu erwarten ist.) Weicht der Abflußvorgang in einem bestimmten Zeitpunkte vom normalen derart ab, daß die Werra und Aller weniger, aber die Vorfluter der Verdünnungsgebiete mehr Wasser in der Sekunde liefern, so empfängt die Untere Weser bei derselben Abflußmenge 242 cbm/sek durch das Überwiegen der Werra und Aller einen stärkeren Salzgehalt als bei der normalen Wasserführung.

Schon hieraus ergibt sich, daß bei einer und derselben sekundlichen Abflußmenge der Unteren Weser nicht jederzeit einundieselbe Größe des Salzgehaltes erwartet werden kann. Ganz abgesehen von den unvermeidlichen Ungenauigkeiten bei den Messungen und Ermittlungen der Härtegrade, des Chlorgehaltes und der Abflußmengen, sind schon deshalb Unterschiede im Salzgehalte unvermeidlich, weil das Weserwasser unterhalb der Allermündung sich in verschiedener Weise aus der Aller und Mittleren Weser, das Allerwasser sich in verschiedener Weise aus der Leine und den anderen Wasserläufen des Allergebietes zusammensetzen kann.

Solche Unterschiede waren jedoch bereits vorhanden, ehe die Kaliwerke ihre Abwässer in die Zuflüsse der Weser eingeleitet haben. Durch die Abwassereinleitungen, die nicht nach einheitlichen Gesichtspunkten bewirkt werden, sind die Schwankungen des Salzgehaltes verstärkt, aber nicht erzeugt worden. Von jeher hat das verschiedene Maß der natürlichen Härte und des natürlichen Chlorgehaltes der einzelnen Zuflüsse, das mit ihren Abflussumengen wechselt, ähnliche Unterschiede bei der natürlichen Härte und dem natürlichen Chlorgehalt der Unteren Weser veranlaßt. Wenn das von Natur härtere Leinewasser über das von Natur weichere Wasser der Allerszuflüsse aus der Lüneburger Heide erheblich überwog, so war auch früher das noch kaliabwasserfreie Wasser der Unteren Weser überdurchschnittlich hart. Und seine Härte blieb unter dem Durchschnitt, wenn eine winterliche Anschwellung der Unteren Weser hauptsächlich von der vorzeitigen Schneeschmelze im Flachlande hervorgerufen wurde. Je nach dem Abflußvorgang wechselt die natürliche Härte, auch mit den Jahren.

Die Bezeichnung „unter dem Durchschnitt“ bezieht sich hier und sinngemäß an anderen Stellen dieser Schrift, wo vom Durchschnittsverhalten der Wasserläufe gesprochen wird, nicht etwa auf den Gesamtmittelwert der Härte des Flußwassers oder auf die gesamte mittlere Abflußmenge. Als Durchschnitt in den Beziehungen zwischen der Abflußmenge und dem Salzgehalte an einer beliebigen Stelle des Flusses, z. B. bei der Unteren Weser oberhalb Bremen, gilt die bei normaler Wasserführung für eine bestimmte Abflußmenge bestehende Beziehung zur natürlichen Härte, zur Kalkhärte, zur natürlichen Magnesiahärte, zum künstlichen Magnesia-Härtezusatz, zur Gesamthärte usw. Für die durch Einleitung der Kaliabwässer verursachten Änderungen muß bei der Ermittlung der Durchschnittsbeziehungen beachtet werden, wie groß die Jahresverarbeitung an Carnallit gewesen ist. Im übrigen richtet sich die Größe des künstlichen Magnesia-Härtezusatzes bei normaler Wasserführung nach dem Verdünnungsgrade. Bei gleichmäßiger Abwassereinleitung fällt der Härtezusatz sehr groß aus, solange die Weser geringe Wassermengen abführt, weil die Kaliabwässer dann wenig verdünnt werden. Je mehr die Abflußmenge wächst, um so stärker werden die Kaliabwässer verdünnt, und um so kleiner ist der Härtezusatz.

Beispielsweise hat im letzten Friedensjahre 1913 die Carnallit-Jahresverarbeitung im Wesergebiete nach den Mitteilungen des Kalisyndikats 16,07 Millionen dz (44 Tausend dz am Kalendertage) betragen, wobei den Weserzufflüssen im ganzen 803 500 dz Magnesium zugeführt worden sind, wenn je 1000 dz Carnallit 50 cbm Endlauge mit je 100 kg/cbm Magnesium liefern. Allerdings entstehen bei der Verarbeitung von Rohsalz mit geringerem Magnesiumchloridgehalte weniger Endlaugen. Dies wird aber ausgeglichen durch die Zuführung von Magnesium, das in den bei der Darstellung von Kaliumsulfat und Kaliummagnesiumsulfat erzeugten Endlaugen oder als Magnesiumsulfat in die Vorfluter gelangt. Am Kalendertage erhielt also die Untere Weser 2200 dz Magnesium, das je nach dem Zustande der Wasserführung mehr oder weniger stark verdünnt war. Die gewöhnliche Abflußmenge des Kalenderjahres 1913, die an der Hälfte der Tage dieses Jahres unterschritten wurde, war etwas kleiner als im Mittel der Jahresreihe 1896/1910; sie hat statt 242 nur 230 cbm/sek betragen. Am Durchschnittstage dieses Jahres waren mithin 220 000 kg Magnesium an 86 400 Sekunden in je 230 cbm/sek Weserwasser aufgelöst, was einem Magnesiumgehalte von durchschnittlich 0,011 kg/cbm oder 11,0 mg/l entspricht. Da ein deutscher Härtegrad gleich 4,28 mg/l Magnesium ist, so ergibt dieser Magnesiumgehalt den Magnesiahärtezusatz auf 2,6° für 230 cbm/sek Abflußmenge. Vermindert sich die Abflußmenge auf die Hälfte, so erhöht sich der Härtezusatz auf 5,2°, und vermehrt sie sich auf das Doppelte, so nimmt der Härtezusatz auf 1,3° ab. Unter normalen Bedingungen stehen die Härtezusatzgrade zueinander im umgekehrten Verhältnis wie die Abflußmengen.

Wie groß die Gesamthärten bei verschiedenen großen Abflußmengen im Jahre 1913 gewesen sind, ergibt sich für die Untere Weser bei Bremen aus 34 Analysen des Weserwassers, die Tjaden auf S. 87 seines Kaliindustriebuches mitgeteilt hat, beginnend mit 19,2° und 20,1° Gesamthärte bei 120 cbm/sek und endigend mit 9,7° Gesamthärte bei etwa 690 cbm/sek Abflußmenge. Zur Erläuterung bemerkt er, die chemische Zusammensetzung des Weserwassers schwanke bei gleichen Pegelständen nicht unwesentlich, weil Salzwellen durchlaufen; die Ungleichheiten seien nicht etwa durch Analysenfehler verursacht. Wie oben erwähnt,

ist bei gleichen Pegelständen oft das Weserwasser tatsächlich an verschiedenen Tagen aus den einzelnen Zuflüssen in verschiedener Weise zusammengesetzt und deshalb eine genaue Gleichheit der zugehörigen Gesamthärtegrade gar nicht zu verlangen. Die Abweichungen von der bei normaler Wasserführung einer bestimmten Abflußmenge entsprechenden normalen Gesamthärte birgt selbstverständlich auch die unvermeidbaren Fehler der Härte- und Abflußmengen-Ermittlungen in sich. Vor allem richtet sie sich aber danach, wie das Weserwasser am Tage der Probeentnahme aus den Zuflüssen zusammengesetzt war, und nach der chemischen Beschaffenheit des in den Zuflüssen vorhandenen Wassers, dessen Härteverhältnisse in weiten Grenzen schwanken. Nicht nur die durch Einleitungen von Kaliabwässern verursachten Härtezusätze unterliegen solchen Schwankungen, sondern auch die natürlichen Härten der Zuflüsse. Nach dem Leine-Gutachten der Landesanstalt für Wasserhygiene vom 30. April 1917 soll die mittlere natürliche Härte der Leine oberhalb Hannover bei der geringsten Abflußmenge 28° und bei großem Hochwasser nur 4° betragen. Wenn die Schwankungsgröße auch etwas überschätzt sein mag, so geht aus diesem Hinweis auf den wasserreichsten Zufluß des Wesergebietes doch hervor, daß die natürliche Härte der Unteren Weser, ähnlich wie die Gesamthärte, von den Beiträgen der einzelnen Zuflüsse zur Abflußmenge des Hauptflusses abhängen muß.

Wenn bei 120 cbm/sek Abflußmenge am 17. September 1913 die Gesamthärte $19,2^{\circ}$ und am 19. September die Gesamthärte $20,1^{\circ}$ gefunden worden ist, so kann dieser Unterschied teilweise auf einer vom normalen Zustande abweichenden Beschaffenheit der natürlichen Härte beruhen und beruht unzweifelhaft zum Teil darauf, weil die Kalkhärte am letztgenannten Tage in höherem Maße als am erstgenannten den normalen Härtegrad übertroffen hat. Um ein vollständiges Bild, eine richtige Übersicht zu gewähren, darf man sich daher nicht auf die Anführung der Gesamthärtezahlen beschränken, welche die Summen der Kalk- und Magnesia-härtezahlen sind, sondern muß diese beiden Arten der Härte gleichfalls angeben. Aus der Anführung des als Calcium und Magnesium analytisch gefundenen Salzgehaltes lassen sich zwar diese Zahlen errechnen; aber die Beziehungen zum entsprechenden

Härteanteile sind daraus nicht einfach ersichtlich. In der Zahlentafel 1 habe ich die von Tjaden mitgeteilten Zahlen der Gesamthärte (im Kaliindustriebuche nicht in Kalk- und Magnesiaihärte getrennt) für 33 Analysen bis 640 cbm/sek Abflußmenge in dieser Weise durch Hinzufügung der Angaben über die Kalk- und Magnesiaihärte ergänzt. Ferner habe ich 12 Analysen aus dem Jahre 1913 hinzugefügt, die sich nicht auf bestimmte Tage beziehen. Sondern es sind die auf Seite 13 meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 genannten Mischanalysen für die einzelnen Monate, d. h. monatliche Mittelwerte aus täglich geschöpften Proben des Bremer Leitungswassers. Die zugehörigen monatlichen Mittelwerte der Abflußmengen der Unteren Weser verdanke ich der Landesanstalt für Gewässerkunde. Wie die Zahlentafel 1 lehrt, reihen sich die Mischanalysen vortrefflich zwischen die Einzelanalysen ein. Eine bedeutende Abweichung, die aber von den größten Abweichungen der Einzelanalysen noch überboten wird, weist nur die Monatshärte im März auf.

Die Zahlentafel 1 verzeichnet für die erwähnten $33 + 12 = 45$ Analysen je zwei Zahlenwerte der Kalkhärte, Magnesiaihärte und Gesamthärte, nämlich die durch Messung gefundenen Werte und die normalen Werte, deren Ermittlung noch erläutert werden soll. Die Messungsergebnisse sind aus den analytisch gefundenen Angaben über den Gehalt an Calcium und Magnesium nach der von Precht bearbeiteten Wasseruntersuchungstabelle für Calcium- und Magnesiumverbindungen abgeleitet. Ein deutscher Härtegrad ist gleich $4,28 \text{ mg/l Magnesium}$ oder $7,14 \text{ mg/l Calcium}$. Die zusammengehörigen Messungswerte der Gesamthärte und Abflußmenge bilden in der Abb. 1 die Koordinaten des oberen Punktschwarmes, der aus 45 Punkten besteht mit den Grenzwerten $20,1^\circ$ bis $10,4^\circ$ für die als Ordinaten aufgetragenen Gesamthärten und 120 bis 640 cbm/sek für die als Abszissen aufgetragenen Abflußmengen. Die Mittellinie des Punktschwarmes, die nach dem Augenscheine zu ziehen und nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu prüfen ist, gibt für jede Abflußmenge den bei normaler Wasserführung zugehörigen Wert der Gesamthärte an. In derselben Weise gibt die Mittellinie des unteren Punktschwarmes der Abb. 1 die zu jeder Abflußmenge gehörige normale Kalkhärte an. Die zwischen den Bezugslinien

der Gesamthärte und der Kalkhärte gelegenen Ordinatenstücke bezeichnen die zugehörigen Werte der Magnesiaihärte. In einer nicht mitgeteilten bildlichen Darstellung habe ich die Messungswerte der Magnesiaihärte als Ordinaten aufgetragen und eine Bezugslinie entworfen zur Nachprüfung, ob die Bezugslinienordinaten mit den entsprechenden Ordinatenstücken der Abb. 1 genau übereinstimmen, was der Fall ist.

Bei der gewöhnlichen Abflußmenge 230 cbm/sek im Kalenderjahre 1913 hat die normale Gesamthärte $15,2^\circ$, die normale Kalkhärte $9,9^\circ$ und die normale Magnesiaihärte $5,3^\circ$ betragen. Auf Seite 5 ist die künstliche Magnesiaihärte (der Härtezusatz durch die Kaliabwässer) für diese Abflußmenge in demselben Jahre auf $2,6^\circ$ ermittelt worden. Demgemäß hat die natürliche Magnesiaihärte bei der gewöhnlichen Abflußmenge 1913 etwas mehr als die Hälfte der ganzen Magnesiaihärte, nämlich $2,7^\circ$, und die natürliche Härte insgesamt $2,7 + 9,9 = 12,6^\circ$ betragen. Dieser zur Trennung der ganzen in künstliche und natürliche Magnesiaihärte führende Gedankengang soll aber einstweilen nicht weiter verfolgt werden. Sondern zunächst ist darzulegen, weshalb in der Zahlentafel 1 die mit den laufenden Nummern 1, 4, 11 usw. bezeichneten Werte der normalen Härtegrade bei den Abflußmengen 98, 121, 141 usw. cbm/sek eingeschaltet sind.

Im Durchschnittsjahre entspricht die Abflußmenge 121 cbm/sek der Häufigkeitsstufe mit 30 Unterschreitungstagen, die doppelt so große Abflußmenge 242 cbm/sek der Häufigkeitsstufe mit 180 Unterschreitungstagen, die über viermal so große Abflußmenge 502 cbm/sek der Häufigkeitsstufe mit 300 Unterschreitungstagen usw. Aus der Bezugslinie für die Gesamthärten lassen sich bei 121 cbm/sek die Gesamthärte $18,8^\circ$, bei 242 cbm/sek $14,9^\circ$, bei 502 cbm/sek $11,3^\circ$ abgreifen, ebenso aus der Bezugslinie für die Kalkhärten bei 121 cbm/sek die Kalkhärte $11,0^\circ$, bei 242 cbm/sek $9,8^\circ$, bei 502 cbm/sek $7,9^\circ$. Als normale Werte der Magnesiaihärte im Jahre 1913 verbleiben mithin bei 121 cbm/sek $18,8 - 11,0 = 7,8^\circ$, bei 242 cbm/sek $14,9 - 9,8 = 5,1^\circ$, bei 502 cbm/sek $11,3 - 7,9 = 3,4^\circ$. Wäre die Ermittlung für ein anderes Jahr mit kleinerer Carnallitverarbeitung und demgemäß kleineren Werten der Gesamthärten vorgenommen worden, so würden die verbleibenden Werte der Magnesiaihärte entsprechend geringer sein, die normalen

Werte der Kalkhärte aber ähnlich so groß sein müssen, falls die Ermittlung mit derselben Genauigkeit stattgefunden hat.

Nach der Zahlentafel 2 meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 haben sich für das Durchschnittsjahr 1911/16 die Kalkhärten $10,2^\circ$ (statt $11,0^\circ$) bei 121 cbm/sek, $9,0^\circ$ (statt $9,8^\circ$) bei 242 cbm/sek und $7,7^\circ$ (statt $7,9^\circ$) bei 502 cbm/sek ergeben. Die damals gefundenen Werte der normalen Kalkhärten waren also bis zu 8% kleiner, als sie sich jetzt ergeben haben. Dies hat seinen Grund teils darin, daß die jetzt bewirkte Ermittlung genauer durchgeführt ist, teils darin, daß bei der damaligen 6 verschiedene Jahre mit verschiedenartigen Abflußverhältnissen und wesentlich voneinander verschiedenen Carnallit-Jahresverarbeitungen zugrunde gelegt waren. Damals kam es hauptsächlich darauf an festzustellen, ob die während der Bearbeitung meiner Denkschrift wahrgenommene Zunahme der natürlichen Härte nicht etwa die zufällige Erscheinung eines einzelnen Jahres sei. Als Nebensache erschien die Feststellung, wie groß die normalen Werte der Härtegrade im einzelnen wären, was sich nur durch eine langwierige Nachprüfung der genauen Lage der Bezugslinien ermöglichen läßt und bei der großen Streuung der Punkte des aus mehreren Jahren zusammengetragenen Punktschwarmes verbot. Die damalige Ermittlung war also selbstverständlich weniger genau. Überdies schien es der Vorsicht wegen ratsam, im Zweifelfalle für die wahrgenommene Zunahme der natürlichen Härte lieber zu kleine als zu große Zahlen anzugeben: Die von der damaligen völlig unabhängige jetzige Untersuchung bestätigt jedoch alles Wesentliche dessen, was damals gefunden wurde, und beweist aufs neue, daß die wahrgenommene Erscheinung eine Tatsache und sogar noch etwas schärfer ausgeprägt ist, als meine Denkschrift angegeben hat. Hierauf kann erst näher eingegangen werden, nachdem die Beziehungen zwischen den Abflußmengen und Härtegraden in der Zeit vor der Einleitung von Kaliabwässern untersucht worden sind.

Meine Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 bezweckte vornehmlich, wie ihr Titel besagt, die Notwendigkeit einer einheitlichen Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen im Wesergebiet zu erläutern. Ich habe bei ihrer Niederschrift vorausgesetzt, daß sich Gelegenheit bieten würde, bevor es zur Einrichtung einer

solchen Einheitswirtschaft kommt, alle verfügbaren Unterlagen zu verwenden, um ein möglichst zuverlässiges Bild über die jetzigen Beziehungen zwischen Abflußmenge und Salzgehalt der Weser zu erhalten. Meine stille Hoffnung war insbesondere auf die sorgfältigen, in großer Zahl vorhandenen Erhebungen gerichtet, die Bremen seit einer Reihe von Jahren angestellt, aber nur in kleinen Bruchstücken bekanntgegeben hat. Solange sie verborgen bleiben, muß sich die wissenschaftliche Untersuchung der Frage mit diesen Bruchstücken begnügen. Das auf Seite 87 des Kaliindustriebuches veröffentlichte Bruchstück für das Kalenderjahr 1913 wurde gewählt, weil der Abflußvorgang ziemlich normal verlief, so daß auch in dieser Hinsicht das letzte Jahr ohne Beeinflussung der Kaliindustrie durch die Kriegswirkungen zur Ermittlung der normalen Beziehungen geeignet erschien. Um Schlußfolgerungen ziehen zu können, muß man wissen, wie groß die mit dem Abflußvorgang von Jahr zu Jahr etwas wechselnde natürliche Härte gegenwärtig bei den Abflußmengen ist, die im Durchschnittsjahre bei den Häufigkeitsstufen mit 30, 180, 300 usw. Unterschreitungen einzutreten pflegen. Die betreffenden Angaben in der Zahlentafel 1 können vorläufig als Grundlage dafür dienen.

2. Früherer Salzgehalt der Unteren Weser.

Wie groß der Salzgehalt der Unteren Weser vor der Einleitung von Kaliabwässern gewesen ist, geht aus den in meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 bezeichneten Analysen des Weserwassers und Leitungswassers hervor, die in den Jahren 1882 bis 1893 im Bremer Chemischen Staatslaboratorium ausgeführt und von seinem Vorsteher Janke veröffentlicht sind. Die meisten Analysen beziehen sich auf Wasserproben, die in den Jahren 1883/84 entnommen wurden, so daß diese beiden Jahre als frühere Zeit der jetzigen Zeit gegenübergestellt werden dürfen, mag man nun als jetzige Zeit den Durchschnitt der Jahre 1911/16 oder der Jahre 1913/14 (bis Juli 1914) ansehen, wie dies jene Denkschrift getan hat, oder mag man das Kalenderjahr 1913 als maßgebend betrachten, wie dies im vorigen Abschnitt geschehen ist. Für

die frühere Zeit kommt es bei Betrachtung der Gesamthärte und Magnesiaihärte weniger als für die jetzige Zeit darauf an, aus welchem Jahre die Analysen stammen, weil die jetzt von Jahr zu Jahr stark wechselnde Verhärtung und Verchlorung durch Kaliabwässer damals noch fehlte und nicht, wie dies jetzt der Fall ist, in jedem Jahre eine andere Einwirkung auf die Erhöhung des natürlichen Salzgehaltes ausübte. Ein glücklicher Zufall will es, daß die Jahre 1883/84 annähernd dem Durchschnittsjahre des Zeitraumes 1896/1910 entsprechende Abflußverhältnisse hatten.

Abgesehen von den vollständigen analytischen Untersuchungen, hat das Bremer Staatslaboratorium seit 1885 regelmäßig die Härte und den Chlorgehalt des Leitungswassers mehrmals im Monat ermittelt. Diese unvollständigen Angaben eignen sich schon deshalb nicht zur Prüfung der Frage, ob die frühere natürliche Härte mit der jetzigen natürlichen Härte übereinstimmt, weil keine Trennung der Härtezahlen in Kalkhärte und Magnesiaihärte vorgenommen werden kann. Da ich hierauf den größten Wert gelegt und diesem Umstande entscheidende Bedeutung beigegeben habe, so sind diese Härte- und Chlorbestimmungen in meiner Weser-Denkschrift nur beiläufig erwähnt, aber nicht für die Ermittlung über die Zunahme der natürlichen Härte des Weserwassers benutzt worden. Vielmehr hat diese Ermittlung den durch „die Ergebnisse jener vollständigen Untersuchungen des Weserwassers bei Bremen“ (Weser-Denkschrift, Seite 10) nachgewiesenen ehemaligen Zustand des Salzgehaltes der Weser in Vergleich gebracht mit dem jetzigen Zustande. Ich habe dies mehrfach ausdrücklich ausgesprochen und unzweideutig hervorgehoben, daß es sich um eine Gegenüberstellung der Analysen vor Beginn und nach der größten bisherigen Entwicklung der Kaliabwasser-Einleitungen handelt mit besonderer Betonung des verschiedenartigen Verhaltens der Kalkhärte und der Magnesiaihärte. Die Betrachtung gelangt zum Schlusse: „Die bedeutende Zunahme der natürlichen Magnesiaihärte und der Kalkhärte in den 30 Jahren von 1883/84 bis 1911/16 scheint dadurch verursacht zu sein, daß vielerlei landwirtschaftliche Verbesserungen die Versickerung der Niederschläge erleichtert und den Anteil des auf dem Wege durch den Untergrund zum Abfluß gelangenden Wassers vergrößert haben. Durch Umsetzung der neuzeitlichen Dünge-

mittel sind im Boden lösliche Salze aufgeschlossen worden, die teilweise durch Auswaschen verloren gehen.“

Da trotzdem meine Beweisführung mißverstanden worden ist, so hat offensichtlich mein kurzer Hinweis (Weser-Denkschrift, Seite 10) nicht genügt, den Gedankengang für die Ermittlung der gesetzmäßigen Beziehungen zwischen den Abflußmengen und den Härtegraden in der Zeit des endlaugenfreien Weserwassers zu erläutern. Diese Beziehungen sind durch eine bildliche Darstellung derart gefunden worden, daß für jede Abflußmenge die früher normalen Werte der Kalkhärte, Magnesiahärte und Gesamthärte angegeben werden können. Die Abb. 2 zeigt, wie die Bezugslinien für die Gesamthärte und Kalkhärte aussehen; der Unterschied zwischen den zusammengehörigen Werten der normalen Gesamt- und Kalkhärte ist die entsprechende normale Magnesiahärte. Dem Punktschwarme, dessen Mittellinie die normalen Gesamthärten als Ordinaten angibt, und dem zweiten Punktschwarme, bei dem die Ordinaten der Mittellinie die normalen Kalkhärten bezeichnen, liegen die in der Zahlentafel 3 aufgeführten Zahlenwerte der Abflußmengen und Härtegrade zugrunde. Diese Werte sind abgeleitet aus dem Verzeichnis sämtlicher Jankeschen Analysen des Weserwassers und Leitungswassers in der Zahlentafel 2.

Ihr zufolge handelt es sich um 58 Analysen an 22 verschiedenen Tagen, von denen 17 in die beiden Jahre 1883/84 fallen. Bei sämtlichen Analysen ist der Salzgehalt in mg/l für Chlor, Kalk und Magnesia festgestellt worden, ausgenommen bei den Analysen Nr. 35 und 36, für welche die Angaben über den Kalk- und Magnesiagehalt fehlen und außer der Chlorbestimmung nur eine Härteermittlung nach dem Seifenverfahren vorliegt. Da in diesem Falle das Ergebnis ziemlich gut mit der Bezugslinie übereinstimmt, habe ich ausnahmsweise davon Gebrauch gemacht, aber im übrigen die Härteermittlungen nach dem Seifenverfahren nicht benutzt. Für die Umrechnung des Salzgehaltes in Härtegrade wurde die Prechtsche Wasseruntersuchungstabelle verwandt; ein deutscher Härtegrad ist gleich 10 mg/l Kalk oder 7,14 mg/l Magnesia. Die Spalten 3 bis 6 der Zahlentafel 2 teilen mit, an welchen Tagen, wo und bei welcher Wasserführung die analysierten Wasserproben entnommen worden sind. In dieser Hinsicht mußten Ergänzungen

vorgenommen werden, weil Janke mit wenigen Ausnahmen die Entnahmetage nicht verzeichnet und für einige Analysen auch keine Angaben über den Bremer Pegelstand am Tage der Probenentnahme gemacht hat.

Die Pegelangaben fehlen in seiner Veröffentlichung bei den Analysen mit der Tagenummer 1 vom September 1883, der Tagenummer 5 vom Oktober 1891, der Tagenummer 7 vom August 1883, der Tagenummer 12 vom November 1883, der Tagenummer 13 vom Januar 1882, der Tagenummer 18 vom März 1893 und der Tagenummer 21 vom November 1890. Für die Tagenummern 1, 7, 12 und 13 hat Tjaden bei seiner Mitteilung im Gutachten von 1912 die Lücken ausgefüllt durch Angaben über die Probenentnahmen am 4. September 1883, am 14. August 1883, am 15. November 1883 und am 24. Januar 1882, ebenso für die Tagenummer 5 bei seiner Beurteilung meiner Weser-Denkschrift durch die Angabe, daß die 12 analysierten Wasserproben am 7. Oktober 1891 aus der Weser geschöpft worden sind. Die Analysen mit den Tagenummern 18 und 21 zeigen so geringe Härtegrade, daß sie sich nur auf Hochwasserzeiten beziehen können, wahrscheinlich auf die Hochwassertage am 7. März 1893 mit kleinem und am 30. November 1890 mit etwas größerem Hochwasser, wie aus den Verzeichnissen der Pegelstände hervorgeht. Außer jenen 4 Tagen mit den Nummern 1, 7, 12 und 13 hat Tjaden in jenem Gutachten noch 6 Tage berücksichtigt, die in der Zahlentafel 2 mit den Tagenummern 2, 8, 10, 14, 15 und 17 bezeichnet sind. Durch Vergleich der von Janke mitgeteilten Pegelstände mit den Wasserstandslisten hat er festgestellt, an welchem Tage des vom Staatslaboratorium genannten Monats die Wasserproben geschöpft sein werden. Dasselbe habe ich getan für die unberücksichtigt gelassenen Analysen mit den Tagenummern 3, 4, 6, 9, 11 und 16, für welche in der Veröffentlichung des Staatslaboratoriums der Monat und der Pegelstand an den Entnahmetagen angegeben ist. Bisher noch nicht erwähnt sind nur die Hochwasseranalysen mit den Tagenummern 19, 20 und 22, für die jene Veröffentlichung den Entnahmetag und den Pegelstand mitgeteilt hat. Demnach bestehen überhaupt keine Lücken, sondern sind für sämtliche 58 Analysen an 22 verschiedenen Tagen der Jahre 1882 bis 1893 die Beziehungen zwischen dem

Salzgehalt und der Abflußmenge bekannt. Einer Einschränkung bedarf diese Äußerung nur in Bezug auf die beiden Analysen mit der Tagenummer 11 vom 13. Juni 1884, weil für sie keine Trennung der Gesamthärte in Kalk- und Magnesiaihärte aus dem oben genannten Grunde möglich ist.

In der Jankeschen Veröffentlichung sind die Wasserstandsangaben auf den Bremer Pegel bezogen, wogegen Tjaden im Gutachten von 1912 die von ihm „korrigierten“ Wasserstände am Pegel bei Baden mitgeteilt und Angaben über die Wasserführung beigefügt hat. Um sicher zu gehen, habe ich die den Entnahmetagen entsprechenden wirklichen Badener Pegelstände in der Zahlentafel 2 aufgeführt, wobei zu beachten bleibt, daß zur Vermeidung negativer Zahlen der Pegelnullpunkt neuerdings um 2,0 m tiefer gelegt worden ist und die älteren Wasserstandsangaben demgemäß umzurechnen (aber nicht zu „korrigieren“) sind. Mit Berücksichtigung der seit den 80er Jahren eingetretenen Senkung der Wasserstände habe ich nach den Unterlagen der Landesanstalt für Gewässerkunde eine Abflußmengenlinie für die in Betracht kommenden Jahre aufgetragen und mit ihrer Hilfe die zu jenen Pegelständen gehörigen Abflußmengen ermittelt. Die in den Jahren 1882/93 an der Unteren Weser ausgeführten 19 Messungen der Abflußmengen mit den Grenzen 74 bis 624 cbm/sek verbürgen die Richtigkeit dieser, von den Angaben des Tjadenschen Gutachtens teilweise bedeutend abweichenden Ermittlungen.

Die aus der Weser entnommenen Proben sind meistens oberhalb der Stadt am Wasserwerke (O) oder unterhalb der Stadt gegenüber der A. G. Weser (U), einige auch in der Stadt an der Kaiserbrücke (K) und unterhalb der Stadt an Paymanns Fähre (U₁) oder am Weserpavillon (U₂) geschöpft worden. Bei der Tagenummer 5 geben die hinter dem Ortsvermerke stehenden kleinen Buchstaben an, von welchem Teile des Flusses die Wasserproben entnommen sind: r heißt am rechten Ufer, m in der Mitte, l am linken Ufer; bei der Analysennummer 16 heißt k Kleine Weser. Die mit L bezeichneten Analysen beziehen sich auf das Leitungswasser. Für die Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 standen mir noch nicht sämtliche Angaben über die zu den Analysen gehörigen Abflußmengen zur Verfügung. Der damals entworfenen Bezugs-

linie legte ich soweit wie möglich die Analysen der oberhalb der Stadt geschöpften Wasserproben zugrunde und ergänzte sie durch Leitungswasser-Analysen, wie dies auch Tjaden in seinem Gutachten von 1912 getan hat.

Eine Versuchsrechnung zeigte dann, daß die Ergebnisse sich nicht wesentlich ändern, wenn für jeden Entnahmetag die Mittelwerte aus den an dem betreffenden Tage bewirkten Analysen gebildet werden. Diese Mittelwerte, die in der Zahlentafel 3 aufgeführt sind, enthalten also in 22 Zahlen die Messungsergebnisse von 58 Ermittlungen über die Gesamthärte des Weserwassers bei Bremen in seinem endlaugenfreien Zustande, ferner in je 21 Zahlen die Messungsergebnisse von 56 Ermittlungen über die Kalk- und Magnesiaihärte. Hiernach ließen sich die Bezugslinien in derselben Weise zeichnen und nachprüfen, wie dies im vorigen Abschnitt angegeben ist. Von den in Abb. 2 dargestellten Bezugslinien wurden die normalen Werte der Kalkhärte, Magnesiaihärte und Gesamthärte abgeleitet, auch die zu den Abflußmengen mit bestimmter Unterschreitungsdauer im Durchschnittsjahre gehörigen Härtegrade. Diese unterscheiden sich nur um geringe Beträge von denjenigen, die in der Zahlentafel 2 der Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 mitgeteilt sind.

Bevor die Nutzanwendung auf die Betrachtung der Änderungen gemacht wird, die sich in den 30 Jahren von 1883/84 bis 1913 an der natürlichen Härte, Kalkhärte und Magnesiaihärte des Weserwassers vollzogen haben, möge noch ein Überblick über die Härteverhältnisse des endlaugenfreien Weserwassers Platz finden. Wie die Abb. 2 zeigt, hat sowohl die Bezugslinie der Gesamthärte, als auch die der Kalkhärte einen ähnlichen Verlauf wie die Bezugslinien der Gesamt- und Kalkhärte nach der starken Einleitung von Kaliendlaugen im Kalenderjahre 1913. Der durch das schnelle Abfallen der Linien bei geringen Abflußmengen, durch ihr langsames Fallen bei großen Abflußmengen gekennzeichnete Verlauf ist selbstverständlich bei den früheren Beziehungen zwischen Härtegraden und Abflußmengen weniger scharf ausgeprägt, weil die künstliche Härtevermehrung früher die Gegensätze nicht in der jetzigen Weise gesteigert hat. Aber unverkennbar kommt zum Vorschein, daß der bei Niedrigwasser schon früher hohe Gehalt des Weserwassers an Härtebildnern durch Ver-

dünnung sich um so mehr vermindert, je größer die Abflußmenge wird. Dies wäre noch deutlicher, wenn die bildliche Darstellung nach rechts bis zu den größeren Hochwassermengen von 1360 und 1500 cbm/sek verlängert würde, was aus räumlichen Gründen nicht angeht.

Bekanntlich werden unsere Flüsse bei Niedrigwasser ganz oder größtenteils aus den Quellen und Grundwasserströmen gespeist, deren aus dem Untergrunde stammendes Wasser durch lösliche Salze mehr oder weniger verhärtet ist. Das Wachsen der Wasserführung über die gewöhnliche Abflußmenge erfolgt wesentlich durch das Hinzutreten anderen unterirdischen Wassers, das nach der Versickerung sich ziemlich kurze Zeit im Boden aufgehalten hat und durch Entwässerungsanlagen, besonders Dränagen, bald wieder zum offenen Abfluß gelangt ist. Bei reichlicher Wasserführung und namentlich bei Hochwasser fließt mit steigendem Übergewicht das überhaupt nicht versickerte Oberflächenwasser ab, das sich auf seinem Wege zu den Flüssen zwar ebenfalls mit löslichen Salzen beladet, aber doch in viel geringerem Maße. In erster Linie ist es das Oberflächenwasser, das die Verdünnung des Salzgehaltes hervorruft.

Die verschiedenartige Einwirkung der Zuflüsse mit von Natur hartem oder weichem Wasser auf die Untere Weser hat sich in der Zeit vor Einleitung der Kaliendlaugen bereits sehr bedeutend geltend gemacht. Denn die größten Abweichungen der gemessenen von den normalen Werten betragen bei der Gesamthärte 1,4 bis 2,2°, bei der Kalkhärte 1,0 bis 1,7°, während im Kalenderjahre 1913 bei der Gesamthärte nur in zwei Fällen und bei der Kalkhärte nur in einem Falle noch größere Abweichungen festgestellt worden sind. Übrigens ergaben die größten Abweichungen im Jahre 1913 kein Zuviel, sondern ein Zuwenig von 3,7° Gesamthärte und 2,5° Kalkhärte. Mit seltenen Ausnahmen sind die Abweichungen früher unter 1° Abstand von den normalen Werten geblieben und halten sich jetzt in den Grenzen unter 1,5° Abstand. Keinesfalls darf man sagen, die Schwankungen in der Zusammensetzung des endlaugenfreien Weserwassers seien gering gewesen, und seine mittlere natürliche Härte hätte 8 bis 10° mit Abweichungen nach oben oder unten um 1 bis 2° betragen, was den äußersten Grenzwerten 6 und 12° entsprochen haben würde. Um die Unrichtigkeit

dieser irreführenden Tjadenschen Angaben klarzulegen, habe ich die als natürliche Härten anzusehenden Gesamthärten des endlaugenfreien Weserwassers nach der Zahlentafel 2 in folgende Stufen geordnet:

Gesamthärte (°DH) . .	> 13	13/12	12/11	11/10	10/9	9/8	8/7	7/6	< 6
Zahl der Analysen . .	7	10	9	6	14	1	5	4	2
	32 (55 %)				15 (26 %)		11 (19 %).		

Von 58 Analysen mit den äußersten Grenzwerten $14,20^\circ$ bei ziemlich kleinem Niedrigwasser und $4,33^\circ$ bei ziemlich großem Hochwasser hat über die Hälfte Gesamthärten von mehr als 10° erwiesen. Die Zahl der Analysen mit mehr als 12° ist größer als diejenige der Analysen mit 8 bis 10° . Legt man die Zahlentafel 3 dem Vergleiche zugrunde, nachdem sie durch die Hochwasserangaben für die Tagenummern 19 bis 22 der Zahlentafel 2 ergänzt worden ist, so hat die Gesamthärte an 7 Tagen (32%) mehr als 11° , an 8 Tagen (36%) 11 bis 9° und an 7 Tagen (32%) weniger als 9° betragen. Will man durch runde Zahlen diejenigen Stufen begrenzen, die nach oben und unten gleichweit vom Häufigkeitsmittel der Gesamthärte ($9,8^\circ$) abstehen, so müßten 9 bis 11° dafür angenommen werden, entsprechend 100 und 240 Unterschreitungstagen. Die 22 Analysentage verteilen sich über das Jahr ganz ähnlich, wie man es bei häufig gemachten Analysen kaum besser erwarten könnte. Auf die sommerliche Jahreshälfte entfallen 8 Tage mit mehr und nur 2 mit weniger als $9,8^\circ$, auf die winterliche Jahreshälfte nur 2 mit mehr als $9,8^\circ$ und 10 mit kleineren Werten der Gesamthärte. Daß auch früher das Weserwasser in den Wintermonaten erheblich weicher als in den Sommermonaten war, ist eine Binsenwahrheit, die sich von selbst versteht. Aber der Vergleich lehrt, daß zufälligerweise die 22 Analysentage glücklich über das Jahr verteilt sind.

Schließlich noch ein Wort über die beiden letzten Spalten der Zahlentafel 2. Die vorletzte Spalte verzeichnet die nach dem Seifenverfahren ermittelten Gesamthärten der 58 Analysen. Jankes Veröffentlichung hat sie in französischen Härtegraden mitgeteilt, und ich habe sie auf deutsche Härtegrade nach dem Verhältnis von 1:0,56 umgerechnet. Mit der einzigen schon erwähnten Ausnahme bei den Analysennummern 35 und 36

habe ich aber von diesen Härtebestimmungen keinen Gebrauch gemacht, weil sie meistens um sehr erhebliche Beträge von den analytisch gefundenen Werten der Gesamthärte abweichen. Von 56 Fällen sind in 43 Fällen die unmittelbaren Härtebestimmungen zu klein, hiervon in 15 Fällen bis zu 10%, in 15 Fällen um mehr als 10 bis zu 20% und in 13 Fällen um mehr als 20 bis zu 33% zu klein. Namentlich haben in den 90er Jahren die Härtebestimmungen nach dem Seifenverfahren, abgesehen von der Hochwassermessung am 30. November 1890, sämtlich viel zu geringe Werte ergeben, die um durchschnittlich 26 bis 27% kleiner als die bei den Analysen ermittelten Härtegrade sind. Tjaden hat dies bei der Beurteilung meiner Weser-Denkschrift nicht bemerkt, weil er nicht, wie ich, mit den richtigen Analysenhärten, sondern mit den unzuverlässigen Härtebestimmungen gerechnet hat, deren Verwendung er mir fälschlich vorwirft. Dazu gehört Stirne.

3. Frühere und jetzige Härtegrade der Unteren Weser. Zunahme der natürlichen Härte.

Aus den Zahlentafeln 1 und 3 ergeben sich die Gesamthärten, Kalkhärten und Magnesiahärten für die Abflußmengen, die am Kopfe der Zahlentafel 4 aufgeführt sind, beim normalen Zustande der Wasserführungen im Kalenderjahre 1913 und in der früheren Zeit vor Einleitung der Kaliabwässer. Wählt man aus dem Verzeichnis, das eine Übersetzung der bildlichen Darstellungen der vorigen Abschnitte ist, eine beliebige Spalte heraus, z. B. die zur Abflußmenge 242 cbm/sek gehörige Spalte, so ergibt sich ohne weiteres, um welche Beträge die einander entsprechenden früheren und jetzigen Härtegrade bei derselben Art der Wasserführung sich unterscheiden. Für das Beispiel mit 242 cbm/sek Abflußmenge ist die normale Gesamthärte von früher 9,8° auf 14,9°, also um 5,1° angewachsen, die Kalkhärte von früher 7,7° auf 9,8°, also um 2,1°, die Magnesiahärte von früher 2,1° auf 5,1°, also um 3,0°. Daß eine Zunahme der natürlichen Härte stattgefunden haben muß, kann keinem Zweifel unterliegen, weil die Zunahme der Kalkhärte

um $2,1^\circ$ doch nur ein Teil der ganzen natürlichen Härtezunahme ist, und weil die Kalkhärte bei dieser Art der Wasserführung jetzt gleiche Größe wie früher die Gesamthärte besitzt. Wie die Abb. 3 lehrt, gilt dies auch annähernd für alle größeren Abflußmengen; nur bei Niedrigwasser bleibt die jetzige Kalkhärte unter den früheren Werten der Gesamthärte etwas mehr zurück.

Außer den Bezugslinien, die von den Abb. 1 und 2 übertragen sind, enthält die Abb. 3 noch eine Bezugslinie für die Beziehungen zwischen den Werten der natürlichen Härte und den Abflußmengen. Wie im 1. Abschnitte nachgewiesen, ist der Magnesia-Härtezusatz bei der im Kalenderjahre 1913 auf 230 cbm/sek ermittelten gewöhnlichen Abflußmenge $2,6^\circ$ groß und bei den übrigen Wasserführungen im umgekehrten Verhältnis der Abflußmengen größer (bei geringeren Wasserführungen) oder kleiner (bei reichlicheren Wasserführungen). Unter der im allgemeinen zutreffenden Voraussetzung, daß die Carnallitverarbeitung während des ganzen Jahres gleichmäßig durchgeführt wird, ergeben sich hiernach die in der Reihe 5 der Zahlentafel 4 mitgeteilten Werte des Magnesia-Härtezusatzes. Zieht man in jeder Spalte den Härtezusatzwert ab von dem in der Reihe 6 enthaltenen Werte der ganzen Magnesia-Härte, so bezeichnet der Rest in der Reihe 4 den Wert der natürlichen Magnesia-Härte. Durch Hinzuzählung der Kalkhärte bekommt man schließlich den in der Reihe 2 aufgeführten Wert der natürlichen Härte. Zur Probe der richtigen Berechnung zählt man den Härtezusatz unmittelbar von der Gesamthärte ab und erreicht dasselbe Ergebnis. Die jetzige natürliche Härte wächst von ihrer geringsten Größe bei Hochwasser bis zum kleinen Mittelwasser ähnlich wie die frühere natürliche Härte, aber bei den Niedrigwasserführungen erheblich langsamer, je mehr statt des unterirdischen Wassers der Dränagen und Entwässerungsanlagen das aus größeren Tiefen kommende Quellwasser vorherrscht.

Die drei letzten Reihen der Zahlentafel 4 und die bildliche Darstellung im oberen Teile der Abb. 3 geben die Beträge an, um welche von 1883/84 bis 1913 die ganze natürliche Härte, die Kalkhärte und die natürliche Magnesia-Härte zugenommen haben. Am größten ist die Zunahme bei den mittleren Wasserführungen mit 120 bis 210 Unterschreitungstagen im Durchschnittsjahr,

entsprechend 185 bis 285 cbm/sek Abflußmenge. Von dieser $2,6^\circ$ betragenden Zunahme der natürlichen Härte entfallen auf diejenige der Kalkhärte $2,1^\circ$ und auf die Zunahme der natürlichen Magnesia- $0,5^\circ$. Das zwischen der natürlichen Magnesia- $0,5^\circ$ und der Kalkhärte bestehende Verhältnis hat früher durchschnittlich 29% betragen und sich auf etwa 28% vermindert. Dies ist nahezu dieselbe Verhältniszahl, die Vogel im Nachtrage zu seinem Abwässer-Buche von 1914 für das endlaugenfreie Wasser der Leine oberhalb der Innerstemündung gefunden hat. Ebendort ist mitgeteilt, daß die bei den Hannoverschen Mischanalysen für 1913 nach dem Prechtschen Alkoholverfahren ermittelte Magnesia-Karbonathärte durchschnittlich $28,56\%$ der Kalkhärte bildet, jedoch über 40% für den Monat März, was als auffallend und unerklärlich angesehen wird. Aus der Abb. 1 geht hervor, daß der dem März entsprechende Punkt bei 410 cbm/sek Abflußmenge auffallend weit nach oben von der Gesamthärten-Bezugslinie ausschlägt, hauptsächlich infolge der ungewöhnlich großen Magnesia- $0,5^\circ$ Härte. Mithin bestätigt auch diese Ausnahme überraschend die Regel.

Zur Gewinnung von Näherungszahlen kann man nach Vogels Empfehlung die Werte der natürlichen Magnesia- $0,5^\circ$ Härte aus denen der für 1913 ermittelten Kalkhärte ableiten, indem man den für die frühere Zeit gültigen Prozentsatz 29% annimmt. Von den größten und kleinsten Wasserführungen abgesehen, stimmen die hierbei erhaltenen natürlichen Magnesia- $0,5^\circ$ Härten bis auf geringe Unterschiede von meistens nur $0,1^\circ$ mit den in der Zahlentafel 4 aufgeführten Zahlen überein. Auch die Nachprüfung durch die analytische Ermittlung der Magnesia-Karbonathärte bestätigt das Ergebnis, daß die ganze Magnesia- $0,5^\circ$ Härte $5,3^\circ$ (zugehörig zu der für 1913 gültigen gewöhnlichen Abflußmenge 230 cbm/sek) in $2,6^\circ$ Härtezusatz und $2,7^\circ$ natürliche Magnesia- $0,5^\circ$ Härte getrennt werden muß. Denn nach Prechts Mitteilungen über die chemischen Untersuchungen des Weserwassers bei Bremen in den fünf Jahren 1911/15 (Zeitschrift „Kali“, 1916) hat das Gesamtmittel der Hannoverschen Mischanalysen für 1913 folgende Werte der Magnesia- $0,5^\circ$ Härte ergeben: $5,31^\circ$ ganze Magnesia- $0,5^\circ$ Härte, $2,67^\circ$ Nichtkarbonathärte und $2,64^\circ$ Karbonathärte. Freilich ist hierbei die dem Härtezusatz entsprechende Nichtkarbonathärte etwas kleiner

und die der natürlichen Magnesiaihärte entsprechende Karbonathärte etwas größer gefunden worden. Aber die Abweichungen von jenem Ergebnis betragen nur ± 2 bis 3% , sind also ganz geringfügig.

Wäre nach Tjadens irreführender Meinung, die auch in das Teilgutachten des Reichsgesundheitsrates über den zulässigen Salzgehalt der Weser bei Bremen übergegangen ist, die jetzige natürliche Härte des dortigen Flußwassers wirklich nicht bedeutend größer als 8 bis 10° , so müßte die Verhärtung des Flusses durch Kaliabwässer eine außerordentliche Höhe besitzen, die in gar keinem angemessenen Verhältnis zur tatsächlichen Carnallitverarbeitung steht. Diese allein kommt für die künstliche Verhärtung des als Trinkwasser dienenden Flußwassers in Betracht, weil die bei der Hartsalzverarbeitung namentlich im Werragebiet eingeleiteten Abwässer den Magnesiumgehalt und die Magnesiaihärte nur in einem für das Weserwasser bei Bremen unbeachtlichen Maße erhöhen. Der Mittelwert aus 8 bis 10° ist $9,0^\circ$. So groß soll nach Tjadens Angabe auf Seite 79 seines Kaliindustriebuches die mittlere natürliche Härte des Weserwassers bei Bremen sein, wenn die Untere Weser 220 cbm/sek abführt. Für die Niedrigwasserführung 105 cbm/sek gibt er die natürliche Härte auf $11,5^\circ$ und für die reichliche Wasserführung 450 cbm/sek auf $7,5^\circ$ an. Diese drei Zahlenpaare legen eine Bezugslinie fest, die in den Grenzen 105 bis 450 cbm/sek mit der in den Abb. 2 und 3 dargestellten Bezugslinie für die frühere Gesamthärte des endlaugenfreien Weserwassers nahezu parallel verläuft, aber um etwa 1° tiefer liegt. Zwischen ihr und der für 1913 gültigen Bezugslinie der jetzigen Gesamthärte verbleiben Ordinatenstücke, die bei 105 cbm/sek den Wert $8,2^\circ$ und bei 450 cbm/sek den Wert $4,3^\circ$ liefern; so groß wären die Härtezusätze. Die zugehörige Häufigkeit der Abflußmengen umfaßt im Kalenderjahre 1913 ungefähr $\frac{2}{3}$ des ganzen Jahres. In dieser Zeit müßten bei jenen Härtezusätzen die Abwässer von über 26 Millionen dz Carnallit abgeflossen sein, und die gesamte Jahresverarbeitung müßte rund 40 Millionen dz Carnallit betragen haben, d. h. das $2\frac{1}{2}$ fache des tatsächlichen Betrags. Die Unmöglichkeit des Ergebnisses lehrt, daß die irreführende Voraussetzung keinen Sinn hat. Dies beweist aber auch, daß die wirklichen natürlichen Härten ganz bedeutend

größer sind und die wirklichen Härtezusätze bei weitem geringer waren: nämlich $5,7^\circ$ bei 105 cbm/sek und $1,3^\circ$ bei 450 cbm/sek Abflußmenge.

4. Früherer und jetziger Chlorgehalt der Unteren Weser. Zunahme des Chlorgehaltes.

Die notwendigen Mitteilungen über den jetzigen Chlorgehalt der Unteren Weser finden sich in der vierten Spalte der Zahlentafel 1, diejenigen über den früheren Chlorgehalt in der dritten Spalte der Zahlentafel 3. Schon ein flüchtiger Blick zeigt, daß der Gehalt des Weserwassers an Chlor von 1883/84 bis 1913 außerordentlich zugenommen hat. Auf die Zunahme des natürlichen Chlorgehaltes kann nur ein geringer Teil der Gesamtzunahme entfallen. Weil diese aber erheblich größer ist, als den bei der Carnallitverarbeitung in die Zuflüsse der Weser gelangenden Chloriden entspricht, so muß noch ein Chlor-Mehrbetrag auf andere Weise der Unteren Weser zugeführt werden. Um hierüber Klarheit zu gewinnen, habe ich zunächst eine bildliche Darstellung über die Beziehungen zwischen den Abflußmengen und dem Chlorgehalte angefertigt, erstens für den jetzigen Zustand nach der Zahlentafel 1, zweitens für den früheren Zustand nach der Zahlentafel 3. Jedermann kann die lehrreiche Auftragung auf Millimeterpapier selbst vornehmen. Die nicht mitgeteilte Darstellung sieht ähnlich aus wie Abb. 1. Der obere Punktschwarm, dessen Mittellinie die normalen Werte des jetzigen Chlorgehaltes im Kalenderjahre 1913 angibt, steigt von rechts nach links mit Bogenschwung steil an. Der untere Punktschwarm mit Veranschaulichung des früheren Chlorgehaltes liegt in großem Abstände nahe bei der Abszissenachse und weist nur eine schwache Steigung von rechts nach links auf. Die Verdünnung der Chlorbeimengungen durch das Oberflächenwasser äußert sich bei der natürlichen Chlorzufuhr des Quell- und Dränagewassers schwach, dagegen bei der künstlichen Chlorzufuhr des Kaliabwassers sehr stark.

Für die Abflußmengen 98, 121, 141 usw. cbm/sek, die im Durchschnittsjahre den Abgrenzungen der Häufigkeitsstufen ent-

sprechen, sind die normalen Werte des Chlorgehaltes von der Bezugslinie abgegriffen und als Zahlen in Schrägschrift in die Zahlentafeln 1 und 3 eingetragen worden. Ihre Zusammenstellung in den Reihen 1 und 5 der Zahlentafel 5 zeigt, daß der Gesamtchlorgehalt im Kalenderjahre 1913 bei kleinem Niedrigwasser mit 98 cbm/sek Abflußmenge den normalen Wert 253 mg/l erreicht hätte, wenn eine so knappe Wasserführung vorgekommen wäre. Der normale Gesamtchlorgehalt bei den der gewöhnlichen Abflußmenge des Jahres 1913 benachbarten Abflußmengen 209 und 242 cbm/sek hat 151 bis 134 mg/l, bei der reichlichen Wasserführung mit 640 cbm/sek Abflußmenge 72 mg/l betragen. Von diesen normalen Werten weichen die gemessenen Werte des Gesamtchlorgehaltes in der Regel nicht mehr als 15 mg/l, äußerstenfalls aber (bei 140 mg/l normalem Gehalt) um 49 mg/l ab. Durchweg gering sind die Abweichungen der gemessenen von den normalen Werten beim früheren Chlorgehalte des endlaugenfreien Weserwassers. Bei 98 cbm/sek beginnt die Reihe der früheren normalen Chlorwerte mit 63, sinkt bis zur gewöhnlichen Abflußmenge 242 cbm/sek des Durchschnittsjahres auf 39 und erreicht bei 640 cbm/sek Abflußmenge den geringen Betrag von 27 mg/l. Zählt man die in derselben Spalte stehenden Werte der Reihe 5 von denen der Reihe 1 ab, so ergibt sich die bis 1913 eingetretene Zunahme des Gesamtchlorgehaltes auf 190 mg/l bei kleinem Niedrigwasser, auf 95 mg/l bei der gewöhnlichen und auf 45 mg/l bei der reichlichen Abflußmenge 640 cbm/sek.

Werden nun die normalen Werte des früheren natürlichen Chlorgehaltes mit denen der früheren natürlichen Gesamthärte verglichen, so zeigt sich, daß bei kleinem Niedrigwasser auf 1° Härte 4,9 mg/l kommen, und daß das Verhältnis des Chlorgehaltes zu den Härtegraden allmählich abnimmt bis zu 3,5 mg/l auf 1° Härte. Ähnlich wie die Beziehung zwischen der natürlichen Magnesiaihärte und Kalkhärte sich nach Einleitung der Kaliabwässer nur wenig verändert hat, wird wohl am früheren Verhältnis des natürlichen Chlorgehaltes zur natürlichen Härte keine wesentliche Änderung eingetreten sein. Man kann daher die wahrscheinlichen Werte des jetzigen natürlichen Chlorgehaltes finden, indem man die Werte der jetzigen natürlichen Härte (Reihe 2 der Zahlentafel 4) mit den erwähnten Verhältniszahlen

multipliziert. Die in der Reihe 2 der Zahlentafel 5 mitgeteilten Produkte sind, wie die vorletzte Reihe dieser Zahlentafel zeigt, bei den niedrigen und hohen Wasserführungen nur um 6 bis 8, bei den mittleren Wasserführungen bis zu 11 mg/l größer als die entsprechenden früheren Chlorzahlen. Welche Verhältniszahlen bei dieser Ermittlung des jetzigen natürlichen Chlorgehaltes benutzt worden sind, geht aus folgender Zusammenstellung hervor:

Wasserführung (cbm/sek) .	98	121	141	163	185	209	242	285	340	412	502	640
Früherer Chlorgehalt (mg/l)	63	59	55	51	47	43	39	36	33	31	29	27
Frühere Gesamthärte (°DH)	12,8	12,2	11,6	11,1	10,7	10,3	9,8	9,4	9,0	8,6	8,2	7,7
Auf 1° Härte kommen (mg/l)	4,9	4,8	4,7	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,5

Aus den in meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 genannten Gründen habe ich nach dem Vorgange Wagners angenommen, daß durch die Endlaugen und sonstigen Abwässer der Carnallit-Kaliwerke auf je 1° Härtezusatz 20 mg/l Chlorzusatz in die Zuflüsse der Weser eingeleitet werden. Von diesen 20 entfallen etwa 13 mg/l auf Chlormagnesium und 7 mg/l vorzugsweise auf Chlornatrium, von dem auch der natürliche Chlorgehalt herrührt. Multipliziert man die in der Reihe 5 der Zahlentafel 4 aufgeführten Werte der Härtezusätze mit 20, so ergeben sich die in der Reihe 3 der Zahlentafel 5 mitgeteilten Zahlen, die in reichlicher Bemessung die Werte des aus den Endlaugen und den übrigen Abwässern der Carnallitverarbeitung stammenden Chlorzusatzes darstellen: 122 mg/l bei 98 cbm/sek, 50 mg/l bei 242 cbm/sek, 18 mg/l bei 640 cbm/sek Abflußmenge. Werden nun in jeder Spalte der Zahlentafel 5 die Werte der Reihen 2 und 3 von denen der Reihe 1 abgezogen, so verbleiben die in der Reihe 4 verzeichneten Werte des Chlor-Mehrbetrags: 62 mg/l bei 98 cbm/sek, 35 mg/l bei 242 cbm/sek, 21 mg/l bei 640 cbm/sek Abflußmenge. Bei der gewöhnlichen Abflußmenge des Kalenderjahres 1913, also bei 230 cbm/sek, hat der Chlor-Mehrbetrag den normalen Wert 37 mg/l. Wenn die Zuführung gleichmäßig während des ganzen Jahres stattfände, so müßten die in der zweiten Reihe folgender Zusammenstellung angegebenen Werte vorhanden gewesen sein. Aus dem Vergleiche mit der Reihe 4 der Zahlentafel 5 gehen jedoch die Unterschiede hervor, die in der dritten Reihe dieser Zusammenstellung mit + und - bezeichnet sind.

Wasserführung (cbm/sek)	98	121	141	163	185	209	242	285	340	412	502	640
Bei gleichmäßiger Zu-												
führung (mg/l)	86	70	60	52	46	41	35	30	25	21	17	13
Unterschiede (mg/l) . . .	-24	-8	-4	-3	-2	-2	0	0	0	0	+4	+8

Hieraus ist zu ersehen, daß der Chlor-Mehrbetrag zur Niedrigwasserzeit kleiner war, als er bei gleichmäßiger Zuführung gewesen wäre, dagegen zur Zeit der reichlichen Wasserführungen etwas größer und bei mittleren Wasserführungen genau oder doch fast genau so groß, wie dies dem Maße der Verdünnung bei den wechselnden Abflußmengen entspricht. Allem Anscheine nach hat man beim Einleiten der diese Art der Verchlorung verursachenden Abwässer sich einigermaßen nach der Wasserführung gerichtet, nämlich die eingeleiteten Abwassermengen bei niedrigen Wasserführungen unter den Durchschnitt vermindert und bei hohen Wasserführungen über den Durchschnitt vermehrt. Wie groß der Durchschnitt ist, geht aus der Angabe 37 mg/l Chlor bei 230 cbm/sek hervor; die betreffende Chlormenge beträgt 7400 dz am Kalendertage. Falls diese Chlormenge ganz und gar von den Hartsalzwerken im Werra- und Fuldagebiete geliefert wird, die im Jahre 1913 zusammen 8,57 Millionen dz Hartsalz verarbeitet haben, so kommen auf die durchschnittliche Tagesverarbeitung von 23,5 Tausend dz jene 7,4 Tausend dz Chlor, mithin auf je Tausend dz Hartsalzverarbeitung 315 dz Chlor. Wenn bei der Hartsalzverarbeitung alle Rückstände durch Laugenwäsche mit nachfolgender Wasserwäsche des Rohkieserits in die Vorfluter eingeleitet würden, so wäre mit einem höheren Chlorbetrage zu rechnen. Aber im Falle der Annahme, daß nur $\frac{1}{3}$ der Rückstände durch Einleitung in die Werra beseitigt werden darf, ist ein durchschnittlicher Chlor-Mehrbetrag von 315 dz auf je Tausend dz Hartsalzverarbeitung erheblich zu groß.

Für die Einleitung der an Chlornatrium reichen Abwässer der dortigen Hartsalzwerke hat die Kaliabwässer-Kommission des Werra- und Fuldagebietes bedeutende Erleichterungen in Aussicht genommen. Sie scheint hierbei dem Mißstande abhelfen zu wollen, daß die bisherigen Konzessionen der Werra-Kaliwerke auf die Verarbeitung von Carnallit zugeschnitten sind, obgleich die Werke hauptsächlich Hartsalz verarbeiten. Die Verarbeitung erfolgt unter solchen Verhältnissen, daß die Beseitigung eines

großen Teiles der Rückstände durch Einleitung in die Flüsse mit starker Belastung des Flußwassers von den Aufsichtsbehörden gebilligt wird. Mit Rücksicht hierauf und auf die während der Kriegsjahre eingetretenen Änderungen bei der Herstellung von Kalifabrikaten, die gleichfalls auf eine Vermehrung der durch Chlornatrium bedingten Chlormengen des Flußwassers hinwirken, hat der Verein der deutschen Kaliinteressenten eine Erhöhung der im ersten Weser-Gutachten des Reichsgesundheitsrates festgestellten zulässigen Chlorgrenze beim Kaiserlichen Gesundheitsamte angeregt. Der Antrag vom 15. März 1917 ist in meiner Weser-Denkschrift bereits erwähnt; er bezweckte eine Erhöhung der Chlorgrenze von 250 auf 300 mg/l. Ein zweiter Antrag vom 13. November 1917 geht noch weiter und erstrebt die Erhöhung des zulässigen Gesamtchlorgehaltes auf 350 mg/l. Ebenso wie diese beiden Anträge, hebt auch die vom Kalisyndikate am 3. April 1918 an das Reichsamt des Innern gerichtete Eingabe hervor, die als notwendig bezeichnete Erhöhung des Chlorgehaltes sei gesundheitlich ohne Bedenken, weil nur eine Vermehrung des Chlornatriumgehaltes stattfinden würde, aber der Chlormagnesiumgehalt gegen die Voraussetzungen im Teilgutachten des Reichsgesundheitsrates nicht geändert werden solle.

Diese Vorgänge lassen es als notwendig erscheinen, die in meiner Weser-Denkschrift enthaltene Untersuchung über die Entwicklungsmöglichkeit der Carnallitverarbeitung im Wesergebiet mit Rücksicht auf die, von den Aufsichtsbehörden des Werra- und Fuldagebietes als berechtigt anerkannten Wünsche der dortigen Hartsalzwerke einer Änderung zu unterziehen. Solange die Einleitung der von diesen Werken anfallenden großen Chlornatriummengen stillschweigend geduldet wurde, obgleich kein Rechtsanspruch dafür bestand, brauchte die Prüfung der Frage über die zukünftige Entwicklung der auf Abwassereinleitungen angewiesenen Kaliindustrie des Wesergebietes nur die Abwässer der Carnallitwerke zu berücksichtigen. Dies geht aber nicht mehr an, und der Verchlorung des Weserwassers muß gleich große Beachtung wie seiner Verhärtung zugewandt werden, nachdem die bestimmte Aussicht vorliegt, daß im Werragebiete an Stelle der Duldung eine Berechtigung zur Einleitung von Abwässern der Hartsalzwerke in bedeutendem Umfange tritt. Besondere Beachtung

gebührt hierbei dem Umstande, in welcher Verbindung das in die Untere Weser gelangende Chlor dorthin kommt. Wie mir scheint, ist bisher nicht genügend beachtet worden, welcher Anteil des Chlorgehaltes vom Chlornatrium herrührt. Die in der letzten Reihe der Zahlentafel 5 angegebene bisherige Zunahme des Chlorgehaltes, die auf künstlicher Einwirkung beruht, rührt jetzt bereits größtenteils vom Chlornatrium und nur zum kleineren Teile vom Chlormagnesium her.

5. Entwicklungsmöglichkeit der Kalisalzverarbeitung mit Abwassereinleitungen im Wesergebiete.

Nach der Reihe 2 der Zahlentafel 4 beträgt die natürliche Härte des Weserwassers oberhalb Bremen bei kleinem Niedrigwasser mit 98 cbm/sek Abflußmenge 14° und bei der reichlichen Abflußmenge 502 cbm/sek etwas mehr als 10° . Wenn bei diesen Wasserführungen die Gesamthärte-Grenzzahl 22° gelten soll, wie meine Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 vorgeschlagen hat, so würde der Magnesia-Härtezusatz in den Grenzen von 8° bei kleinem Niedrigwasser bis nahezu 12° bei jener reichlichen Abflußmenge schwanken und im Mittel 10° betragen. Da in der Begründung des ersten Weser-Gutachtens des Reichsgesundheitsrates ein Härtezusatz von 10° für gesundheitlich ohne Bedenken und ein solcher von 12° noch für zulässig erklärt worden ist, so steht mein Vorschlag nicht in Widerspruch mit den im Teilgutachten dargelegten Grundsätzen. Allerdings hat der 4. Schlußsatz festgesetzt, als Höchstgrenze der Anreicherung des zur Trinkwasserversorgung dienenden Weserwassers mit Kaliabwässern sei eine Gesamthärte von 20° und ein Chlorgehalt von 250 mg/l anzusehen. Aber der hierüber gefaßte Beschluß fußt auf der unzutreffenden Annahme, die natürliche Härte der Unteren Weser habe sich seit den vor Beginn der Kaliabwasser-Einleitungen gemachten Ermittlungen nicht verändert. In der Begründung ist ausgesprochen, sie betrage 8 bis 10° und nur selten bis zu 12° . Tatsächlich sind diese Zahlen schon für die Zeit, als die Weser noch endlaugenfrei war, zu niedrig und gelten für die jetzige Zeit nicht mehr, weil

die natürliche Härte in den bis 1913 verstrichenen 30 Jahren bedeutend zugenommen hat. Die Grenzzahl 20° ist derart entstanden, daß zu 10° natürliche Härte 10° Härtezusatz hinzugezählt worden sind; äußerstenfalls sollten für 8° natürliche Härte 12° Härtezusatz geduldet werden. Da nun aber in Wirklichkeit die natürliche Härte jetzt um mindestens 2° größer ist, so würde die Grenzzahl ebenfalls um 2° erhöht werden dürfen, ohne an den für die gesundheitlichen Rücksichten maßgebenden Werten des Härtezusatzes etwas zu ändern.

Wenn der Reichsgesundheitsrat die im 4. Schlußsatze zwar nicht erwähnte, aber für die Festsetzung der Gesamthärte-Grenzzahl entscheidend gewesene Härtezusatzgrenze 10° unter mittleren Verhältnissen beibehalten will, so ergibt sich aus dem Nachweise der Zunahme der natürlichen Härte die Schlußfolgerung, daß die Gesamthärtengrenze von 20 auf 22° zu erhöhen ist. Zieht jedoch der Reichsgesundheitsrat vor, bei der Festsetzung auf 20° zu verbleiben, so erklärt er hierdurch, unter mittleren Verhältnissen sei die Härtezusatzgrenze 8° nicht zu überschreiten. Er nähert sich dann den Anschauungen, die mehrfach dahin geäußert worden sind, der zulässige Härtezusatz dürfe nicht größer als 6° gewählt werden. In dem bei der Beratung des Reichsgesundheitsrates als Unterlage benutzten Entwurfe zum Teilgutachten hatte der Berichterstatter überhaupt keine Grenzzahl für die Gesamthärte beantragt, sondern in seinem 4. Schlußsatze empfohlen, die Festsetzung der Härtegrenze auf eine Zusatzverhärtung von 10° der Beratung zugrunde zu legen. Wie die Begründung des Entwurfes sagt, kann die im Interesse des Bremer Wasserwerkes erhobene Forderung, das dortige Weserwasser um nicht mehr als 10° zu verhärten, als eine unbillige und ungerechtfertigte nicht bezeichnet werden. An einer anderen Stelle spricht die Begründung davon, daß beim Eingehen auf diese Forderung eine Vermehrung der Gesamthärte des Bremer Leitungswassers auf 20° eintreten würde. Wäre dem Berichterstatter bekannt gewesen, daß die jetzige natürliche Härte unter mittleren Verhältnissen nicht $20 - 10 = 10^\circ$ beträgt, sondern um mindestens 2° größer ist, so wäre wohl in seinem Entwurfe eine höhere Grenzzahl genannt worden und dann vermutlich auch in den Beschluß des Reichsgesundheitsrates übergegangen.

Die Begründung des veröffentlichten Teilgutachtens ist in bezug auf die zulässige Größe des Härtezusatzes weiter gegangen und hält einen Zusatz von etwa 200 mg/l Chlormagnesium für angängig „im ungünstigsten Falle, nämlich wenn ein Wasser von 8 Graden natürlicher Härte auf 20 Grade verhärtet wird“. Bei einer Erhöhung der Grenzzahl käme dasselbe Ergebnis heraus, wenn ein Wasser von 10° auf 22° verhärtet würde. Dies würde geschehen, falls man den Wirtschaftsplan bei einheitlicher Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen so einrichtet, daß im weitaus größten Teile des Durchschnittsjahres die Gesamthärte 22° gleichmäßig festgehalten wird. Will man aber eine Erhöhung des Härtezusatzes von 10° bis zu 12° vermeiden, so ließe sich die Festhaltung der Gesamthärte dennoch über die Hälfte des Jahres durchführen, weil nach der Zahlentafel 4 die natürliche Härte bei der zu 210 Unterschreitungstagen im Durchschnittsjahre gehörigen Abflußmenge 285 cbm/sek 12,0° beträgt. Dann würden jedoch an den Füllungstagen der Abwasserbecken so große Mengen von Kaliabwässern aufgespeichert werden, daß die rechtzeitige Entleerung der Becken an den Tagen mit kleinerer Gesamthärte vor dem Beginn der eigentlichen Hochwasserzeit nicht möglich ist.

Wenn der Reichsgesundheitsrat es vorzieht, die Höchstgrenze der Gesamthärte von 20° nicht heraufzusetzen, so kann man auf die nach der Begründung des Teilgutachtens zulässige Möglichkeit einer Erhöhung der Härtezatzgrenze über 10° hinaus verzichten. Denn im Durchschnittsjahre beträgt die Unterschreitungsdauer bei der Abflußmenge 502 cbm/sek, zu welcher die natürliche Härte 10,1° gehört, 300 Tage. So lange wird man aber die gleichmäßige Gesamthärte 20° nicht durchführen, sondern den Wirtschaftsplan besser derart wählen, daß die Entleerung der Abwasserbecken schon früher beendet ist, um zur Hochwasserzeit nichts mehr von dem vorher aufgespeicherten Abwasservorrat ablassen zu müssen. Dies erscheint ratsam zur Begegnung der Bedenken, die in bezug auf eine ständige Verhärtung des Flußwassers bis zur Höchstbelastungsgrenze erhoben worden sind. Wenn Ausuferungen oder Überschwemmungen drohen, sollen die Vorfluter nur so viel Kaliabwässer aufnehmen, wie beim regelmäßigen Betriebe der Kaliwerke anfallen.

Eine Herabsetzung der Höchstgrenze der Gesamthärte auf weniger als 20° , die neuerdings in Vorschlag gebracht worden ist, würde für die Kaliindustrie im Wesergebiet empfindliche Nachteile herbeiführen. Das Kalisyndikat setzt in seiner Eingabe an das Reichsamt des Innern vom 3. April 1918 voraus, „daß der Reichsgesundheitsrat auch in dem zweiten Teile des Gutachtens über das Weserwasser bei Bremen die bereits im ersten Teile als zulässig erkannte Härte von 20° Gesamthärte beibehält“. Da sich das Kalisyndikat mit seiner hierbei gemachten Annahme, das Weserwasser bei Bremen hätte im Durchschnitt etwa 10° natürliche Härte, im Irrtum befindet und die jetzige natürliche Härte im Durchschnitt um mindestens 2° größer ist, so handelt es sich bei 20° Gesamthärte unter mittleren Verhältnissen um einen Härtezusatz von nicht 10° , sondern höchstens 8° . Der durch jene Voraussetzung ausgesprochene Wunsch erscheint daher um so mehr berechtigt und kann wohl bestimmt auf Erfüllung rechnen.

Mit Rücksicht auf die von den Aufsichtsbehörden im Werra- und Fuldagebiet gebilligten, auf die Einleitung großer Abwassermengen gerichteten Wünsche der dortigen Hartsalzwerke erscheint es notwendig, die mit der Verhärtung des Flußwassers durch die Abwässer der Carnallitwerke verbundene Verchloration nicht soweit zu treiben, daß für die gerade auf Vermehrung des Chlorgehaltes hinwirkenden Abwässer jener Hartsalzwerke nicht genug übrig bleibt. Daher empfiehlt sich, im Wirtschaftsplane nicht bis zur zulässigen Grenze der Gesamthärte zu gehen, auch wenn dies bei einheitlicher Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen geschehen könnte. Die bei den Ermittlungen gemachten Annahmen, besonders über die bei der Carnallitverarbeitung anfallende Abwassermenge, sind so vorsichtig gemacht, daß schon hierdurch genügender Spielraum bleibt, falls eine zweckmäßige künstliche Regelung der Einleitungen nach einheitlichen Gesichtspunkten stattfindet. Eine Erhöhung des zulässigen Chlorgehaltes über 300 mg/l hinaus wird vom Reichsgesundheitsrate schwerlich ohne Einschränkung zugestanden. Vielleicht ist aber das Zugeständnis zu erreichen, daß diese Grenzzahl voll ausgenutzt werden darf und kleine Überschreitungen in Ausnahmefällen gestattet sind. Auf ein Entgegenkommen ist wohl zu hoffen, wenn soweit wie möglich verbürgt wird, daß der durch Chlormagnesium verursachte

Chlorgehalt tief unter der Zulässigkeitsgrenze bleibt und die höhere Belastung des Flußwassers mit Chlor nur vom Chlornatrium herührt. Aus diesen Gründen habe ich bei dem in der Zahlentafel 6 dargestellten Wirtschaftsplane angenommen, die normale Gesamthärte soll nicht mehr als $18,5^\circ$ und der normale Gesamtchlorgehalt nahezu 300 mg/l betragen; hierbei läßt sich mit einem größten normalen Härtezusatz von $7,7^\circ$ auskommen. Als Härtegrenzzahlen sollen jedoch 20° für die Gesamthärte und 10° für den Härtezusatz gelten.

Ähnlich wie bei dem in meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 mitgeteilten Wirtschaftsplane für die Untere Weser, habe ich bei der Zahlentafel 6 angenommen, in dem zugrunde gelegten Durchschnittsjahre solle die gleichmäßig über das ganze Jahr verteilte Carnallitverarbeitung nach der gewöhnlichen Abflußmenge 242 cbm/sek bemessen werden. Bei ihr beträgt die normale natürliche Härte $12,4^\circ$, so daß bis zur Gesamthärte $18,5^\circ$ Raum für einen $6,1^\circ$ betragenden Härtezusatz bleibt. Die Carnallit-Tagesverarbeitung kann um so größer sein, je größer der Härtezusatz und je größer die Abflußmenge ist. In der genannten Denkschrift wird zur Berechnung der Tagesverarbeitung die Formel $t = (h'' \cdot q) : 13,6$ benutzt; im vorliegenden Fall ist $t = (6,1 \cdot 242) : 13,6 = 109$ Tausend dz. Dieser auf den Kalendertag bezogenen Tagesverarbeitung entspricht eine solche von 133 Tausend dz am Arbeitstage und eine Jahresverarbeitung von 39,9 oder rund 40 Millionen dz Carnallit.

Für die unter 180 Unterschreitungstagen gelegenen Häufigkeitsstufen vermindert sich der Härtezusatz allmählich bis auf $4,5^\circ$ bei 98 cbm/sek Abflußmenge, bei welcher Niedrigwasserführung nur die Abwässer von 32 Tausend dz in die Vorfluter eingeleitet werden dürfen, um die Gesamthärte $18,5^\circ$ nicht zu übersteigen. Also müssen bei so kleinem Niedrigwasser täglich die Abwässer von 77 Tausend dz Carnallit in den bei jedem Kaliwerke befindlichen Abwasserbecken aufgespeichert werden. Je kleiner die natürliche Härte wird, um so mehr nimmt der Härtezusatz und die zugehörige Abflußmenge zu, um so größer wird mithin auch die Carnallitmenge, deren Abwässer unmittelbar in die Flüsse übergehen können, und um so kleiner wird der in den Abwasserbecken aufzuspeichernde Anteil des bei 109 Tausend dz Tagesverarbeitung

anfallenden Abwassers. An 180 Füllungstagen nehmen diese Becken die Abwässer von 7,5 Millionen dz Carnallit auf, während diejenigen von 12,5 Millionen dz abfließen. Dagegen gelangen an 120 Entleerungs- und 65 Hochwassertagen außer den Abwässern der rund 20 Millionen dz großen Verarbeitungsmenge noch jene aufgespeicherten Vorräte, also im ganzen die Abwässer von 27,5 Millionen dz in die Untere Weser. Von der ganzen Abwassermasse kommen daher 620 000 cbm in den 180 Füllungstagen und 1380 000 cbm in den übrigen Tagen zum Abfluß. Der Speicher- raum muß die gleichzeitige Aufbewahrung von 375 000 cbm gestatten, d. h. rund 2820 cbm auf je Tausend dz werktägliche Carnallitverarbeitung.

Die Durchführung der Gesamthärte $18,5^\circ$ über die Stufe des Häufigkeitsmittels hinaus bis zu 270 Unterschreitungstagen ist für den Betrieb der Abwasserbecken sehr vorteilhaft. Bei den hier reichlichen, aber noch unter der Hochwassergrenze bleibenden Wasserführungen und bei den bis zu $7,7^\circ$ anwachsenden höheren Werten der Härtezusätze kann in diesen Stufen mehr Abwasser abfließen, als durch die Carnallitverarbeitung neu hinzukommt. Daher lassen sich die Abwasserbecken ziemlich schnell entleeren, und man braucht die dem Hochwasser sich nähernden Wasserführungen nicht zu Hilfe zu holen. In den obersten Stufen nehmen infolge der starken Verdünnung die Härtezusätze und die Gesamthärte schnell ab. Bei einem derartigen Wirtschaftsplane werden alle Abflußmengen, nur abgesehen von den Hochwassermengen, so vollständig wie möglich zur Abwasserbeseitigung verwertet, ohne die zulässigen Grenzzahlen des Salzgehaltes zu übersteigen. Die oft beklagten Schwankungen der Gesamthärte werden tunlichst vermieden, was auch für die gewerbliche Benutzung des Flußwassers ein wesentlicher Vorteil ist und die Flußaufsicht erleichtert. Durch einheitliche Bewirtschaftung der Abwasserbecken wird es sogar gelingen, die von den bedeutenden Schwankungen der natürlichen Leinehärte verursachte Ungleichmäßigkeit der Weserhärte größtenteils auszugleichen und die Abweichungen von den normalen Werten des Salzgehaltes erheblich zu vermindern.

Was die Härtezusätze anbelangt, so schwanken auch diese, von den Hochwassertagen abgesehen, in geringem Maße von

4,5 bis 7,7°. Die kleineren Werte von 4,5 bis 6,1° entfallen auf die Füllungstage der Abwasserbecken, die hauptsächlich im Sommerhalbjahre liegen. Die größeren Werte von 6,1 bis 7,7° herrschen im Winterhalbjahre vor, das die Zeit der reichlicheren Wasserführungen ist. Nach den langjährigen Beobachtungen am Badener Pegel verteilen sich von den 180 Unterschreitungstagen bei der mittleren Häufigkeitsstufe 140 auf die sommerliche und nur 40 auf die winterliche Jahreshälfte. Auch aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, durch Aufspeicherung beträchtlicher Abwassermengen in den Becken das Abfließen der Endlaugen möglichst vom wasserärmeren Sommer auf den wasserreicheren Winter zu verschieben. Während jetzt in beiden Jahreshälften gleich große Mengen von Kaliabwässern in die Flüsse gelangen, soll künftighin die Belastung des Flußwassers mit aufgelösten Abgängen der Kaliwerke im Sommer nur etwa halb so groß wie im Winter sein. Für seine Verwendung zur Trinkwasserversorgung erscheint dies doppelt wichtig, weil in der heißen Jahreszeit der Wasserverbrauch am größten und eine solche Ermäßigung des Salzgehaltes am meisten erwünscht ist schon deshalb, um den bedeutenden Nachteil der Flußwasserversorgung, die übermäßige Erwärmung im Sommer und Abkühlung im Winter, nicht gar zu sehr zu verschärfen.

Aus den in der Reihe 3 der Zahlentafel 6 enthaltenen Härtezusatzzahlen sind in der Reihe 4 die entsprechenden Chlorzusatzzahlen im Verhältnis von 1° Härtezusatz auf 20 mg/l Chlor abgeleitet. Die Angaben der Reihe 5 über den natürlichen Chlorgehalt sind aus der Zahlentafel 5 entnommen. Zählt man in jeder Spalte die Zahlen der Reihen 4 und 5 zusammen, so ergeben sich die in der Reihe 6 verzeichneten Summenwerte, zu denen noch die Chlor-Mehrbeträge hinzugefügt werden müssen, um über den Gesamtchlorgehalt Bescheid zu wissen. Der jetzige Chlor-Mehrbetrag ist nach der Zusammenstellung im vorigen Abschnitte gerade bei reichlicher Wasserführung mit 640 cbm/sek Abflußmenge wesentlich größer, als er sein würde, wenn die Einleitung der verchlорenden Salze gleichmäßig stattfände: statt 13 beträgt er 21 mg/l. Letztere Zahl halte ich auch für die Zukunft fest und habe berechnet, um wieviel die Chlor-Mehrbeträge bei den kleineren Abflußmengen der übrigen Häufigkeitsstufen infolge der schwächeren Verdünnung größer sind, wenn die Einleitung dieser

Salze während des ganzen Jahres gleichmäßig bewirkt wird. Die Ergebnisse der einfachen Rechnung weisen in der Reihe 7 eine schnell steigende Erhöhung bis zu 137 mg/l bei kleinem Niedrigwasser mit 98 cbm/sek Abflußmenge auf. Durch die Zusammenzählung der Reihen 6 und 7 bekommt man in der Reihe 8 die Werte des Gesamtchlorgehaltes, die von 108 mg/l bei 640 cbm/sek allmählich anwachsen bis nahezu 300 mg/l bei jenem kleinen Niedrigwasser. Nach Ausweis der beiden letzten Reihen werden von 108 mg/l Chlor bei 640 cbm/sek Abflußmenge 31% vom Chlormagnesium und 69% vom Chlornatrium herrühren, dagegen von dem höchsten Gesamtchlorgehalte 296 mg/l bei kleinem Niedrigwasser nur 19% vom Chlormagnesium und 81% vom Chlornatrium.

Bei einem derartigen Wirtschaftsplane sind gerade diejenigen Wasserführungen, die am wenigsten von der Endlaugeneinleitung für die Verchlorung in Anspruch genommen werden, bei der Beseitigung des Abwassers der Werra-Hartsalzwerke am stärksten mit Chlor belastet. Andererseits vermindert sich diese Belastung infolge der starken Verdünnung sehr bedeutend, sobald die Einleitung des Chlormagnesiums der Carnallitwerke beim Ablassen der aufgespeicherten Abwasservorräte aus den Becken erheblich gesteigert wird. Mithin tritt ein weitgehender Ausgleich zwischen den Bedürfnissen der Carnallitwerke und der auf die Abwasser-einleitung angewiesenen Hartsalzwerke ein, und die Aufnahmefähigkeit der Unteren Weser für die Beseitigung der Chlorverbindungen wird gut ausgenutzt. Die Hartsalzwerke im Werra- und Fuldagebiet erzielen hierbei noch überdies den Vorteil, daß sie die Hartsalzverarbeitung sehr bedeutend vermehren können, ohne übermäßig große Abwasserbecken herstellen zu müssen. Bis zur kleinen Niedrigwasserführung mit 98 cbm/sek Abflußmenge wären solche Becken mit Rücksicht auf die Belastung der Unteren Weser überhaupt nicht notwendig, falls man die gleichmäßige Verarbeitung so bemißt, daß bei der gewöhnlichen Abflußmenge 242 cbm/sek der Chlor-Mehrbetrag 55 mg/l nicht überstiegen wird. In Wasserklemmenjahren kommen jedoch kleinere Abflußmengen nicht selten vor, bei denen die gleichmäßige Hartsalzverarbeitung ohne Aufspeicherung der Abwässer oder der Rückstände nicht durchgeführt werden kann. Auch dürfte die Rücksichtnahme auf die Belastbarkeit der Werra hierzu nötigen. Für die Entleerung

der Becken der Hartsalzwerke oder das verstärkte Verwaschen der Rückstandsvorräte stehen namentlich die großen Abflusmengen der obersten Häufigkeitsstufen zur Verfügung, weil die Verchloration ohne gleichzeitige Verhärtung dann unbedenklich erscheint und die bei hohen Wasserführungen eingeleiteten Chlornatriummengen sehr stark verdünnt werden.

Wenn bei der Hartsalzverarbeitung nur $\frac{1}{3}$ der Rückstände durch Laugenwäsche mit nachfolgender Wasserwäsche des Rohkieserits in die Vorfluter eingeleitet würde, so kämen von Tausend dz Hartsalz am Kalendertage etwa 135 dz Chlor nach der Unteren Weser, also von 23,5 Tausend dz Hartsalz (wie im Jahre 1913) rund 3170 dz Chlor. Wird diese Chlormenge in 86400 Sekunden auf die gewöhnliche Abflußmenge dieses Jahres = 230 cbm/sek verteilt, so ergibt sich ein Chlorgehalt des Flußwassers von 0,016 kg/cbm oder 16 mg/l als Chlor-Mehrbetrag, der sich für die gewöhnliche Abflußmenge 242 cbm/sek im Durchschnittsjahre auf 15 mg/l bei 23,5 Tausend dz Hartsalzverarbeitung vermindert. Dem zugehörigen Chlor-Mehrbetrage 55 mg/l entspricht die Hartsalz-Verarbeitungsmenge $t = (55 : 15) 23,5 = 86$ Tausend dz am Kalendertage, mithin 105 Tausend dz am Arbeitstage und 31,5 Millionen dz im Jahre. Für einen beliebigen anderen Chlor-Mehrbetrag c''' bei der Abflußmenge q ist die Tagesverarbeitung nach der Formel $t = (c''' \cdot q) : 156$ zu berechnen. Bei der Annahme des Wirtschaftsplanes, die Tagesverarbeitung solle gleichmäßig durchgeführt werden, ergeben die in der Zahlentafel 6 verzeichneten Werte in allen Spalten $t = 86$ Tausend dz. Die Jahresverarbeitungsmenge 31,5 Millionen dz ist 3,7mal so groß wie die Hartsalzverarbeitung im Werra- und Fuldagebiet von 1913, wogegen die auf 40 Millionen dz ermittelte Carnallit-Jahresverarbeitung im ganzen Wesergebiet nur 2,5mal größer als diejenige von 1913 wäre. Demnach ist die Entwicklungsmöglichkeit der auf Abwassereinleitungen angewiesenen Hartsalzverarbeitung höher als die der Carnallitverarbeitung angesetzt. Für beide Zweige der Kaliindustrie halte ich die Möglichkeit einer noch weitergehenden Entwicklung als keineswegs ausgeschlossen, wie in meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 für die Carnallitverarbeitung dargelegt ist.

Die Untersuchung, in welcher Weise die nach dem Wirt-

schaftsplane für die Untere Weser sich ergebenden Abwassermengen auf die in Betracht kommenden wichtigsten Zuflüsse zu verteilen wären, kann auf die eine Verhärtung bewirkenden Abwasser beschränkt werden. Die Zahlentafel 7 liefert ein Bild über die Verteilung der Carnallitverarbeitung auf die einzelnen Gebietsteile, das von der in jener Denkschrift mitgeteilten Übersicht hauptsächlich durch Zugrundelegung der weniger hohen Härtegrenzzahlen abweicht. Ferner sind außer den für die mittlere Abwassereinleitung gültigen Zahlen diejenigen angegeben, die der größten Abwassereinleitung entsprechen.

In den von der Kaliindustrie benutzten Weserzuflüssen gelten erheblich höhere Grenzzahlen als in der Unteren Weser, deren Abflußmenge größtenteils aus Gebietsteilen stammt, die zum Salzgehalte wenig beitragen und als Verdünnungsgebiete bezeichnet werden können im Gegensatze zu den Versalzungsgebieten, aus denen der künstliche Härte- und Chlorzusatz stammt. Die Verdünnungsgebiete (Fulda, Obere und Mittlere Weser) liefern 47,1% der gewöhnlichen Abflußmenge oberhalb Bremen, die Versalzungsgebiete (Werra, Obere Aller, Leine, Untere Aller) 52,9%. Für die Verdünnungsgebiete braucht man nur $\frac{1}{10}$ der auf 133 Tausend dz am Arbeitstage ermittelten gleichmäßigen Tagesverarbeitung der Carnallitwerke vorzubehalten. Die übrigen $\frac{9}{10}$ wären, um keinen Gebietsteil zu bevorzugen, im Verhältnis der Beiträge zu verteilen, die sie zur gewöhnlichen Abflußmenge der Unteren Weser im Durchschnittsjahre liefern. Dann kämen auf das Werragebiet 30,8, auf die einzelnen Gruppen des Allergebietes zusammen 88,9 und auf die Verdünnungsgebiete 13,3 Tausend dz am Arbeitstage. Die beiden ersten Zahlenspalten enthalten die näheren Angaben über die entsprechende Tagesverarbeitung am Arbeitstage und Jahresverarbeitung, wenn diese bis zu 40 Millionen dz im ganzen Wesergebiete vorgeschritten ist.

In den Zahlenspalten 3 bis 5 sind die Werte der gleichmäßigen Tagesverarbeitung auf den Kalendertag bezogen, die gewöhnlichen Abflußmengen des Durchschnittsjahres damit verglichen und die nach der Formel $h'' = 13,6 (t : q)$ berechneten Werte des mittleren Härtezusatzes beigefügt. Die Zahlenspalten 6 bis 8 liefern dieselben Angaben für diejenige Art der Wasserführung, bei welcher die größten Abwassermengen in die Vorfluter gelangen und die

Härtezusätze am größten sind. Während die Untere Weser den Härtezusatz $7,7^\circ$ erhält, würden die Hauptvorfluter der Versalzungsgebiete sämtlich mit $13,4^\circ$ belastet werden, falls die Einleitung der Abwässer aus den Carnallitwerken überall nach Maßgabe der gleichwertigen Abflußmengen erfolgt. Weil die vom Reichsgesundheitsrate bereits als gesundheitlich zulässig anerkannte Grenzzahl des Härtezusatzes in der Unteren Weser um $2,3^\circ$ höher liegt, nämlich auf $10,0$ statt auf $7,7^\circ$, so habe ich in der Zahlenspalte 9 auch die übrigen, aus der Nachbarspalte zu entnehmenden Härtezusätze um $2,3^\circ$ höher angenommen, also auf $15,7^\circ$ für die Grenzzahlen der Härtezusätze in den Hauptvorflutern der Versalzungsgebiete.

Die nach einheitlichen Gesichtspunkten ermittelten Härtezusatzzahlen bringen zum Ausdruck, wie hoch die Belastung der Weserzuflüsse zugelassen werden kann, um in der Unteren Weser bei normalen Verhältnissen und bei einheitlicher Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen den Härtezusatz $7,7^\circ$ nicht zu übersteigen. Falls in einem Gebietsteile aus örtlichen Gründen die in der Zahlentafel 7 angegebene Belastung des Hauptvorfluters als zu hoch erscheint, so vermindert sich die Verarbeitungsmenge des betreffenden Gebietes und kann diejenige eines anderen Gebietsteiles, dessen Hauptvorfluter stärker belastet werden darf, entsprechend erhöht werden. Ebenso wäre die Verarbeitungsmenge eines Versalzungsgebietes, dessen Carnallitverarbeitung voraussichtlich niemals die angegebene Größe erreichen wird, entsprechend zu vermindern zugunsten anderer Gebietsteile, die sehr reiche Carnallitlager besitzen. Die über einen solchen Ausgleich erforderlichen Vereinbarungen würden den beteiligten Bundesstaaten anheimzustellen sein. Eine dafür geeignete Grundlage, welche die Rückwirkung der Vereinbarungen auf die Untere Weser leicht zu beurteilen gestattet, wird meines Erachtens durch die Zahlentafel 7 geboten. Wie der Chlorgehalt hierbei zu berücksichtigen ist, geht aus den früheren Darlegungen hervor. Da im Werragebiete die Hartsalzwerke den größten Teil der Belastbarkeit der Werra mit Chlor beanspruchen, so wird dort voraussichtlich die Aufnahmefähigkeit für Chlormagnesium erheblich herabgesetzt und kann die dort ersparte Carnallit-Verarbeitungsmenge einem anderen Gebiete, z. B. dem der Oberen Aller, zugeteilt werden.

6. Tjadens Beurteilung meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917.

Herr Obermedizinalrat Prof. Dr. Tjaden in Bremen hat kürzlich eine Beurteilung meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 verbreitet, die bereits dem Königlichen Landeswasseramte in Berlin zur Verhandlung vom 2. Oktober 1917 über Beschwerden der Leine-Innerste-Kaliwerke vorgelegt und mir bekannt geworden war. Im ersten und umfangreichsten Teile behandelt er meine Darlegungen über die Zunahme der natürlichen Härte des Weserwassers bei Bremen und meinen Vorschlag, die Härtegrenzzahl von 20 auf 22° zu erhöhen. Im zweiten Teile bespricht er meine Ausführungen über die Wasserversorgung Bremens. Ein dritter, ganz kurzer Teil ist meinem Vorschlage zur einheitlichen Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen im Wesergebiete gewidmet.

I. Im **ersten Teile** sagt Tjaden, der Reichsgesundheitsrat hätte sich nicht für einen Härtezusatz von 10° erklärt, sondern als Höchstgrenze der Verhärtung die Gesamthärte 20° festgesetzt. Nachträglich wäre vom Berichterstatter berechnet worden, daß diese Festsetzung eine Härtevermehrung um 10° bedeute. Sodann geht er auf meine Bemängelung seiner Verwertung der Jankeschen Analysen ein, die im 2. Abschnitt der vorliegenden Erwiderung ausführlich mitgeteilt sind. Im 7. Abschnitt komme ich hierauf zurück. Er fährt fort, außer diesen Analysen wären von 1881 bis 1901 zahlreiche Untersuchungen des Bremer Leitungswassers gemacht worden, bei denen die Härtegrade in unzuverlässiger Weise nach dem Seifenverfahren bestimmt seien. Ich hätte dies wohl nicht gewußt und aus den nicht brauchbaren Zahlen eine langsame Steigerung der Härte um 2° berechnet, wovon 0,8° auf die in den letzten Jahren der Beobachtungsreihe bewirkte Einleitung der Kaliabwässer zurückzuführen wäre. Die Untersuchungen seien nicht geeignet, darauf Theorien aufzubauen. Wolle man sie verwerten, so bewiesen sie das Gegenteil meiner Annahme, weil sie in den 80er Jahren eine mittlere Härte von 8,38° und in den 90er Jahren eine solche von nur 7,70° ergeben hätten. Übrigens sei meine „Methode der Durchschnittsberechnung“

nung“ grundsätzlich unrichtig. Für die nach 1901 noch übrig bleibende Jahresreihe von 10 bis 15 Jahren bis 1911/16 hätte ich zunächst die gewöhnliche Abflußmenge berechnet, sodann die durchschnittliche Gesamthärte nach den Hannoverschen Mischanalysen, schließlich aus der Carnallit-Jahresverarbeitung den durchschnittlichen Härtezusatz. Durch Abzug des Härtezusatzes von der Gesamthärte wäre von mir die durchschnittliche natürliche Härte ermittelt und mit derjenigen vor Einleitung der Kaliabwässer verglichen worden; den Unterschied hielte ich für eine Zunahme der natürlichen Härte.

Gegen mein angebliches Verfahren erhebt Tjaden mehrere Einwendungen. Die Beziehungen zwischen der gewöhnlichen Abflußmenge und der als Jahresmittel angenommenen Härte gäben kein Bild über die tatsächliche Zusammensetzung des Weserwassers, weil die Abflußmengen und Härtegrade und die zwischen ihnen bestehenden Verhältnisse stetigen Schwankungen unterworfen seien. Zum Beweise, daß diese Einzelheiten nicht mit Durchschnittsberechnungen zum Verschwinden gebracht werden dürften, berechnet er die jährliche Abflußmasse, die sich nach der gewöhnlichen Abflußmenge ergeben müsse, auf 7,63 Milliarden cbm, während ich sie auf etwas über 10 Milliarden cbm angegeben hätte. Ebenso wenig dürfe man die durch Mischanalysen gefundene Durchschnittshärte als maßgebend für die Menge der im Flußwasser enthaltenen Salze ansehen. Auch gewährten sie keinen Aufschluß darüber, welcher Anteil an den einzelnen Tagen auf die natürliche und auf die künstliche Härte entfallen sei. Würden alle solche Verschiedenheiten durch den großen Hobel der Durchschnittsberechnung beseitigt, so erziele man zwar eine rechnerische Übereinstimmung, aber kein Bild der Wirklichkeit. Noch bedenklicher würde die Sache, wenn dazu bei all den schwankenden Verhältnissen auf Bruchteile von Graden heruntergerechnet wird und daraus weitgehende Schlußfolgerungen gezogen werden.

Ferner wirft Tjaden mir vor, ich hätte die Selbstreinigung der Flüsse von Kaliabwässern beachten müssen. Denn im Falle ihres Vorhandenseins wäre die von mir ermittelte Zunahme der natürlichen Härte des Weserwassers noch größer als nach meiner Ermittlung, und das würde mich doch wohl stutzig gemacht

haben. Während ich auf die bisher genannten Vorwürfe im Zusammenhange erwidern werde, gehe ich auf solche nebensächlichen Dinge sofort ein. Die in der Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 enthaltene Angabe, die Selbstreinigung in der Weser schiene nicht erheblich zu sein, ist nicht leichthin gemacht, sondern beruht auf Erwägungen, deren Mitteilung von der eigentlichen Sache ablenken würde. Meine Anschauung stimmt ausnahmsweise mit dem überein, was Tjaden in seinem Kaliindustriebuche darüber gesagt hat. Eine auf Versuche und Beobachtungen zu stützende Untersuchung war von den Berichterstattern für das Wesergutachten des Reichsgesundheitsrates beabsichtigt, mußte aber wegen des Krieges unterbleiben. Ich selbst hatte als früherer Mitberichterstatter einen Vorschlag zur Untersuchung gemacht und konnte in der Denkschrift nur erwähnen, daß die Frage nicht untersucht worden ist. Nach den mir bekannten Unterlagen scheinen die von der Werra in die Obere Weser gebrachten Salzmengen ohne erheblichen Abzug durch Selbstreinigung in der Mittleren Weser oberhalb der Allermündung und in der Unteren Weser abzufließen.

Weiterhin sucht Tjaden meine Darlegungen durch die Behauptung zu entkräften, ich hätte bei meinem Urteile über die Salzbelastung der Werra und Weser einen schweren Irrtum begangen durch die Verwechslung von Rohsalz und Carnallit. Dieser Verwechslung wäre es zuzuschreiben, daß ich seine Feststellung, die Belastung der Unteren Weser sei 1913 durch die tägliche Verarbeitung von 104 000 dz Rohsalz bedingt gewesen, für unrichtig halte. Ebenso hätte sie mich zu einem falschen Urteil über die Anreicherung veranlaßt, welche das Werrawasser durch die Einleitung der Kaliabwässer erfährt. Der Chlorgehalt dieses Wassers sei bedeutend größer, als ich angegeben hätte; denn er wäre im Juli 1917 bei Gerstungen auf 835 bis 1731 mg/l ermittelt worden, wogegen ich von „viel zu starken Schwankungen zwischen 300 bis 800 mg/l an dicht beieinander gelegenen Tagen der Niedrigwassermonate“ gesprochen habe. Daß sich diese Äußerung auf die Werra bei Münden bezieht, bis wohin der bei Gerstungen gefundene Chlorgehalt auf die Hälfte verdünnt worden ist, scheint vom Beurteiler übersehen zu sein. Hiermit fällt dieser Einspruch und bedarf keiner besonderen Erwiderung. Dies gilt

auch für die Einwendung, ich nähme irrtümlich an, „in Bremen sei die Beschaffenheit des Wassers nur einige Male in der Woche festgestellt, während selbstverständlich tägliche Untersuchungen stattgefunden haben“. Dann war es mein Fehler, die hierauf bezügliche Mitteilung Tjadens in seinem 1915 erschienenen Kaliindustriebuche für richtig zu halten. Er sagt dort auf Seite 80, seit dem Jahre 1911 hätte eine dreifache Kontrolle stattgefunden: „Wöchentliche Analysen, die bis in alle Einzelheiten gingen, tägliche Chlorbestimmungen und seit Anfang August 1911 dazwischen eingeschoben zuerst tägliche, dann zwei- bis dreitägliche Halbanalysen (Chlor, Schwefelsäure, Calcium und Magnesium)“. Die täglichen Chlorbestimmungen habe ich ausdrücklich erwähnt und betreffs der Analysen angegeben, es seien 31 im August und je 12 bis 13 im September/November 1911 bewirkt worden; andere sind meines Wissens nicht veröffentlicht.

Tjaden faßt seine Meinung über meine „Härtezunahme-theorie“ dahin zusammen: „1. Die über die Beschaffenheit des Weserwassers vorhandenen Analysen aus dem Zeitraum von 1880 bis 1899 geben keine Anhaltspunkte für die Annahme, daß während dieser Zeit eine Zunahme der natürlichen Härte stattgefunden hat. Will man die Analysen benutzen, wie Keller es getan hat, so beweisen sie das Gegenteil von dem, was Keller herausliest. Bei dieser Sachlage hatte der Berichterstatter des Weser-Gutachtens recht, wenn er in vorsichtiger Weise die natürliche Härte des Weserwassers vor Einleitung der Kaliabwässer auf 8 bis 10° deutsche Härte mit Abweichungen nach unten und oben annahm. 2. Auch für die Zeit nach 1900 ist eine Zunahme der natürlichen Härte nicht erwiesen. Die von Keller benutzten Unterlagen und Berechnungsmethoden lassen so viel berechnete Einwendungen zu, daß seine Schlußfolgerungen als zu Recht bestehend nicht anerkannt werden können.“

II. Im **zweiten Teile** bestreitet Tjaden zunächst die Richtigkeit meiner Meinung, daß Bremen für seine Wasserversorgung Grundwasser zu beschaffen wohl in der Lage wäre, wenn man die freilich bedeutenden Kosten der Wassergewinnung und Zuleitung aufwenden wollte. In dieser Hinsicht erhielt ich im vorigen Herbste ein amtliches Schreiben der zuständigen Kommission des Bremer Senates mit der Frage, woher ich die zur Begründung

vorgebrachten Angaben der Weser-Denkschrift entnommen hätte. In meiner Antwort habe ich die Senatskommission hingewiesen auf ein geologisch-hydrologisches Gutachten von bestberufener Seite, an deren Zuverlässigkeit und Unparteilichkeit nicht zu zweifeln ist. Durch die lange vorher geschriebene Mitteilung dieser Kommission an die Landesanstalt für Wasserhygiene wird das sachkundige Urteil, aus dem meine Angaben stammen, in keiner Weise widerlegt, so daß ich nach wie vor die Verwendung des Weserwassers zur Trinkwasserversorgung Bremens als ein Übel ansehe, das nicht unbedingt notwendig ist. Nach der Anleitung des Bundesrates vom Jahre 1906, betreffend die Gesichtspunkte für Beschaffung eines brauchbaren, hygienisch einwandfreien Wassers, soll ein gutes Trinkwasser „möglichst farblos, klar, gleichmäßig kühl, frei von fremdartigem Geruch und Geschmack, kurz von solcher Beschaffenheit sein, daß es gern genossen wird“. Wie aus der Veröffentlichung Jankes über die Arbeiten des Bremer Staatslaboratoriums hervorgeht, hat die Temperatur des dortigen Leitungswassers in den Jahren 1877/1901 von 0° bis zu 23,4° C geschwankt. Eine Wasserversorgung, auch wenn sie im übrigen so vortrefflich wie diejenige Bremens eingerichtet ist, mit derartigen Schwankungen der Temperatur kann den Ruf, gutes Trinkwasser zu liefern, durch Erhöhung des Salzgehaltes der Weser nicht einbüßen, da sie auf diesen Ruf keinen Anspruch hat.

Tjaden legt dagegen Verwahrung ein, daß in meiner Denkschrift gesagt ist, er bekämpfe die weitere Ausdehnung der Kaliabwasser-Einleitungen, damit die Einwohner Bremens etwas weniger übel schmeckendes Wasser trinken. Diese Bemerkung bezieht sich darauf, daß meines Erachtens ein in der Zeit des größten Bedarfes viel zu warmes und kohlenstoffreiches Wasser trotz guter Reinigung übel schmeckt, was auch aus den Mitteilungen über die in Bremen ausgeführten Schmeckversuche ersichtlich ist. Das warme Wasser würde noch übler schmecken, wenn seine Verhärtung über das im Teilgutachten des Reichsgesundheitsrates als zulässig anerkannte Maß des Härtezusatzes von 10° hinaus gesteigert würde. Die Begründung des Teilgutachtens hält übrigens einen Zusatz von etwa 200 mg/l Chlormagnesium, also rund 12° Härtezusatz, im ungünstigsten Falle

noch für erträglich, obwohl er „zweifellos schon von einer Anzahl von Personen unangenehm empfunden“ wird.

Vergleiche zwischen der für Bremen befürchteten übermäßigen Verhärtung und den noch höheren Härtegraden des Trinkwassers in anderen Städten hält Tjaden für unzulässig, weil der Nachteil für Bremen darin bestehe, daß das Übermaß der Härte durch Chlormagnesium und nicht etwa durch andere Härtebildner hervorgerufen würde. Hierauf ist zu erwidern, daß die dem Entwürfe des ersten Weser-Gutachtens zugrunde gelegten Geschmacksprüfungen mit verdünnten Endlaugen in der Landesanstalt für Wasserhygiene ergeben haben, die Mehrzahl der Versuchspersonen beginne das mit Chlormagnesium verhärtete Wasser als nicht mehr wohlschmeckend zu bezeichnen, wenn die Magnesia-verhärtung 12,1 bis 13,6° beträgt. Hierauf bezieht sich die Äußerung des Teilgutachtens, man könne nötigenfalls an einen Zusatz von 200 mg/l Chlormagnesium unbedenklich herangehen, ohne mit den hygienischen Forderungen in Widerspruch zu geraten, „weil mit einer gewissen Gewöhnung an den Geschmack des Trinkwassers seitens der Verbraucher gerechnet werden darf“. In diesem Sinne habe ich auf die wünschenswerte Nachprüfung solcher Schmeckversuche mit Verwertung der Erfahrungen aus der Praxis hingewiesen, vielleicht durch Sachkundige, die an den Genuß harten Wassers mit hohem Salzgehalte, auch mit bedeutender Magnesiaihärte, bereits gewöhnt sind.

Eine lange Erörterung knüpft sich an folgende Angabe des Kaliindustriebuches auf Seite 349: „Im Jahre 1913 hat das Weserwasser bei Bremen auch bei Wasserführungen, die beträchtlich über Mittelkleinwasser liegen, bereits zwischen 16 und 20° sich bewegende Härte und einen Chlorgehalt zwischen 200 und 250 mg im Liter gehabt. Die durch die Kaliindustrie bedingte Steigerung der Härte betrug bei den erwähnten Wasserführungen gegen den natürlichen Zustand des Weserwassers 6 bis 10°, die Steigerung des Chlorgehaltes 150 bis 200 mg im Liter.“ Im 7. Abschnitt muß ich hierauf zurückkommen; einstweilen sei nur erwähnt, daß Tjaden mich als Opfer meiner Verallgemeinerungsmethode erklärt, weil ich glaubte, im Juni/November 1913 wäre an $\frac{5}{6} = 83\%$ aller Tage die Gesamthärte höher als 16° gewesen, wogegen nach den bisher nicht veröffentlichten Analysen diese

Gesamthärte an $\frac{85}{172} = 50 \text{ ‰}$ jener Zeit überstiegen worden wäre. Er hat mitzuteilen unterlassen, daß (laut Seite 24 meiner Weser-Denkschrift) meine Angabe seiner eigenen Veröffentlichung auf Seite 87 des Kaliindustriebuches entnommen ist, die ich als einzige von Bremen bekannt gegebene Unterlage zur Beurteilung der Beschaffenheit des Weserwassers im Kalenderjahre 1913 bisher für maßgebend gehalten habe. Sie ist deshalb auch von mir für die Untersuchung über den jetzigen Salzgehalt der Unteren Weser im 1. Abschnitt der vorliegenden Erwiderung benutzt worden. Unter den in der Zahlentafel 1 aufgeführten, aus dem Tjadenschen Kaliindustriebuche abgedruckten Analysen beziehen sich 24 auf Wasserproben aus den genannten Monaten Juni/November 1913, und 20 hiervon haben mehr als 16° Gesamthärte ergeben. Dies macht $\frac{20}{24} = \frac{5}{6} = 83 \text{ ‰}$ auf Grund der von Tjaden getroffenen Auswahl. Wenn er falsch ausgewählt hat, wodurch für die Sommermonate eine zu hohe Gesamthärte herausgekommen ist, so liegt der Fehler bei ihm, aber nicht bei mir.

Desgleichen behandelt Tjaden eingehend meine Äußerung, bei der oft auf lange Dauer und in bedeutendem Maße eingetretenen Übersteigerung der Grenzzahlen 16° für die Gesamthärte und 200 mg/l für den Gesamtchlorgehalt hätten gesundheitliche Schäden nicht verborgen bleiben können, wenn sie überhaupt eingetreten wären. Nach seiner oben im Wortlaut mitgeteilten Angabe auf Seite 349 des Kaliindustriebuches soll bei einer Gesamthärte zwischen 16 und 20° im Jahre 1913 der Magnesiahardezusatz 6 bis 10° betragen haben. Er fährt fort, es sei zu befürchten, daß das Wasser einer zentralen Versorgungsanlage die Verdauungsorgane der Säuglinge ungünstig beeinflussen könne, wenn es durch Kaliabwässer um 6 bis 7° Magnesiahardezusatz verhärtet ist. Wieviel Wasser ein Bremer Säugling täglich eingeflößt bekommen müßte, um unter den pharmakodynamischen Eigenschaften des stark verdünnten Chlormagnesiums zu leiden, kann ich nicht beurteilen. Vielmehr verlasse ich mich auf die Begründung des Teilgutachtens, wonach eine bedeutend höhere Verhärtung für hygienisch unbedenklich und die Gesamthärte 20° als aus Geschmacksrücksichten zulässig bezeichnet wird mit dem Hinzu-fügen: „Unmittelbare Gesundheitsschädigungen sind selbst von stark verhärtetem und versalztem Wasser kaum zu befürchten;

für sonstige ungünstige Wirkungen auf die Gesundheit fehlen Anhaltspunkte.“

Schließlich bezweifelt Tjaden die Richtigkeit meiner Ausführungen über die der Kaliindustrie bei Verweigerung der Zulässigkeit neuer Abwassereinleitungen drohenden Schäden und bestreitet, daß er die Kaliindustrie erdrosseln wolle. Die Fähigkeit hierzu habe ich ihm nicht zugetraut, sondern nur ausgesprochen, selbst durch Erdrosselung der Kaliindustrie könne er den großen Übelstand der übermäßigen Wärme des Trinkwassers im Sommer nicht beseitigen. Hiervon mag er aber nicht gerne hören und lenkt daher auf den Nebenstrang ab, durch die Einsprüche Bremens würde nicht die deutsche Kaliindustrie, auch nicht die Kaliindustrie des Wesergebietes, sondern nur ein Teil der im Wesergebiet gelegenen Werke betroffen. Überdies würde durch Kenner der Kaliindustrie der Standpunkt vertreten, daß schon ein Bruchteil der Kaliwerke Deutschlands so viel gute Kalisalze zu fördern vermöge, daß der In- und Auslandsbedarf auf Menschenalter hinaus gedeckt werden kann. Aus den oben erwähnten Anträgen des Vereins der deutschen Kaliinteressenten an das Kaiserliche Gesundheitsamt und aus der Eingabe des Kalisyndikats an das Reichsamt des Innern geht hervor, daß die berufenen Vertreter und Kenner der Kaliindustrie völlig anderer Meinung sind. Sie betrachten die von Tjaden in seinem Kaliindustriebuche gewünschte und unter Berufung auf ihn von der Landesanstalt für Wasserhygiene befürwortete Verminderung der Grenzzahlen von 20° Gesamthärte auf etwa 16° und von 250 mg/l Chlorgehalt auf etwa 200 mg/l als empfindlich nachteilig „für die deutsche Kaliindustrie“ und hoffen, daß durch eine Erhöhung des zulässigen Chlorgehaltes von 250 auf 350 mg/l „eine Verbesserung in der schwierigen Lage der Kaliindustrie herbeigeführt wird“.

III. Im **dritten Teile** widerspricht Tjaden meiner Ansicht, man würde im Wesergebiet bis zu 219 000 dz Carnallit am Arbeitstage verarbeiten können, ohne daß die Grenze von 22° Gesamthärte überstiegen wird, wenn eine einheitliche Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen erfolgt. Er weist nochmals darauf hin, daß die Höchstgrenze vom Reichsgesundheitsrat auf 20° festgestellt worden sei, und fügt hinzu, man habe nicht

daran gedacht, eine dauernde Verhärtung auf diese Grenze gutzuheißen, sondern zwischen ihr und der dauernden Belastung auf einer niedrigeren Stufe einen angemessenen Spielraum belassen wollen. Dies wäre etwas ähnliches wie der aus anderen Gründen gemachte Vorschlag im 5. Abschnitte der vorliegenden Erwiderung, die Gesamthärte auf $18,5^\circ$ bis zur reichlichen Wasserführung mit 412 cbm/sek Abflußmenge festzuhalten; es wäre also ein Wirtschaftsplan solcher Art, wie er in der Zahlentafel 6 dargestellt ist. In der Begründung des Teilgutachtens findet sich keine Andeutung hierüber und kann von der unerläßlichen Vorbedingung eines solchen Wirtschaftsplanes schon deshalb nicht die Rede sein, weil ich den Vorschlag einer einheitlichen Bewirtschaftung erst im Mai 1916 gemacht habe, nachdem das Teilgutachten im März 1916 veröffentlicht worden war. Wie schon oben erwähnt, ist es unter der Voraussetzung einer sorgfältigen künstlichen Regelung des Salzgehaltes meines Erachtens möglich, sogar ohne besonderen Spielraum bis an die zulässige Grenze der Verhärtung planmäßig heranzugehen. Denn die für unvermeidbare Schwankungen erforderliche Bewegungsfreiheit wird durch die vorsichtige Bemessung der Annahmen gewahrt, und diese jetzt schon selten über $1,5^\circ$ Mehrhärte hinausgehenden Schwankungen werden bedeutend ermäßigt, falls die einheitliche Bewirtschaftung der Abwassereinleitungen ins Leben tritt.

Tjaden erhebt verschiedene Bedenken gegen diesen Vorschlag, die ich durchaus würdige, aber nicht für schwerwiegend genug halte, deshalb auf die Durchführung zu verzichten. Er erkennt auch an, „daß der Gedanke einer einheitlichen Bewirtschaftung einen Fortschritt bedeutet“. Jedoch vermag er sich zunächst nicht davon zu überzeugen, daß diese Durchführung durch die beteiligten Werke freiwillig und in genügendem Umfange geschehen, sowie daß der Betrieb der Bewirtschaftungsstelle für die Unterlieger eine genügende Sicherheit bieten wird. Er meint, nur durch einen staatlichen Zwang könne man auf dem von mir vorgeschlagenen Wege der einheitlichen Regelung weiter kommen, und in der zu schaffenden Behörde müßten Vertreter der Unterlieger Sitz und Stimme haben. Hiergegen ist einzuwenden, daß die Erfahrungen im rheinisch-westfälischen Industriegebiete für die Zweckmäßigkeit der Selbst-

hülfe bei derartigen Bestrebungen sprechen. Ich erinnere nur an den Ruhrtalsperrenverein, an die Emscher-genossenschaft, an den Verband zur Reinhaltung der Ruhr und andere Verbände, die an der Wupper, an der Niers und für das linksrheinische Kohlenrevier teils seit Jahren in Wirksamkeit, teils neu gebildet oder in der Bildung begriffen sind. Sie erfreuen sich der staatlichen Förderung, stehen aber auf eigenen Füßen. Meines Wissens haben auch die Kaliwerke des Wesergebietes einen solchen Verband, den Weser-Kalischutzverband gegründet, der sich die Aufgabe gestellt hat, die einheitliche Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen im Wesergebiete durchzuführen. Er soll die Kaliwerke schützen gegen übermäßige Erschwernisse einer gedeihlichen Entwicklung der Kaliindustrie im Wesergebiete. Er soll aber auch die Weser und ihre Zuflüsse schützen gegen übermäßige Verhärtung und Verchlorung durch die Kaliabwässer.

Schließlich bedauert Tjaden, daß ich nicht auch eingehend die Frage zu prüfen versucht habe, wie weit die Kaliindustrie ihre Abwässer auf andere Art als durch Einleitung in die Flüsse zu beseitigen vermag. Diese Zumutung ist nicht ernsthaft gemeint. Denn er weiß genau, daß mir alle Vorbedingungen hierzu fehlen. Meine Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 bildet einen Versuch zur Lösung der Frage, wie die in der Unteren Weser zulässigen Abwassermengen auf die einzelnen Versalzungsgebiete zu verteilen seien, ohne daß in der Weser und ihren Zuflüssen bestimmte Grenzen der Gesamthärte, des Härtezusatzes und des Chlorgehaltes überstiegen werden. Bei der Lösung dieser Frage fällt der Gewässerkunde ein wesentlicher Teil der Arbeit zu. Deshalb war ich als Gewässerkundiger berechtigt und bin ich es noch, auch nachdem ich dem Reichsgesundheitsrate nicht mehr angehöre, hierbei mitzureden. Die Prüfung, ob die Kaliindustrie eine Abwasserbeseitigung durch die Flüsse entbehren kann, hat mit der Gewässerkunde nichts zu tun.

7. Erwiderung auf Tjadens Beurteilung.

Die im zweiten und dritten Teile seiner Beurteilung von Tjaden gegen den Inhalt meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 erhobenen Einwendungen stehen größtenteils nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit dem, was ich für den Kernpunkt seiner Anklageschrift halte. Um nicht nochmals darauf zurückkommen zu müssen, habe ich meine Erwiderung dort gleich beigelegt. Bei der Wiedergabe des Gedankenganges, den er im ersten Teile seiner Beurteilung verfolgt hat, ist dies nur an einzelnen Stellen geschehen, weil die nunmehr folgende zusammenhängende Entgegnung auf die wichtigsten Vorwürfe die Notwendigkeit von Wiederholungen vermeidet.

Den Kernpunkt seiner Anklage erblicke ich darin, daß er meinen Nachweis einer bedeutenden Zunahme der natürlichen Härte als ungültig erklärt. Bei seinem Versuche, diese Behauptung zu begründen, hat er sich bemüht, eine Beweisführung zu widerlegen, die mir bis dahin unbekannt war und jedenfalls von mir nicht angewandt worden ist. Da ich mich leider überzeugen mußte, daß vom chemischen Mitberichterstatte für den zweiten Teil des Weser-Gutachtens des Reichsgesundheitsrates ebenfalls meine wirkliche Beweisführung mißverstanden wurde, so beruhen die Mißverständnisse vielleicht auf nicht ausreichender Klarheit der Darlegungen in meiner Weser-Denkschrift. Dies veranlaßte mich, in den Abschnitten 1 bis 4 den Beweis für die Zunahme des natürlichen Salzgehaltes der Unteren Weser und im 5. Abschnitt einige Schlußfolgerungen nochmals darzulegen. Diese Abschnitte gehören daher gleichzeitig zu meiner Erwiderung, können aber auch selbständig verwandt werden als neue Bestätigung für die Richtigkeit meines früheren Nachweises. Den Kernpunkt der Tjadenschen Anklageschrift habe ich durch diese Bestätigung schon vollständig widerlegt, auch einige besondere Behauptungen, ohne dies dort zu erwähnen.

Dies gilt z. B. für die von ihm in den Vordergrund gestellte Behauptung, die Höhe des Härtezusatzes 10° für das Weserwasser bei Bremen sei nur eine nachträgliche Erklärung des Bericht-

erstatters über die Wirkung der vom Reichsgesundheitsrate vorgenommenen Festsetzung der Gesamthärte auf 20°. Diese Behauptung ist falsch, und Tjaden könnte sich darüber klar sein, weil ihm die das Gegenteil zeigenden, im 5. Abschnitt (S. 28) mitgeteilten Stellen des Entwurfes zum Teilgutachten bekannt sein müssen. Der Berichterstatter hat nicht erst nachträglich, sondern von jeher nach den Schmeckversuchen der Landesanstalt für Wasserhygiene 10° MagnesiahärtEZusatz für zulässig gehalten, diese Zusatzhärte als geeignete Unterlage für die Beratung empfohlen und zum Ausdruck gebracht, daß dem HärtEZusatz 10° eine Gesamthärte von 20° entsprechen würde. Auf dieser Unterlage beruht der Beschluß des Reichsgesundheitsrates, in den die irrige Voraussetzung übergegangen ist, die jetzige natürliche Härte der Unteren Weser betrage ebenfalls durchschnittlich 10°.

a) Tjadens falsche Darstellung des Ganges meiner Beweisführung.

Tjadens Anklageschrift erweckt den Anschein, ich hätte den Beweis für die Zunahme der natürlichen Härte in den von mir genannten drei Jahrzehnten, die von 1883/84 bis 1911/16 verstrichen sind, in zwei Staffeln geführt. Zur Beweisführung bei der ersten Staffel (er nennt den Zeitraum 1880/99) hätte ich mich auf die unzuverlässigen Härtebestimmungen gestützt, die Janke für das Bremer Leitungswasser ausgeführt und veröffentlicht hat. Zur Beweisführung bei der zweiten Staffel (er spricht von den nach 1900 noch übrig bleibenden Jahren) hätte ich ungenaue Unterlagen und Berechnungsmethoden angewandt. Diese Darstellung ist falsch. Der Gang der Beweisführung in meiner Weser-Denkschrift stimmt vollständig überein mit demjenigen im 3. Abschnitt der vorliegenden Erwiderung. Ebenso wie hier, habe ich dort die nach Jankes Analysen (nicht Härtebestimmungen nach dem Seifenverfahren) für die Jahre 1883/84 und einige andere Jahre vor der Zeit der Kaliabwasser-Einleitungen ermittelten Beziehungen zwischen Härtegraden und Abflußmengen in Vergleich gestellt mit den gleichartigen Beziehungen, die unter den jetzigen Verhältnissen gelten. Eine Staffelung in zwei Jahresgruppen wäre unmöglich gewesen, weil ich keine Analysen des Wassers der Unteren Weser aus den Jahren 1899/1900 kenne.

Daß und weshalb ich die Härtebestimmungen nach dem Seifenverfahren für meine Beweisführung nicht benutzt habe, ist schon im 2. Abschnitte (S. 11, 17, 18) der Erwiderung gesagt. Sie sind in der Weser-Denkschrift auf sechs Zeilen der Seite 10 kurz erwähnt, wogegen die auf Seite 11 beginnende Beweisführung ebenso viele Seiten umfaßt. Tjaden will mir mildernde Umstände bei meinem angeblichen Verbrechen zugestehen durch die Bemerkung, ich hätte vielleicht nicht gewußt, wie die Zahlen gewonnen wurden, bei denen die Wasserhärte nicht in Kalk- und Magnesiahärte getrennt werden kann. Er hat es ja aber selbst in seinem Kaliindustriebuche auf Seite 74/75 mitgeteilt, und dieses Buch kenne ich. Wie er dort angibt, sind von ihm die mittels des Seifenverfahrens nach Clark gemachten Härtebestimmungen als nicht genügend genau ausgeschaltet worden. Hiermit steht in schroffem Widerspruch, daß er sie in ausführlicher Weise für seine Anklageschrift verwandt hat, um den von ihm behaupteten Gang meiner Beweisführung als unrichtig nachzuweisen. Er geht hierin so weit, daß er meine aus den Jankeschen Analysen gewonnenen richtigen Härtezahlen als falsch ansieht, weil sie nicht mit seinen, aus den ungenauen Härtebestimmungen gewonnenen Zahlen übereinstimmen. Deutsche Sitte, deutsche Treue, o weh!

Ausdrücklich ausgesprochen hat Tjaden diese Verdächtigung auf Seite 8/9 seiner Anklageschrift bei der Erwähnung, ich hätte die natürliche Härte am 29. März 1886 unrichtig auf $4,4^\circ$ angegeben, während sie von Janke auf 9 französische Härtegrade mitgeteilt wäre, was nicht 4,4, sondern 5,04 deutschen Härtegraden entspräche. Wie die Analysennummer 58 der Zahlentafel 2 zeigt, hat am genannten Tage die Kalkhärte des Weserwassers rund $3,4^\circ$ und die Magnesiahärte rund $1,0^\circ$ betragen, also die Gesamthärte $4,4^\circ$ oder beim Zurückgehen auf die zweite Dezimalstelle $3,36 + 0,97 = 4,33^\circ$. Dieser aus der Analyse ermittelte Wert ist sicherlich richtiger als der Wert von rund $5,0^\circ$ nach der Härtebestimmung, der um 15 % nach oben davon abweicht.

Die letzte Spalte der Zahlentafel 2 lehrt, daß die Abweichungen der Härtebestimmungen von den durch die Analysen gefundenen Härtegraden zum Teil noch viel größer sind, besonders in den 90 er Jahren, in denen das Seifenverfahren um durchschnittlich 26 bis 27 % zu kleine Werte geliefert hat. Ebenso gibt Tjaden

für die Analysennummern 11 bis 22 die durchschnittliche Härte auf $9,3^\circ$ nach dem Seifenverfahren an, wogegen sie nach den vollständigen Analysen $12,6^\circ$, mithin um $3,3^\circ$ mehr beträgt; bei einer dieser 12 Untersuchungen vom 7. Oktober 1891 steigt die Abweichung sogar auf $4,5^\circ$ oder 33 $\%$. Bei den Hochwasseranalysen Nr. 54 und 56 sind die von ihm mitgeteilten Härtegrade gleichfalls um 12 und 14 $\%$ zu gering. Auf solche ungenauen Zahlen läßt sich natürlich keine Beweisführung gründen. Schon deshalb, und weil die Härtebestimmungen nach dem Seifenverfahren keine Auskunft über die Trennung der Gesamthärte in Kalk- und Magnesiaihärte geben, waren sie für meinen Beweis auf Seite 11 bis 16 der Weser-Denkschrift unbrauchbar.

Das zur vergleichenden Betrachtung der früheren und jetzigen Härteverhältnisse der Unteren Weser angewandte Verfahren ist von Tjaden mißverstanden worden, vielleicht, weil ich unterlassen hatte, die zugrunde gelegten bildlichen Darstellungen beizufügen, was in den Abb. 1 bis 3 der vorliegenden Erwiderung nachgeholt ist. Er spricht von den unregelmäßigen Schwankungen der Härtegrade, der Abflußmengen und ihres gegenseitigen Verhaltens. Da er sich gerade hierbei auf mich beruft, so hätte er mir wohl zutrauen dürfen, daß ich bei meiner Erforschung des gesetzmäßigen Zusammenhanges die Vielgestaltigkeit der Erscheinungen genügend berücksichtigt habe. Dies ist in vollem Maße geschehen durch die bildliche Auftragung der zwischen den Abflußmengen und Härtegraden bestehenden Beziehungen im Koordinatennetz. Die den Einzelanalysen entsprechenden Punkte bilden einen Punktschwarm, der deutlich erkennen läßt, daß die Härtegrade bei Niedrigwasser am größten sind und mit der wachsenden Abflußmenge stetig kleiner werden. Aus dem Verlaufe der Mittellinie des Punktschwarmes (Bezugslinie) ergeben sich die normalen Beziehungen beim Durchschnittsverhalten der Wasserführung des Wesergebiets. Alle Einwirkungen des schwankenden Verhaltens, außerdem auch die Messungs-, Beobachtungs- und Rechenfehler, werden durch die Abweichungen der einzelnen Punkte von der Bezugslinie gekennzeichnet.

In der wissenschaftlichen Welt wird dieses bildliche Verfahren zur Ermittlung der Gesetzmäßigkeit bei zahlreichen Einzelmessungen so häufig angewandt, daß ich angenommen

hatte, ein Wort des Hinweises darauf würde genügen. Die Darstellung der Bezugslinien für die frühere und jetzige Gesamthärte, Kalkhärte und Magnesiahärte glaubte ich deshalb nicht mitteilen zu müssen, weil die Zahlentafel 2 auf Seite 15 meiner Weser-Denkschrift die Koordinaten angibt, die von den damals gefundenen Bezugslinien abgegriffen sind und die Neuauftragung ohne weiteres ermöglichen. Tjaden scheint das Verfahren nicht zu kennen; sonst würde er nicht geäußert haben, es sei höchst bedenklich, bei all den schwankenden Verhältnissen auf Bruchteile von Graden herunterzurechnen. Gerechnet ist dabei überhaupt nicht, sondern im Koordinatennetze abgegriffen. Von Durchschnittsberechnungen, über die er soviel fabelt, ist gar nicht die Rede. Was er Verallgemeinerung nennt, ist das Aufsuchen der Gesetzmäßigkeit, des ruhenden Poles in der Erscheinungen Flucht. Er kann das Verfahren nicht würdigen und würdigt es nicht, weil er vom Wesen der Sache nichts ahnt und die Ergebnisse ihm unbequem sind.

Seine Ahnungslosigkeit leuchtet in grellem Lichte aus der für jeden Gewässerkundigen scherzhaften Bemühung hervor, durch Verwendung der gewöhnlichen Abflußmenge (242 cbm/sek) des Durchschnittsjahres die jährliche Abflußmasse berechnen zu wollen. Daß die hierfür erforderliche mittlere Abflußmenge 321 cbm/sek beträgt, hätte Tjaden an derselben Stelle meiner Weser-Denkschrift lesen können, wo die Angabe von etwas über 10 Milliarden cbm für die Jahresabflußmasse zu finden ist. Das arithmetische Mittel der Abflußmengen liegt höher als die gewöhnliche Abflußmenge, weil an den Hochwassertagen die Tagesabflußmengen sehr bedeutend ansteigen. Auf 135 Tage mit mehr als 321 cbm/sek Abflußmenge entfällt die Hälfte des Jahresabflusses. Da die Zahl der Tage mit weniger als 321 cbm/sek um 95 größer ist, so muß die ebenso oft über- wie unterschrittene gewöhnliche Abflußmenge geringer sein. Dieser das Häufigkeitsmittel bildende Mittelwert kommt für die nach der Häufigkeit des Auftretens geordneten Erscheinungen allein in Betracht, steht aber außer Zusammenhang mit der Jahresabflußmasse. Nur ein mittelbarer Zusammenhang besteht insofern, als in Jahren mit sehr kleinem Jahresabfluß auch die gewöhnliche Abflußmenge viel niedriger als 242 cbm/sek liegt. Dann ist selbstverständlich der zum Häufig-

keitsmittel gehörige Härtezusatz einer ebenso großen gleichmäßigen Carnallit-Tagesverarbeitung bedeutend größer als im Durchschnittsjahre. Was Tjaden über diese Dinge äußert, bewegt sich auf gleicher Höhe (richtiger gesagt: Tiefe) wie jene vergebliche Bemühung.

Über die Mischanalysen nach dem Hannoverschen Verfahren ergießt er von neuem die Schale seines Zornes, wie er sie schon im Kaliindustriebuche verspottet hat. Bei richtiger Verwendung sind sie aber gut geeignet, über den dem Häufigkeitsmittel eines jeden Monats entsprechenden Salzgehalt Aufschluß zu geben, und lassen sich sogar ohne großen Fehler mit der mittleren monatlichen Abflußmenge paaren, um für den Entwurf der Bezugslinien in der Abb. 1 verwandt werden zu können. Mit alleiniger Ausnahme der Analysennummer 49 vom März 1913, die zu weit nach oben ausschlägt, liegen die Punkte der übrigen 11 Monatsanalysen in keinem größeren Abstände von der Bezugslinie wie die Punkte der 33 Tagesanalysen, die von Tjaden für 1913 veröffentlicht sind. Bei sechs von den 12 benutzten Monatsanalysen betragen die Abweichungen sogar nur 0,1 bis 0,3°, bei drei anderen nur 0,4°. Hier zeigt sich also dasselbe, was schon der Vergleich zwischen den Mischanalysen und den Mittelwerten der Einzelanalysen vom August/November 1911 auf Seite 21 meiner Weser-Denkschrift gelehrt hat: eine vortreffliche Übereinstimmung. Auch die Nachprüfung, welche die Ermittlung der jetzigen Härteverhältnisse auf Grund der Mischanalysen für 1911/16 (Weser-Denkschrift, Zahlentafel 2) durch ihre Ermittlung für das Kalenderjahr 1913 (Erwiderung, Zahlentafel 1 und 4) gefunden hat, legt unzweifelhaft dar, daß die Mischanalysen die Mißachtung nicht verdienen, die Tjaden ihnen zuwendet. Er spricht bei dieser Gelegenheit von dem großen Hobel der Durchschnittsberechnung, den ich angewandt hätte, er aber nicht. Richtig hierbei erscheint nur, daß seine unsachlichen Bemerkungen allerdings ungehobelt sind.

b) Tjadens irreführende Angaben über die frühere Härte der Unteren Weser.

Als eine unsachliche Bemerkung schlimmster Art sehe ich die auf Seite 6 seiner Anklageschrift geäußerte Behauptung an: „Keller hat also in seine Durchschnittsberechnung einen Wert

viermal eingestellt.“ Er behauptet eine angebliche Tatsache, welche mich verächtlich zu machen oder in der öffentlichen Meinung herabzuwürdigen geeignet ist. Diese von ihm durch seine Druckschrift verbreitete Behauptung ist erweislich nicht wahr. Vielmehr hat er eine gänzlich grundlose Vermutung, von deren Unrichtigkeit er sich leicht hätte überzeugen können, sozusagen aus der Luft gegriffen. Sie bezieht sich überdies auf eine „Durchschnittsberechnung“, der von ihm eine ganz andere Bedeutung beigelegt wird, wie sie ihr wirklich beiwohnt.

In meiner Weser-Denkschrift habe ich vor dem Eintreten in die Beweisführung über die Zunahme der natürlichen Härte des Weserwassers bei Brämen mitgeteilt, daß Janke in den Jahren, als das Wasser noch endlaugenfrei war, an 22 verschiedenen Tagen Analysen gemacht hat. Im ganzen sind es nach Ausweis der Zahlentafel 1 der vorliegenden Erwiderung 58, von denen ich je eine für jeden der 22 Tage in Betracht gezogen hatte, soweit wie möglich die für oberhalb der Stadt am Wasserwerke entnommene Wasserproben gültigen Analysen. Tjaden hatte in seinem Gutachten von 1912 nur 10 Analysen, ebenso Vogel in seinem Abwasserbuche, Precht in seiner Abhandlung über den Salzgehalt der Elbe und Weser (Zeitschr. Die Chemische Industrie, 1916) 15 Analysen berücksichtigt. In der letztgenannten Abhandlung sind nur die Mittelwerte angegeben: für die Gesamthärte = $10,36^{\circ}$. Zum Vergleiche hiermit habe ich auch die Mittelwerte nach Tjaden, Vogel und für alle 22 Analysen berechnet; dabei fanden sich $9,71^{\circ}$, $9,88^{\circ}$ und $9,36^{\circ}$. Meine Schlußfolgerung lautet: „Die Schwankung um einen vollen Härtegrad zeigt an, daß für jene 15 (von Precht benutzten) Analysen 1883/84 die Wasserproben größtenteils bei niedrigen und mittleren Wasserständen, dagegen für die übrigen 7 Analysen meistens bei hohen Wasserständen geschöpft worden sind.“ Dies ist auch der Fall, wie aus der Zahlentafel 2 hervorgeht. Daraus habe ich die Nutzanwendung gezogen, daß man zur Gewinnung eines genauen Bildes über die frühere Beschaffenheit des Weserwassers alle Analysen berücksichtigen müsse und dies auch getan. Dagegen habe ich nicht gefolgert, die mittlere Härte des endlaugenfreien Weserwassers hätte $9,36^{\circ}$ betragen, wie Tjaden bei seiner Angabe, ich hielte meine „Durchschnittsberechnung“ für richtig,

und weiteren Aussprüchen über die Unzulässigkeit solcher „Durchschnittsberechnungen“ anzunehmen scheint. Daß man auf diesem Wege die mittlere Härte nicht finden kann, versteht sich von selbst. Ein Sachkundiger darf gar nicht auf einen solchen Gedanken verfallen.

Tjaden behauptet nun, mir sei der Irrtum unterlaufen, es lägen Analysen von 22 verschiedenen Tagen vor. Es seien aber nur 19; denn die 12 für den Oktober 1891 angegebenen, in 4 Gruppen geordneten Analysen stammten nicht von 4 verschiedenen Tagen, wie ich angenommen hätte, während von ihm ermittelt wäre, die analysierten Wasserproben seien an einem und demselben Tage (am 7. Oktober) geschöpft worden. Dies hatte ich ebenfalls vorausgesetzt, weil es sich offenbar um vergleichende Messungen handelt, die nur einen Zweck haben, wenn die Entnahme ober- und unterhalb der Stadt, an beiden Ufern und in der Mitte des Flusses an demselben Tage stattfindet. Aus der Zahlentafel 2 der vorliegenden Erwiderung ergibt sich, daß alle 12 Analysen Nr. 11 bis 22 bei mir zu der einzigen Tagenummer 5 gehören und jene Beschuldigung grundfalsch ist.

Im ganzen handelt es sich tatsächlich um 58 Analysen an 22 Tagen. Hiervon lagen 15 in den Monaten vom Mai 1883 bis September 1884, 2 im Dezember 1884, 1 im März 1886 und 1 im Oktober 1891; dies wären 19 Tage. Tjaden fährt fort, außerdem seien 15 Analysen des Leitungswassers gemacht worden: 1 im Januar 1882, 11 in den Jahren 1883/84, 1 im November 1890 und 1 im März 1893. Für diese Analysen lägen „weder Angaben über Entnahmezeiten, noch Pegelstände vor. Sie beweisen nur, daß nach Janke irgendwo und wann in der Weser Härtegrade vorhanden gewesen sind, die um 5,04 bis 14° deutsche Härte schwanken. Also 14° deutsche Härte in der Weser vor Einleitung der Kaliabwässer. Sollten da nicht meine Zweifel an der Richtigkeit mancher Analyse und meine Vorsicht bei der Verwendung berechtigt sein?“ Ausnahmsweise traut er auch mir in diesem Falle solche Vorsicht zu und nimmt an, ich hätte gleichfalls keine dieser obdachlosen Analysen verwandt. Dann würden nur 19 verschiedene Untersuchungstage vorhanden sein.

Tjaden irrt sich aber wiederum gründlich. Er hat nicht bemerkt, daß die 11 Leitungswasser-Analysen von 1883/84 von

Janke an zwei Stellen seines Buches mitgeteilt und an denselben Tagen gemacht sind wie die Weserwasser-Analysen, daß unsere Kenntnis über die Entnahmetage und Wasserführungen sich also auch auf sie erstreckt. Ebenso haben sich diese Angaben für die 3 anderen Analysen ermitteln lassen, wie aus dem 2. Abschnitt (S. 13) der vorliegenden Erwiderung ersichtlich ist. Zählt man diese 3 Analysentage zu jenen 19, so ergibt sich die Summe = 22. Ob Tjaden das Eigenlob der Vorsicht verdient, wird doppelt zweifelhaft durch die Tatsache, daß für eine dieser 3 anderen Analysen (Tagennummer 13 der Zahlentafel 2, 24. Januar 1882) er selbst den Entnahmetag und die Wasserführung ermittelt hat. Von ihren „irgendwo und wann in der Weser vorhanden gewesenen Härtegraden“ hat er bereits in seinem Gutachten von 1912 Gebrauch gemacht, dies aber inzwischen scheinbar vergessen.

Was er über die Härtegrade dieser Leitungswasser-Analysen sagt, bezieht sich nicht auf die analytischen Ermittlungen der Härte, sondern auf die Härtebestimmungen nach dem Seifenverfahren. Er weiß, „daß man in der wissenschaftlichen Verwertung ihrer Ergebnisse recht vorsichtig sein muß“, und behauptet auf Seite 8 seiner Anklageschrift, er hätte von einer Benutzung abgesehen, aber „Keller glaubt, das Material benutzen zu dürfen“. In Wirklichkeit liegt die Sache umgekehrt. Ich habe diese ungenauen Härtebestimmungen weder bei meiner früheren, noch bei meiner jetzigen Beweisführung verwandt, wogegen Tjaden sie in der Anklageschrift fortwährend und irreführend verwendet. Also handle man nach seinen Worten, nicht nach seinen Taten. Wenigstens in bezug auf die Härtebestimmungen; im übrigen ziehe ich es vor, auch nicht nach seinen Worten zu handeln.

Hätte er aus den vollständigen Analysen die Härtegrade ermittelt, so würde er gefunden haben, daß bei keiner Leitungswasser-Analyse 14° deutsche Härte vorkommen, sondern nicht über $12,15^{\circ}$ (bei der Analysennummer 6 der Zahlentafel 2). Dagegen sind bei der Analysennummer 2 im Weserwasser unterhalb der Stadt $14,20^{\circ}$ Härte ermittelt worden, als die Weser nur 112 cbm/sek Abflußmenge hatte; die nächst hohen Härten betragen $13,73^{\circ}$, $13,49^{\circ}$, $13,45^{\circ}$ usw. Das Weserwasser war also schon vor der Einleitung von Kaliabwässern zuweilen recht hart. Von 58 Analysen des endlaugenfreien Wassers weisen 17, also

29% der Gesamtzahl, mehr als 12° Härte auf. Tjaden hätte mithin bei der Schilderung des ehemaligen Zustandes auf Seite 79 seines Kaliindustriebuches nicht sagen dürfen: „Die Härte erreichte ihr Maximum mit 12° DH.“ Da für kleines Niedrigwasser mit weniger als 112 cbm/sek Abflußmenge überhaupt keine Analysen aus der älteren Zeit vorliegen, so ist unbekannt, ob nicht damals bereits bei kleinen Niedrigwasserführungen noch höhere natürliche Härten als 14,2° vorgekommen sind. Es wäre aber nicht zu verwundern, da das bei Wasserklemmen unter Umständen einen sehr großen Beitrag zum Weserwasser liefernde Leinewasser gerade dann eine bedeutend höhere natürliche Härte besitzt. Nebenbei sei unter Hinweis auf den 2. Abschnitt dieser Erwiderung daran erinnert, daß die von mir nach genauem Verfahren ermittelten Abflußmengen mit den Tjadenschen Angaben für 1883/84 vielfach nicht übereinstimmen (S. 14).

In meiner Weser-Denkschrift habe ich erwähnt, daß Tjaden im Kaliindustriebuche 9 Analysen des endlaugenfreien Weserwassers benutzt und eine mit dem ziemlich hohen Härtegrad 11,1° von den 1912 veröffentlichten 10 Analysen weggelassen hat. Er betrachtet dies als „Bemänglung“ und meint, ich glaubte ihm „eine unrichtige Wiedergabe der vorliegenden Analysen vorhalten zu dürfen“. Meine Bemerkungen in jener Denkschrift beziehen sich aber darauf, daß seine Angaben über die natürliche Härte von 1883/84 nicht für 1911/16 oder 1913/14 zutreffen, was ohne Prüfung von ihm angenommen und dann leider auch in den Beschluß des Reichsgesundheitsrates übergegangen ist. Freilich muß auffallen, daß von 22 Analysentagen aus der früheren Zeit in seinem Gutachten von 1912 nur 10 und im Kaliindustriebuche sogar nur 9 beachtet worden sind. Die Mitteilung der Tatsache des Vorhandenseins von 22 Analysentagen, also eine rein tatsächliche und unzweifelhaft richtige Mitteilung, empfindet sein böses Gewissen als einen Vorwurf, und er spricht sich hiermit selber das Urteil aus. Zu seiner Verteidigung gegen einen Angriff, den ich damals nicht gemacht habe, aber jetzt nach seiner Selbstverurteilung aufnehme, sagt er zunächst, weshalb jene Analyse mit 11,1° Härte bei der Wiederholung seiner irreführenden Angaben von ihm gestrichen ist.

Es handelt sich um die Analysennummer 32 der Zahlentafel 2 (Nr. 16 der Zahlentafel 3) vom 22. April 1884, für welche die

Wasserprobe aus der Weser oberhalb der Stadt entnommen war. Nach meiner Ermittlung beträgt die Gesamthärte $11,39^\circ$ oder rund $11,4^\circ$ statt $11,1^\circ$; solche Verschiedenheiten um $0,1$ bis $0,5^\circ$ zeigen sich auch bei den übrigen Härtezahlen. Tjaden gibt an, die Analyse fiele so weitgehend aus dem Rahmen der übrigen heraus, „daß ein Analysenfehler für mehr als wahrscheinlich angesehen werden mußte“, weshalb er sie weggelassen hätte. Wie die Abb. 2 zeigt, weicht der zugehörige Punkt um $1,4^\circ$ nach oben von der normalen Gesamthärte bei 226 cbm/sek ab, also durchaus nicht so weitgehend, wie Tjaden annimmt. Hierzu kommt, daß ganz nahe noch ein zweiter Punkt liegt (Nr. 15 der Zahlentafel 3) mit $11,5^\circ$ bei 223 cbm/sek Abflußmenge; er gehört zu den beiden am 20. Juli 1884 geschöpften Wasserproben. Von einem Analysenfehler kann daher sicherlich nicht gesprochen werden, weil die 5 voneinander unabhängigen Analysen dieser beiden Tage (Zahlentafel 2, Nr. 30 bis 34) sehr gut übereinstimmende Werte des Kalk- und Magnesiagehaltes, mithin auch der Härtegrade ergeben haben. Daß fünfmal dieselben Fehler vorgekommen seien, ist doch wohl nicht denkbar. Vielmehr hat an beiden Tagen das Wasser aus Zuflüssen mit großer natürlicher Härte in höherem Maße als beim Durchschnittsverhalten auf das Weserwasser eingewirkt.

Den Durchschnittszahlen ist Tjaden feindlich gesinnt. Wie könnte aber die Wissenschaft ohne solche weiter kommen! Wie wäre es möglich, die Gesetze der Wärme- und Niederschlagsverteilung zu erforschen ohne Linien gleicher Durchschnittstemperatur und gleicher mittlerer Niederschlagshöhe! Freilich darf man nicht Durchschnittsberechnungen machen, wo sie nicht am Platze sind; dies habe ich aber auch nicht getan. Mindestens ebenso schlimm ist es, bei Einzelzahlen eine willkürliche Auswahl zu treffen und wegzulassen, was nicht in den Kram paßt. Wissenschaftlich arbeiten heißt Wahrheit suchen. Wo die Willkür beginnt, hört die Wissenschaft auf.

Tjaden hebt hervor, daß für die im August, September und November 1883 gemachten Analysen (Tagenummern 7, 1 und 12 der Zahlentafel 2) keine Pegelangaben von Janke mitgeteilt sind, und sagt in seiner Anklageschrift: „Daß die 3 Analysen, bei denen sich die Wasserführung nicht ermitteln ließ, für die vorliegenden Untersuchungen nicht wohl verwertbar sind, erscheint unzweifel-

haft.“ Aber gerade diese 3 Analysen vom 14. August, 4. September und 15. November 1883 hat er in sein Verzeichnis auf Seite 98 des Kaliindustriebuches aufgenommen, nachdem er in irgendwelcher Weise die Entnahmetage aufgefunden und nun dennoch die Wasserführung ermittelt hatte. Auch dies scheint bei ihm in Vergessenheit geraten zu sein.

Weiterhin sagt Tjaden, es lägen „für Juni, Juli, August 1884 3 Analysen bei gleichen Pegelständen vor. Die Analyseergebnisse sind 17, 18 und 18,5 französische Härtegrade. Es ist die mittlere mit 18° benutzt“. Dies ist gleichfalls nicht richtig. Im August 1884 hat Janke überhaupt keine Analysen gemacht, jedenfalls nicht veröffentlicht. Aus dem Juni und Juli teilt er die Ergebnisse von je 2 Analysen mit, die aber im Verzeichnis auf Seite 78 des Kaliindustriebuches nicht enthalten sind. Es handelt sich um die mit den Tagenummern 11 und 9 in der Zahlentafel 2 bezeichneten Analysenummern 35, 36 und 30, 31. Für die Nummern 35, 36 können die Unterschiede zwischen den analytisch nachgewiesenen Härtegraden und den von Tjaden angegebenen ungenauen Härtebestimmungen nach dem Seifenverfahren nicht festgestellt werden; bei den Nummern 30, 31 haben sie 2 und 9% betragen, was verhältnismäßig wenig ist. Deshalb schien es mir zulässig, ausnahmsweise die ungenauen Härtebestimmungen für die Analysenummern 35, 36 als Ersatz der fehlenden genauen Ermittlungen heranzuziehen (S. 12 u. 17). Tjadens Angabe ist unter allen Umständen falsch. Denn eine Analyse vom August 1884 gibt es nicht, und diejenigen vom Juni und Juli 1884 hat er nicht benutzt.

Der Versuch zur Rechtfertigung seiner Auswahl ist ihm also nicht gelungen. Völlig verschwiegen hat er bei seiner 1912 veröffentlichten Darstellung des früheren Zustandes der Wasserbeschaffenheit der Unteren Weser das Vorhandensein von Analysen für höhere Wasserführungen mit mehr als 600 cbm/sek Abflußmenge. Von den bei niedrigeren Wasserführungen an 17 verschiedenen Tagen gemachten Analysen des endlaugenfreien Weserwassers sind die Ergebnisse für 9 Tage im Verzeichnis auf Seite 78 des Kaliindustriebuches berücksichtigt, für 8 Tage weggelassen. Zu den weggelassenen Ergebnissen gehören aber gerade diejenigen für 3 Tage, an denen das Weserwasser bedeutend härter war als

unter normalen Verhältnissen. Gerade die mit den Tagesnummern 9, 10 und 16 bezeichneten 8 Analysen sind unbeachtet geblieben, obgleich ihre Beachtung wichtig war für die Feststellung, daß bereits vor der Anreicherung des Weserwassers mit Kaliabwässern große Abweichungen der Gesamthärte und der Kalkhärte von den normalen Beziehungen zwischen Härte und Abflußmenge vorgekommen sind.

Wären sie berücksichtigt worden, so hätte Tjaden auf Seite 79 des Kaliindustriebuches nicht sagen dürfen: „Die Schwankungen in der Zusammensetzung (des Weserwassers bei Bremen) sind geringe, wenn von ganz weiten Extremen der Wasserführung abgesehen wird.“ Daß dies unrichtig ist, ergibt sich ohnehin aus dem Vergleiche derjenigen in meiner Zahlentafel 2 verzeichneten Einzelanalysen, die bei einander genau oder nahezu entsprechenden Abflußmengen gemacht worden sind. Dabei haben die Schwankungen der Gesamthärte manchmal über 2° und diejenigen der Kalkhärte über $1,5^{\circ}$ betragen. Das Verfahren, mit einer beliebigen Auswahl von Messungsergebnissen zu arbeiten, hat sein Auge vor der Wirklichkeit verschlossen und ihn nicht erkennen lassen, daß es große Schwankungen der Härte des Weserwassers schon in der endlaugenfreien Zeit gab. Seine Auswahl hat die Verschiedenheiten zum Verschwinden gebracht, ohne daß er den „großen Hobel der Durchschnittsberechnung“ anzuwenden brauchte. Mein Verfahren bringt klar zutage, was Regel und Abweichung von der Regel ist.

Jene Behauptung ist ebenso unrichtig, wenn man die Schwankungen der Härte bei verschiedenen großen Wasserführungen miteinander vergleicht. Bei den durch Analysen nachgewiesenen Härteverhältnissen des endlaugenfreien Weserwassers finden sich Unterschiede in der Gesamthärte zwischen $14,20^{\circ}$ bei 112 cbm/sek und $4,33^{\circ}$ bei 1500 cbm/sek Abflußmenge. Eine so große Hochwasserführung gehört allerdings zu den „Extremen“, nicht aber eine Niedrigwasserführung mit 112 cbm/sek, die in abflußarmen Jahren viele Tage lang unterschritten wird. Kann man demnach die Gesamthärte $14,2^{\circ}$ als obere Grenze der gemessenen Gesamthärten bei nichtextremer Niedrigwasserführung festhalten, so läßt sich die mit der Analysennummer 53 bezeichnete Messung mit $6,7^{\circ}$ Gesamthärte bei 735 cbm/sek Abflußmenge als untere

Grenze ansehen für eine reichliche Wasserführung, die nicht zu den Extremen gezählt werden kann. Dies ergibt eine Schwankung von $14,2 - 6,7 = 7,5^\circ$, die durchaus nicht gering ist. Auch die normalen Gesamthärten schwanken innerhalb derselben Wasserführungsgrenzen um den keineswegs geringen Betrag von $5,1^\circ$.

Auf Seite 16 seiner Anklageschrift urteilt Tjaden, der Berichterstatter des ersten Weser-Gutachtens hätte recht gehabt, „wenn er in vorsichtiger Weise die natürliche Härte des Weserwassers vor Einleitung der Kaliabwässer auf 8 bis 10° deutsche Härte mit Abweichungen nach unten und oben annahm“. Dies würde dem Durchschnittswerte 9° entsprechen, der auf Seite 79 des Kaliindustriebuches als zugehörig zur Abflußmenge 220 cbm/sek angegeben ist (S. 21). Nach der Abb. 2 gehört aber zu dieser Abflußmenge eine um rund $1,1^\circ$ höhere Gesamthärte, und die normalen Gesamthärten zwischen den von Tjaden benannten Wasserführungsgrenzen mit 105 bis 450 cbm/sek Abflußmenge liegen durchweg um annähernd 1° höher, als sie sich nach der von ihm angedeuteten Bezugslinie ergeben würden. Statt der Schätzung 8 bis 10° wäre also die Schätzung 9 bis 11° zutreffend gewesen, um die normalen Härtegrade von etwa 340 cbm/sek abwärts bis etwa 170 cbm/sek Abflußmenge (d. h. bei mittleren Abflußmengen) zu kennzeichnen. Wie im 2. Abschnitt der vorliegenden Erwiderung gezeigt ist, führt die Betrachtung der nach ihrer Häufigkeit geordneten Härtemessungen zu demselben Ergebnis (S. 17). Eine vorsichtige Schätzung hätte lauten müssen: Für normale Zustände der Wasserführung hat die Gesamthärte des endlaugenfreien Weserwassers 9 bis 11° bei mittleren Abflußmengen mit Abweichungen nach unten und oben bis zu je $1,5^\circ$ bei häufig vorkommenden größeren und kleineren Abflußmengen betragen.

Aber die natürliche Härte des Weserwassers hat seit der Zeit, für welche jene Ermittlung gilt, bedeutend zugenommen. Dies war vor der Erstattung des Teilgutachtens nicht untersucht worden. Wenn die vom Reichsgesundheitsrate beschlossene Festsetzung der größten Gesamthärte auf 20° beibehalten wird, so bedeutet dies eine Verminderung des Spielraumes, der zwischen der zulässigen Härtegrenze und der natürlichen Härte bleibt. Da sich nach ihm die Größe des künstlichen Härtezusatzes bemißt, so erleidet die Entwicklungsmöglichkeit der Carnallitverarbeitung

im Wesergebiete eine Einschränkung, in die sich die Kaliindustrie hineinfinden will, wenn ihr eine Erhöhung der zulässigen Chlorgrenze zugestanden wird. In dieser Hinsicht kann es also gleichgültig sein, ob die Gesamthärte bei mittleren Abflußmengen früher 8 bis 10° oder 9 bis 11° betragen hat.

Jedoch ist es nichts weniger als gleichgültig, daß die genaue Untersuchung der früheren Härteverhältnisse ein ganz anderes Bild über die Schwankungen der Härtegrade liefert, als die irreführenden Angaben Tjadens glauben lassen. Vieles von dem, was jetzt der künstlichen Verhärtung des Weserwassers als Belästigung der Gebraucher und Verbraucher zugeschrieben wird, beruht auf dem schwankenden Verhalten der natürlichen Härte. Um hierüber klarer zu sehen, war es notwendig, die früheren Zustände so sorgfältig wie möglich zu erforschen mit Benutzung aller verfügbaren 58 Analysen. Diese Zahl ist ohnehin so gering, daß sie nicht noch verringert werden durfte durch die sehr beschränkte Auswahl, die Tjaden getroffen hat. An der Ungenauigkeit seiner Ergebnisse trägt das Verfahren der Auswahl die Schuld. Wer den richtigen Weg sucht, kann leicht das Ziel verfehlen, wenn er nicht alle vorhandenen Wegemarken beachtet.

c) Tjadens falsche Behauptung über meine angebliche Verwechslung von Rohsalz und Carnallit.

Im Vorworte seiner Anklageschrift faßt Tjaden den Inhalt der letzten Abschnitte meiner Weser-Denkschrift vom 1. Mai 1917 folgendermaßen kurz zusammen: „Es lassen sich am Arbeitstage 219000 Doppelzentner Carnallit verarbeiten, ohne daß die Grenze von 22° deutscher Härte überschritten wird, wenn eine einheitliche Bewirtschaftung der Kaliabwässer im Weserstromgebiet unter Schaffung eines Wesergebietsamts erfolgt. Eine solche einheitliche Bewirtschaftung ist zunächst durch freiwilligen Zusammenschluß der Kaliwerke zu erreichen.“ Er hat den Sinn richtig wiedergegeben; nur würde ich vorziehen, Hauptsatz und Bedingungssatz umzustellen, nämlich so: Die einheitliche Bewirtschaftung der Kaliabwasser-Einleitungen im Wesergebiet ist notwendig, wenn ohne Übersteigerung der Gesamthärtengrenze 22° die Tagesverarbeitung 219000 dz am Arbeitstage erreicht werden soll. Ob man den Wortlaut so oder so faßt, ist nicht einerlei.

Denn für den Gedankengang jener Denkschrift kommt es auf die Hervorhebung der Notwendigkeit einer einheitlichen Bewirtschaftung an. Für genau ebenso notwendig halte ich sie, wenn bei einer gleichmäßig im größten Teile des Jahres vorhandenen Gesamthärte von $18,5^\circ$ die Tagesverarbeitung 133 000 dz am Arbeitstage als Ziel gesteckt wird.

Ohne einheitliche Bewirtschaftung der Abwassereinleitungen kann die Tagesverarbeitung bei 22° größter Härte nicht 219 000 dz und bei $18,5^\circ$ größter Härte nicht 133 000 dz betragen. Um zu ermitteln, wieviel Carnallit-Verarbeitungsmenge beim denkbar höchsten Maße der Entwicklungsmöglichkeit den einzelnen Versalzungsgebieten zugeteilt werden dürfe, sind bestimmte Voraussetzungen unentbehrlich. Die Einrichtung der künstlichen Regelung des Salzgehaltes ist eine dieser Voraussetzungen, das Verteilungsverhältnis nach den Beiträgen der Versalzungsgebiete zur gewöhnlichen Abflußmenge der Unteren Weser die andere. Sollte der Reichsgesundheitsrat beim zweiten Weser-Gutachten in diesem Sinne beschließen, so wäre eine Grundlage für die Vereinbarungen der beteiligten Bundesstaaten gewonnen, die zu überblicken gestattet, ob und wie die besonderen Verhältnisse der einzelnen Gebietsteile berücksichtigt und die Einzelwünsche ausgeglichen werden können, ohne bestimmte Grenzzahlen in der Unteren Weser zu übersteigen. Am Grundsätzlichen ändert sich nichts, wenn man mit 20° größter Härte statt mit 22° rechnet.

Daher beruht die Wichtigkeit der Tatsache, daß die natürliche Härte der Weser seit dem Zustande von 1883/84 bedeutend zugenommen hat und jetzt erheblich größer als damals ist, nicht auf der Einwirkung, die sie auf die Carnallit-Verarbeitungsmenge im ganzen ausübt. Wichtig und für die einheitliche Bewirtschaftung der Abwassereinleitungen unerläßlich ist vielmehr die Kenntnis der jetzigen Beziehungen zwischen natürlicher Härte und Abflußmenge deshalb, weil von ihr die bei den verschiedenen Wasserführungen duldbare Größe des Härtezusatzes abhängt. Damit die in der Unteren Weser gültige Grenzzahl der Gesamthärte innegehalten werden kann, muß man an jedem Tage die Verarbeitungsmenge derart bemessen, daß der von ihr bedingte Härtezusatz keinesfalls höher als der Spielraum zwischen jener Grenzzahl und der natürlichen Härte ist. Deshalb hat die richtige Kenntnis

der jetzigen natürlichen Härte größte Bedeutung für die Kaliindustrie und für die sonstigen Gebraucher des Flußwassers. Für diese, um sicheren Schutz gegen Übersteigungen der Härtegrenzzahl zu erhalten, für jene zur Wahrung ihrer Ansprüche auf genügende Abwasserbeseitigung. Eine künstliche Regelung des Salzgehaltes ist nur dann möglich, wenn man die natürliche Härte des Flußwassers und ihre Schwankungen richtig kennt.

Den Gebrauchern und Verbrauchern des Flußwassers kommt es auf diese richtige Kenntnis freilich weniger an, falls die Einleitung von Härtebildnern so gering ist, daß die zulässige Härtegrenze auch unter den ungünstigsten Umständen nicht überstiegen wird. Sie können sich begnügen, mit Tjaden (Seite 20 der Anklageschrift) zu sagen: „Die von der Behörde mitgeteilte fabrikatorische Verarbeitung von so und so viel Kalirohsalzen hat an den einzelnen Tagen zu einer Beschaffenheit des Weserwassers von dem und dem Zustande geführt. Wenn unter gleichen Bedingungen größere Mengen verarbeitet werden, dann wird eine weitere Anreicherung mit Kaliabwassersalzen um so und so viel eintreten; daraus ergeben sich nach meiner Ansicht die und die Mißstände.“ Da von einer weiteren Anreicherung gesprochen wird, so setzt diese Äußerung stillschweigend eine bisherige Anreicherung voraus. In dem (S. 43) schon erwähnten Schlußsatze auf Seite 349 des Kaliindustriebuches bezeichnet Tjaden das Maß der bisherigen Anreicherung für Wasserführungen im Jahre 1913, die zum Teil beträchtlich über Mittelkleinwasser liegen, bei Gesamthärten zwischen 16 und 20°, wie folgt: „Die durch die Kaliindustrie bedingte Steigerung der Härte betrug bei den erwähnten Wasserführungen gegen den natürlichen Zustand des Weserwassers 6 bis 10°.“ Auf den Chlorgehalt gehe ich zunächst nicht ein, weil bisher die Verchlorung durch die den Härtezusatz liefernden Carnallitwerke erheblich unter der zulässigen Grenze geblieben ist.

Faßt man die beiden Aussprüche zusammen, so ergibt sich: Die ganze Tagesverarbeitung von (nach Tjadens Angabe für 1913) 104000 dz Rohsalz hat eine Steigerung der Härte des Weserwassers oberhalb Bremen um 6 bis 10° bei 16 bis 20° Gesamthärte bedingt. Würden unter gleichen Bedingungen mehr Rohsalze verarbeitet, so müßte eine weitere Steigerung der Gesamthärte über 16 bis 20° Gesamthärte hinaus eintreten. Dies führt zum

letzten Schlußsatze auf Seite 351 des Kaliindustriebuches: „Die Einleitung größerer Mengen von Kaliabwässern als seither ist mit der Benutzung des Weserwassers zur Trinkwasserversorgung der Stadt Bremen nicht vereinbar“. Gemäß dieser Anschauung ist auch bisher verfahren und gegen alle Anträge der Kaliwerke auf Verleihung oder Genehmigung neuer Berechtigungen zur Abwassereinleitung von Bremen Einsprache erhoben worden. Wäre der natürliche Zustand des Weserwassers im Jahre 1913 so beschaffen gewesen, daß bei 16 bis 20° Gesamthärte eine Steigerung der Härte um 6 bis 10° vorhanden war, so hätte die natürliche Härte für die Niedrigwasserführungen bis „beträchtlich über Mittelkleinwasser“ etwa 10° betragen.

Nach der Zahlentafel 1 der vorliegenden Erwiderung handelt es sich im allgemeinen um Wasserführungen unter 200 cbm/sek; zuweilen ist auch bei größeren Abflußmengen die Grenze 16° Gesamthärte überstiegen worden. Die von Tjaden getroffene Auswahl hat nur für einen einzigen Tag den Nachweis von mehr als 20° Gesamthärte erbracht: Analyse Nr. 3 mit 20,1° Gesamthärte, 11,9° Kalkhärte, 8,2° Magnesiaihärte. Am nächsten an 16° lagen die Gesamthärten bei den Analysen Nr. 15, 26, 28 und 37 mit durchschnittlich 16,1° Gesamthärte, 10,2° Kalkhärte, 5,9° Magnesiaihärte. Nach den Bezugslinien der Abb. 1 entsprechen den normalen Gesamthärten 16 bis 20° bei etwa 200 bis 100 cbm/sek Abflußmenge die normalen Kalkhärten 10,2 bis 11,3° und die normalen Magnesiaihärten 5,8 bis 8,7°; die Normalwerte weichen also von den Messungswerten wenig ab. Da nun aber von den 5,8 bis 8,7° großen Magnesiaihärten noch die Werte der natürlichen Magnesiaihärte abzuziehen sind, so kann unmöglich eine Steigerung der Härte des Weserwassers von 6 bis 10° vorhanden gewesen sein. Selbst wenn seit 1883/84 keine Zunahme der natürlichen Magnesiaihärte stattgefunden hätte, würde diese nach der Zahlentafel 3 mit 2,3 bis 2,7° in Abzug zu bringen sein, und es würden für die künstliche Magnesiaihärte 3,5 bis 6,0° verbleiben. An der oberen Grenze war die Zunahme der natürlichen Magnesiaihärte verschwindend gering, und an der unteren Grenze hat sie etwa 0,5° betragen. Dann beträgt die Steigerung der Härte gegen den natürlichen Zustand 3 bis 6° statt 6 bis 10°, wie Tjaden fälschlich angibt.

Umgekehrt wie die Härtezusätze, die an der oberen Grenze doppelt so groß wie an der unteren sind, verhalten sich die Abflußmengen. Die aus der „Übersicht über die Zusammensetzung des Weserwassers im Jahre 1913“ (Kaliindustriebuch, Seite 87) abgeleiteten Zahlenwerte ergeben daher, daß die Steigerung der Härte des Weserwassers bei 16 bis 20° Gesamthärte 3 bis 6° betragen und von der oberen zur unteren Grenze im Verhältnis der Verdünnung durch die doppelt so große Abflußmenge abgenommen hat. Bis zur gewöhnlichen Abflußmenge 230 cbm/sek des Jahres 1913 hat die Verdünnung den Härtezusatz 3° im Verhältnis von 200:230 auf 2,6° vermindert (S. 5), und die auf den Kalendertag bezogene Tagesverarbeitung ergibt sich auf 44 Tausend dz Carnallit. So groß war sie auch tatsächlich. Richtiges Rechnen mit richtigen Zahlen liefert richtige Ergebnisse.

Tjaden mag das Rechnen nicht. Außerdem hat er auch in der Übersicht für 1913 und im Verzeichnis der Analysen von 1883/84 nur die Gesamthärte aufgeführt, sie aber nicht in Kalk- und Magnesia-härte getrennt. Das ist für ihn schade; denn er wäre sonst wohl vor dem schweren Irrtum behütet worden, in den er mit seiner Behauptung über die Härtesteigerung um 6 bis 10° im Jahre 1913 verfallen ist. Wäre der Magnesia-härtezusatz, der bei einer „durch die Kaliindustrie bedingten Steigerung der Härte“ doch nur in Frage kommen kann, wirklich so groß gewesen, so hätten auf die von ihm mitgeteilten Analysen mit rund 18 bis 20° Gesamthärte etwa 9 bis 10° Magnesia-härtezusatz entfallen müssen. Die natürliche Magnesia-härte hat nach seinem Analysenverzeichnis für 1883/84 bei den entsprechenden Niedrigwasserführungen 2,6 bis 2,8° betragen. Macht zusammen 11,6 bis 12,8° Magnesia-härte. Abgezogen von 18 bis 20° Gesamthärte, bleibt ein Rest von 6,4 bis 7,2° für die Kalkhärte, die jedoch bei seinen Analysen auf rund 10,5 bis 11,5° ermittelt worden ist. Ein flüchtiger Blick auf die von ihm gefundenen Ergebnisse hätte ihm gezeigt, daß die Härtesteigerung für 1913 an der oberen Grenze nicht auf 10°, sondern auf höchstens 6° anzunehmen ist.

Würde er weiter geblickt haben, so wäre ihm klar geworden, daß die Kalkhärte bei diesen Niedrigwasserführungen 1913 ungefähr ebenso groß oder bis zu 1° kleiner war als die Gesamthärte 1883/84. Weil aber die natürliche Magnesia-härte inzwischen nicht ver-

schwunden sein kann, so würde er sich haben überzeugen müssen, daß die natürliche Härte von 1883/84 bis 1913 bei kleinen Abflußmengen um durchschnittlich 2° zugenommen hat. Ich danke Tjaden für diesen abermaligen Beweis einer Zunahme der natürlichen Härte, der sich ohne weiteres aus seinen eigenen Zahlen ergibt.

Er beziffert die Rohsalz-Tagesverarbeitung für 1913 auf 104000 dz am Arbeitstage, während ich die Carnallitverarbeitung auf 44000 dz am Kalendertage (53500 dz am Arbeitstage) beziffert habe. Da für die Verhärtung des Flußwassers durch Kaliabwässer in der Hauptsache nur die Abwassereinleitungen der Carnallitwerke wirksam sind, so ist von einer Verwechslung meinerseits nicht die Rede. Die bisherige Steigerung der Härte kann nicht durch Abwässer der Hartsalzwerke verursacht sein, falls diese nicht nebenbei auch Carnallit verarbeitet haben. Die Verarbeitung von Kalirohsalz, bei der keine Abwässer mit Magnesiumgehalt oder überhaupt keine Abwässer entstehen, kommt für die künstliche Verhärtung des als Trinkwasser dienenden Flußwassers nicht in Betracht. Vielmehr kommt hierfür in Betracht vorzugsweise die Carnallitverarbeitung, die nach dem 5. Abschnitt (S. 31, 35) der vorliegenden Erwiderung auf das $2\frac{1}{2}$ fache des Maßes von 1913 vergrößert werden kann, ohne bei zweckmäßiger Bewirtschaftung der Abwassereinleitungen mit Zuhilfenahme von Abwasserbecken die Höchstgrenze 20° der Gesamthärte in der Unteren Weser zu erreichen oder gar zu übersteigen. Demnach liegt keine Veranlassung vor, die Entwicklung der Carnallitwerke des Wesergebietes mit Rücksicht auf die Trinkwasserversorgung der Stadt Bremen zu verhindern, wie dies von Tjaden im letzten Schlußsatze seines Kaliindustriebuches verlangt wird.

Meine Weser-Denkschrift behandelt die Magnesiaverhärtung des Flußwassers deshalb in erster Linie, weil sie veranlaßt wurde durch die Weser-Begutachtung des Reichsgesundheitsrates, dessen Urteil erbeten ist über die Frage, inwieweit das Weserwasser mit Kaliabwässern angereichert werden darf, ohne seine Verwendung zur Trinkwasserversorgung für ein großes Gemeinwesen unmöglich zu machen. In der Begründung des Teilgutachtens wird hervorgehoben, daß die Zumischung von Kaliabwässern zum Trinkwasser besonders den Geschmack ungünstig beeinflusst, und zwar sei es von

den Bestandteilen der Kaliabwässer nach allgemeiner Übereinstimmung das Chlormagnesium, das den Geschmack hauptsächlich stört, während demgegenüber ihr Gehalt an Magnesiumsulfat und Kochsalz weit zurück trete. Diese Anschauung hat die vorbereitenden Untersuchungen (insbesondere die Geschmacksprüfungen mit verdünnten Endlaugen) ebenso beherrscht, wie sie die ganze Begründung als Grundgedanke durchzieht. Für die Festsetzung der Gesamthärtengrenze war der zulässige Chlormagnesiumgehalt ausschließlich maßgebend. Aber auch bei der Festsetzung einer Höchstgrenze des Chlorgehaltes wurde zunächst der Chlorzuwachs durch chlormagnesiumhaltige Endlaugen berücksichtigt und ein Zuschlag gemacht, um die kochsalzhaltigen Kieseritwaschwässer, Schachtabwässer usw. der Vorflut ebenfalls noch zuleiten zu dürfen.

In diesem Sinne hat meine Weser-Denkschrift die Aufgabe zu lösen versucht: wie die bei Innehaltung einer bestimmten Härtengrenze in der Unteren Weser dort zulässigen Abwassermengen auf die einzelnen Versalzungsgebiete zu verteilen wären. Wohl bei allen Versuchen über die geschmackliche Beeinflussung des Trinkwassers durch Kaliabwässer ist bisher die Magnesiaverhärtung, namentlich der Gehalt an Chlormagnesium, als grundlegend für das Urteil angenommen worden. Schon hierdurch allein kommt zum Ausdruck, daß die Abwässer der Carnallitverarbeitung in erster Linie zu betrachten waren, auch bei dem Ausblick auf die weitere Entwicklung. Die bisher erteilten Berechtigungen zur Abwassereinleitung lauten entweder unmittelbar auf die Verarbeitung von Carnallit oder sie sind auf die Carnallitverarbeitung eingerichtet, auch wenn sie von Rohsalzverarbeitung sprechen, aber die Sonderverhältnisse der Hartsalzverarbeitung nicht genügend berücksichtigen. Will man die für die Trinkwasserversorgung mit Flußwasser ungünstigste Möglichkeit der Untersuchung jener Aufgabe zugrunde legen, so erscheint notwendig, bei den für Rohsalzverarbeitung verliehenen Rechten zu unterstellen, daß die zugestandene Verarbeitungsmenge eine Carnallitmenge sei oder werden könne. Dann versteht sich aber von selbst, daß die Einwirkung der Abwassereinleitungen auf den Chlorgehalt in solcher Weise zu prüfen ist, wie sie sich bei der Verarbeitung von Carnallit ergeben würde. Dies gilt auch für die

Kaliwerke im Werragebiet, die vorzugsweise Hartsalz verarbeiten. Wenigstens galt es bisher und wird sich erst ändern, wenn durch die Aufsichtsbehörden nach Vereinbarung mit den Berechtigten eine den Betriebsverhältnissen besser entsprechende Regelung getroffen wird.

Im 4. Abschnitt der vorliegenden Erwiderung ist dies bereits erwähnt. Und im 5. Abschnitt habe ich den Nachweis geführt, daß außer der genannten Vermehrung der Carnallitverarbeitung eine noch weiter über das Maß von 1913 hinausgehende Vermehrung der auf Abwassereinleitungen angewiesenen Hartsalzverarbeitung ermöglicht werden kann, wenn die im ersten Gutachten festgesetzte Chlorgrenze für die Untere Weser von 250 auf 300 mg/l erhöht würde. Gesundheitliche oder sonstige Bedenken hiergegen dürften schwerlich zu erheben sein, weil der Chlormagnesiumgehalt dadurch nicht gesteigert werden soll, sondern der Chlorgehalt überwiegend aus dem viel weniger nachteiligen Chlornatrium bestehen wird. Wie mein in der Zahlentafel 5 dargestellter Vorschlag eines Wirtschaftsplanes für die einheitliche Bewirtschaftung der Carnallit- und Hartsalz-Abwassereinleitungen zeigt, lassen sich die Einwirkungen beider Arten von Abwässern auf das Weserwasser bei Bremen getrennt prüfen und gemeinsam beurteilen. Gerade die getrennte Prüfung ermöglicht die Übersicht, in welcher Weise die künstliche Regelung des Salzgehaltes durchgeführt werden muß, wenn weder die Verhärtung, noch die Verchlorung des Flußwassers die zulässigen Grenzzahlen übersteigen sollen und dennoch die Leistungsfähigkeit der Unteren Weser für die Abwasserbeseitigung nach Möglichkeit ausgenutzt werden kann.

Tjaden beschwert sich darüber, daß ich ihm zugetraut habe, nach seiner Meinung solle die Werra im Falle der Ausnutzung aller bereits beantragten Konzessionen die Abwässer der Tagesverarbeitung von 229 000 dz Carnallit aufnehmen. Er hätte überall zwischen Rohsalz, Hartsalz und Carnallit scharf unterschieden und bei jenen 229 000 dz von Rohsalz gesprochen. Dies stimmt; aber kurz vorher steht auf Seite 58 seines Kaliindustriebuches: „Ein Wasserwerk, das auf das betreffende Flußwasser angewiesen ist und Hunderttausende von Menschen zu versorgen hat, kann nicht auf die wechselnden Konjunkturen oben liegender Industrien und auf das Wohlwollen ihrer Leiter angewiesen sein. Hier müssen

unbedingte Sicherheiten vorhanden sein, und deshalb ist es erforderlich, bei der Erwägung der Gefahren, welche der Wasserversorgung drohen, die ungünstigsten Möglichkeiten, welche die Konzessionen zulassen, in Rechnung zu stellen.“ Er will daher nicht zugeben, „daß man bei der Wertung einer Konzession zwischen den Hartsalzwerken und den Carnallitwerken unterscheiden müsse“, und führt ein Beispiel an für den Übergang von der Hartsalz- zur Carnallitverarbeitung bei einem Kaliwerke, das die in der Grube aufgeschlossenen Hartsalze völlig abgebaut, aber reiche Carnallitlager hat. Er erwähnt auch, daß die Vertreter der Kaliindustrie ihm gegenüber eingestanden hätten, sie müßten sich Bewegungsfreiheit für solche Übergänge vorbehalten. Wenn aber bei der Wertung der Konzessionen kein Unterschied zwischen Carnallitverarbeitung und Hartsalzverarbeitung gemacht und stets in Rechnung gestellt werden soll, was für die Wasserversorgung einer Großstadt am nachteiligsten wäre, so sind die für Rohsalzverarbeitung mit Abwassereinleitungen erteilten Berechtigungen beim Erwägen ihrer zukünftigen Wirksamkeit nicht anders zu würdigen wie diejenigen Gerechtsame, die ausdrücklich für Carnallitverarbeitung verliehen sind.

Daß im Kaliindustriebuche überall zwischen Rohsalz, Hartsalz und Carnallit scharf unterschieden worden wäre, kann ich nicht zugeben. Allerdings hat Tjaden die Verarbeitungszahlen nach Carnallit- und Hartsalzverarbeitung getrennt und gelegentlich mitgeteilt, daß viele Kaliwerke von den Gerechtsamen zur Abwassereinleitung keinen Gebrauch machen oder keine solche Berechtigungen besitzen. Aber an den entscheidenden Stellen, nämlich bei seiner Beurteilung, welche Steigerung des Salzgehaltes der Unteren Weser bisher eingetreten und künftighin zu befürchten sei, wirft er alles in einen Topf. Außerdem führt er auch noch alle beantragten Konzessionen auf, obgleich ihm bekannt ist, daß von ihrer vollen Berücksichtigung niemals die Rede sein kann. Er kommt hierbei zu verblüffend großen Verarbeitungsmengen, die als Scheuche gegen weitere Belastung der Weser wirken. Für die kleine Werra, deren gewöhnliche Abflußmenge nur 33 cbm/sek beträgt, erhält er auf diese Weise die erschreckend große werktägliche Rohsalzverarbeitung von 229 000 dz, die als Carnallitverarbeitung zur Geltung kommen würde, wenn man nach seinem

Grundsätze bei der Wertung einer Konzession zwischen den Hartsalzwerken und Carnallitwerken nicht unterscheidet. Wie bereits erwähnt (S. 25), schweben Verhandlungen zwischen den dortigen Aufsichtsbehörden und den vorzugsweise auf Hartsalzverarbeitung eingerichteten Kaliwerken, bei denen die Entwicklungsmöglichkeit der Kaliindustrie im Werragebiete auf die Tagesverarbeitung von 120 000 dz Rohsalz beziffert worden ist. Die Verhandlungen gehen aber davon aus, daß für die Werra- und Fulda-Hartsalzwerke klare Bestimmungen eingeführt werden sollen, die dem wirklichen Zustande entsprechen, und daß durch die vermehrte Abwasserbeseitigung der Chlormagnesiumgehalt des Weserwassers kaum berührt, sondern nur der Chlornatriumgehalt erhöht werden soll.

Was in meiner Weser-Denkschrift als Chlor-Mehrbetrag bezeichnet ist, entspricht in der Hauptsache dem Chlorgehalte, der von den an Chlornatrium reichen Hartsalzabwässern des Werra- und Fuldagebietes hinzugebracht wird. Dies kommt aber nur zum Vorschein, wenn man die Einwirkung der Carnallitwerke auf den Salzgehalt der Unteren Weser von den Wirkungen der auf Abwassereinleitungen angewiesenen Hartsalzwerke getrennt untersucht. Geschieht dies nicht, so wird der Tatbestand verdunkelt und ein richtiges Urteil vereitelt. Die Verdunkelung des Tatbestandes nimmt noch zu, wenn man die Verhärtung und Verchlorung der Weser vergleicht mit den gesamten Rohsalz-Verarbeitungsmengen unter Einrechnung der Rohsalzmengen, bei deren Verarbeitung gar keine Kaliabwässer in die Zuflüsse der Weser eingeleitet worden sind. Deshalb war die Belastung der Weser bei Bremen mit Kaliabwässern im Jahre 1913 nicht durch die tägliche Verarbeitung von 104 000 dz Rohsalz bedingt, wie Tjaden auf Seite 349 und an anderen Stellen seines Kaliindustriebuches angibt. Und ganz unzulässig ist es, diese Verarbeitungsmenge in Vergleich zu stellen mit der durch die Kaliindustrie bedingten Steigerung der Härte des Weserwassers.

Seine Behauptung, daß die Einleitung größerer Mengen von Kaliabwässern als seither mit der Benutzung des Weserwassers zur Trinkwasserversorgung der Stadt Bremen nicht vereinbar sei, ist das Schlußergebnis seiner Ausführungen im Kaliindustriebuche, der springende Punkt. Um darzutun, daß die Belastung

der Weser mit Kaliabwässern jetzt bereits an der Grenze des Erträglichen angelangt sei oder sie sogar schon überschritten habe, macht er Angaben über die Verarbeitungsmengen im Jahre 1913 (jene 104000 dz Rohsalz am Arbeitstage), über den Salzgehalt bei Niedrigwasserführungen im Jahre 1913 (16 bis 20° Härte und 200 bis 250 mg/l Chlorgehalt), über die durch die Kaliindustrie bedingte Steigerung des Salzgehaltes bei diesen Niedrigwasserführungen (angeblich 6 bis 10° Härtesteigerung, was aber doppelt zu hoch ist, und 150 bis 200 mg/l Chlorgehalt, was nach Ausweis der Zahlentafel 5 dieser Erwiderung ebenfalls etwas zu hoch gegriffen ist), schließlich auf Seite 175 über die Ergebnisse seiner Geschmacksprüfungen.

Nach den 1913/14 angestellten Schmeckversuchen genügt das Weserwasser bei Bremen den gültigen Anforderungen nicht mehr, wenn es durch Zuführung von Kaliendlaugen auf eine Härte von rund 20° gebracht ist. Die Versuche haben weiter gelehrt, daß eine bemerkbare Verschlechterung des Geschmacks schon durch die Zuführung einer solchen Menge von Endlaugen bedingt wird, welche die Härte des Weserwassers auf 16 bis 17° und den Chlormagnesiumgehalt auf rund 100 mg/l bringt. Hier liegt nach seiner Meinung die Grenze des Zulässigen. Im übrigen gehe ich auf diese Ergebnisse und die Schmeckversuche selbst nicht ein, sondern beschränke mich auf die Feststellung, daß Tjadens Meinung über die Zulässigkeitsgrenze auf der Zumischung von Kaliendlaugen mit hohem Chlormagnesiumgehalte zum Weserwasser beruht.

Bei seiner Behauptung ist nicht beachtet, daß die hohen Härtegrade bei Niedrigwasserführungen erheblich herabgesetzt werden können, wenn die Bewirtschaftung der Abwassereinleitungen mit Abwasserbecken eingeführt wird. Sieht man hiervon ab, so läßt sich der Gedankengang folgendermaßen fassen: Bei einer werktäglichen Rohsalzverarbeitung von 104000 dz im Wesergebiet ist das Weserwasser bei Bremen im Jahre 1913 zur Niedrigwasserzeit in unzulässigem Maße verhärtet worden, weil seine Gesamthärte durch Kaliendlaugenzusatz über 16° und sein Chlormagnesiumgehalt über 100 mg/l erhöht war. Folglich ist die Einleitung größerer Mengen von Kaliendlaugen (mit hohem Chlormagnesiumgehalt) als seither zu verbieten. Solche Kali-

abwässer sind jedoch diejenigen, die bei der Carnallitverarbeitung anfallen und in die Untere Weser gelangen. Also kann Tjaden nur die Carnallitwerke haftbar machen, die 1913 nicht 104 000 dz am Arbeitstage, sondern nur wenig über die Hälfte dieser Rohsalzmenge verarbeitet haben. Ein merkwürdiger Zufall will, daß auch der Härtezusatz im Jahre 1913 nur die Hälfte des von ihm angegebenen Maßes betragen hat. Die andere Hälfte der Rohsalzverarbeitung hat keine Kaliendlaugen mit Chlormagnesiumgehalt in die Weser gebracht und das Bremer Trinkwasser nicht verhärtet. Die Carnallitverarbeitung könnte jedoch auf 104 000 dz am Arbeitstage vergrößert werden, ohne bei zweckmäßiger Bewirtschaftung der Abwassereinleitungen den Magnesiahärtezusatz 6° , dessen Zulässigkeit nicht bestritten ist, jemals zu übersteigen.

Da Tjaden in seiner Zusammenfassung der Versuchsergebnisse den Chlorgehalt des für die Schmeckproben benutzten Wassers nur als einen Teil des Chlormagnesiumgehaltes erwähnt, so hat er auf den Chlornatriumgehalt offenbar keinen besonderen Wert gelegt. Ich erinnere mich auch nicht, daß dies an anderen Stellen des Kaliindustriebuches geschehen sei, und habe vergebens versucht, mich aus seinen Befunden von 1911 zu belehren, inwieweit der zur damaligen Wasserklemmenzeit sehr hohe Chlorgehalt auf die Einleitung von Chlornatrium zurückzuführen ist. Unzweifelhaft rührte der weitaus größte Teil des damals bis über 400 mg/l angewachsenen Chlorgehaltes nicht von dem wegen seiner Geschmackschädigung gefürchteten Chlormagnesium her. Hiernach dürfte der Vertreter des Gesundheitswesens der Stadt Bremen auch wohl keine Befürchtung hegen, daß durch einen Zuwachs an Chlornatrium in den mäßigen Grenzen, die sich aus den Anträgen der Kaliindustrie auf Erhöhung des zulässigen Chlorgehaltes der Unteren Weser ergeben, gesundheitliche Nachteile für die Trinkwasserversorgung eintreten könnten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Anhang.

Zahlentafeln 1 bis 7.

Zahlentafel 1. Jetziger Salzgehalt der Unteren Weser (1913).

Lfde. Nr.	Monat, Tag	Wasser- führung cbm/sek	Salzgehalt in mg/l			Kalkhärte (°DH)		Magnesiahärte (°DH)		Gesamthärte (°DH)	
			Chlor	Calcium	Ma- gnesium	Messung	Normal	Messung	Normal	Messung	Normal
1	—	98	253	—	—	—	11,3	—	8,8	—	20,1
2	17. Sptb.	120	231	82	33	11,5	11,0	7,7	7,8	19,2	18,8
3	19. Sptb.	120	245	85	35	11,9	11,0	8,2	7,8	20,1	18,8
4	—	121	227	—	—	—	11,0	—	7,8	—	18,8
5	3. Nvbr.	130	192	79	30	11,1	10,9	7,0	7,6	18,1	18,5
6	5. Nvbr.	130	214	80	33	11,2	10,9	7,7	7,6	18,9	18,5
7	September	133	212	76,3	32,6	10,7	10,9	7,6	7,5	18,3	18,4
8	Oktober	135	209	75,7	31,6	10,6	10,9	7,4	7,4	18,0	18,3
9	17. Oktb.	139	234	81	36	11,3	10,8	8,4	7,3	19,7	18,1
10	29. Oktb.	140	189	75	31	10,5	10,8	7,2	7,2	17,7	18,0
11	—	141	205	—	—	—	10,8	—	7,2	—	18,0
12	15. Oktb.	142	235	79	37	11,1	10,8	8,6	7,2	19,7	18,0
13	8. August	148	195	70	29	9,8	10,7	6,8	7,1	16,6	17,8
14	15. August	149	172	75	28	10,5	10,7	6,5	7,0	17,0	17,7
15	29. August	150	161	69	26	9,7	10,7	6,1	7,0	15,8	17,7
16	23. Sptb.	150	225	77	29	10,8	10,7	6,8	7,0	17,6	17,7
17	August	160	178	73,7	27,5	10,3	10,6	6,4	6,8	16,7	17,4
18	—	163	185	—	—	—	10,6	—	6,7	—	17,3
19	18. August	165	210	77	30	10,8	10,6	7,0	6,7	17,8	17,3
20	21. Juli	178	180	74	32	10,4	10,5	6,5	6,3	17,9	16,8
21	16. Juli	180	148	76	26	10,6	10,5	6,1	6,2	16,7	16,7
22	—	185	166	—	—	—	10,4	—	6,1	—	16,5
23	23. Juni	189	164	78	26	10,9	10,3	6,1	6,0	17,0	16,3
24	11. Juli	190	169	80	27	11,2	10,3	6,3	6,0	17,5	16,3
25	Juli	195	153	83,4	25,6	10,3	10,3	6,0	5,9	16,3	16,2
26	2. Juni	200	156	75	25	10,5	10,2	5,8	5,9	16,3	16,1
27	November	208	157	66,1	26,8	9,3	10,1	6,3	5,7	15,6	15,8
28	4. Juli	209	165	73	26	10,2	10,1	6,1	5,7	16,3	15,8

Lfd. Nr.	Monat, Tag	Wasser- führung cbm/sek	Salzgehalt in mg/l			Kalkhärte (°DH)		Magnesiahärte (°DH)		Gesamthärte (°DH)	
			Chlor	Calcium	Ma- gnesium	Messung	Normal	Messung	Normal	Messung	Normal
29	—	209	150	—	—	—	10,1	—	5,7	—	15,8
30	2. Juli	210	156	75	25	10,5	10,1	5,8	5,7	16,3	15,8
31	Juni	218	147	72,0	23,9	10,1	10,0	5,6	5,6	15,7	15,6
32	28. Juli	220	130	66	22	9,2	10,0	5,1	5,5	14,3	15,5
33	29. Nvb.	229	189	75	31	10,5	9,9	7,2	5,3	17,7	15,2
34	—	230	140	—	—	—	9,9	—	5,3	—	15,2
35	28. Nvb.	235	91	53	17	7,4	9,9	4,0	5,2	11,4	15,1
36	1. Dzb.	235	107	62	20	8,7	9,9	4,7	5,2	13,4	15,1
37	25. Juni	235	122	76	24	10,6	9,9	5,6	5,2	16,2	15,1
38	—	242	134	—	—	—	9,8	—	5,1	—	14,9
39	18. April	260	127	71	21	9,9	9,6	4,9	4,9	14,8	14,5
40	Mai	264	116	66,8	20,0	9,4	9,6	4,7	4,9	14,1	14,5
41	16. April	275	133	70	22	9,8	9,5	5,1	4,8	14,9	14,3
42	—	285	118	—	—	—	9,4	—	4,7	—	14,1
43	April	292	112	65,4	19,0	9,2	9,3	4,4	4,7	13,6	14,0
44	7. Mai	295	121	67	20	9,4	9,3	4,7	4,6	14,1	13,9
45	5. Dzb.	325	121	60	22	8,4	9,0	5,1	4,4	13,5	13,4
46	9. Juni	338	136	56	18	7,8	8,8	4,2	4,4	12,0	13,2
47	—	340	103	—	—	—	8,8	—	4,4	—	13,2
48	12. Mai	350	96	64	17	9,0	8,7	4,0	4,3	13,0	13,0
49	März	410	101	65,1	22,4	9,1	8,3	5,2	4,0	14,3	12,3
50	—	412	90	—	—	—	8,3	—	4,0	—	12,3
51	28. März	450	63	56	13	7,8	8,1	3,0	3,7	10,8	11,8
52	Dezember	462	86	54,7	15,9	7,6	8,1	3,7	3,7	11,3	11,7
53	—	502	81	—	—	—	7,9	—	3,4	—	11,3
54	Januar	557	82	60,6	15,1	8,5	7,8	3,5	3,1	12,0	10,9
55	21. März	564	83	58	16	8,1	7,8	3,7	3,1	11,8	10,9
56	Februar	615	71	53,7	12,4	7,5	7,7	2,9	2,8	10,4	10,5
57	15. Dzb.	640	62	51	14	7,1	7,6	3,3	2,7	10,4	10,3
58	—	640	72	—	—	—	7,6	—	2,7	—	10,3

**Zahlentafel 2. Früherer Salzgehalt der Unteren Weser
(endlaugenfrei).**

Lfd. Nrn.	Probenentnahme		Wasserführung		Salzgehalt in mg/l			Härtegrade in °DH			Gesamthärte nach Seifenverfahren		
													Tag
Analysen	Tag	Tag, Monat, Jahr	Ort	m a. P. Baden	cbm/sek	Chlor	Kalk	Magnesia	Kalk	Magnesia	Gesamt	°DH	‰ Fehler
1	1	4. Sptb. 1883	O	1,68	112	60,3	95,7	20,2	9,57	2,83	12,40	11,8	- 5
2	"	"	U	"	"	60,3	108,2	24,2	10,82	3,38	14,20	12,0	-15
3	"	"	L	"	"	60,3	92,3	19,5	9,23	2,73	11,96	14,0	+17
4	2	3. Juli 1883	O	1,72	117	65,6	93,1	20,0	9,31	2,80	12,11	10,5	-13
5	"	"	U	"	"	65,6	93,0	20,2	9,30	2,83	12,13	10,5	-13
6	"	"	L	"	"	65,6	93,2	20,2	9,32	2,88	12,15	10,1	-17
7	3	28. Sptb. 1884	O	1,74	119	46,1	89,2	16,3	8,92	2,28	11,20	10,2	- 9
8	"	"	U	"	"	46,1	90,3	18,9	9,03	2,65	11,68	10,2	-13
9	4	1. Oktb. 1883	O	1,80	126	51,7	95,7	19,4	9,57	2,72	12,29	11,8	- 4
10	"	"	U	"	"	51,7	95,8	19,2	9,58	2,68	12,26	11,8	- 4
11	5	7. Oktb. 1891	O, r	1,88	136	63,9	95,5	22,1	9,55	3,09	12,64	9,5	-25
12	"	"	O, m	"	"	63,9	100,0	22,1	10,00	3,09	13,09	9,5	-27
13	"	"	O, l	"	"	63,9	101,4	22,1	10,14	3,09	13,23	9,5	-28
14	"	"	K, r	"	"	67,4	104,3	21,9	10,43	3,06	13,49	9,5	-30
15	"	"	K, l	"	"	63,9	105,7	20,6	10,57	2,88	13,45	9,5	-29
16	"	"	K, k	"	"	63,9	102,9	19,4	10,29	2,72	13,01	9,0	-31
17	"	"	U ₁ , r	"	"	67,4	106,4	22,1	10,64	3,09	13,73	9,2	-33
18	"	"	U ₁ , m	"	"	63,9	98,6	17,1	9,86	2,40	12,26	9,5	-23
19	"	"	U ₁ , l	"	"	63,9	88,5	19,0	8,85	2,66	11,51	9,2	-20
20	"	"	U ₂ , r	"	"	63,9	107,5	11,9	10,75	1,66	12,41	9,5	-23
21	"	"	U ₂ , m	"	"	63,9	104,3	12,1	10,43	1,69	12,12	9,0	-26
22	"	"	U ₂ , l	"	"	63,9	86,4	16,4	8,64	2,30	10,94	9,0	-18
23	6	2. Juni 1883	L	2,22	176	54,6	82,2	17,2	8,22	2,41	10,63	9,2	-13
24	7	14. Agst. 1883	O	2,32	188	34,9	76,1	16,6	7,61	2,32	9,93	10,6	+ 7
25	"	"	U	"	"	35,8	77,5	16,7	7,75	2,33	10,08	10,6	+ 5
26	"	"	L	"	"	35,2	78,2	18,0	7,82	2,52	10,34	12,3	+19
27	8	2. Mai 1883	O	2,52	223	45,4	71,2	16,6	7,12	2,32	9,44	8,6	- 9
28	"	"	U	"	"	45,4	71,9	16,7	7,19	2,33	9,52	8,6	-10

Lfd. Nrn.	Probenentnahme		Wasserführung		Salzgehalt in mg/l			Härtegrade in °DH			Gesamthärte nach Seifenverfahren		
													Tag
29	8	2. Mai 1883	L	2,52	223	45,4	71,1	15,7	7,11	2,20	9,31	8,6	- 8
30	9	20. Juli 1884	O	2,52	223	56,8	88,8	18,3	8,88	2,56	11,44	11,2	- 2
31	"	"	U	"	"	53,2	89,7	18,7	8,97	2,62	11,59	10,6	- 9
32	10	22. April 1884	O	2,54	226	44,2	88,5	18,2	8,85	2,54	11,39	10,1	-11
33	"	"	U	"	"	44,2	88,7	18,4	8,87	2,58	11,45	10,1	-11
34	"	"	L	"	"	45,4	89,1	18,4	8,91	2,58	11,49	11,2	- 3
35	11	13. Juni 1884	O	2,60	236	48,9	—	—	—	—	—	9,5	—
36	"	"	U	"	"	48,9	—	—	—	—	—	9,5	—
37	12	15. Nvb. 1883	O	2,98	302	33,3	70,1	14,8	7,01	2,07	9,08	9,8	+ 8
38	"	"	U	"	"	33,3	70,3	14,8	7,03	2,07	9,10	10,4	+14
39	"	"	L	"	"	33,3	68,8	15,2	6,88	2,13	9,01	9,8	+ 9
40	13	24. Jan. 1882	L	3,16	334	32,4	71,1	14,5	7,11	2,03	9,14	8,0	-12
41	14	21. März 1884	O	3,36	376	33,8	76,0	15,5	7,60	2,17	9,77	9,2	- 6
42	"	"	U	"	"	33,8	75,9	15,5	7,59	2,17	9,76	9,2	- 6
43	"	"	L	"	"	33,8	76,3	15,5	7,63	2,17	9,80	9,2	- 6
44	15	12. Dzb. 1883	O	3,50	405	26,2	62,2	12,3	6,22	1,72	7,94	7,8	- 2
45	"	"	U	"	"	24,6	62,9	12,3	6,29	1,72	8,01	8,1	+ 1
46	"	"	L	"	"	23,4	61,5	12,2	6,15	1,69	7,84	8,4	+ 7
47	16	17. Fbr. 1884	O	4,28	567	30,5	79,1	14,6	7,91	2,04	9,95	7,8	-22
48	"	"	U	"	"	30,5	80,9	19,4	8,09	2,72	10,81	7,9	-27
49	"	"	L	"	"	34,7	79,2	14,9	7,92	2,09	10,01	8,2	-18
50	17	16. Jan. 1884	O	4,40	592	21,8	62,5	11,6	6,25	1,62	7,87	8,4	+ 7
51	"	"	U	"	"	21,8	63,0	12,0	6,30	1,68	7,98	8,4	+ 5
52	"	"	L	"	"	21,8	61,5	12,1	6,15	1,69	7,84	7,6	- 3
53	18	7. März 1893	L	4,78	735	32,0	61,0	4,3	6,10	0,60	6,70	5,0	-25
54	19	10. Dzb. 1884	O	5,66	1095	14,2	52,7	6,5	5,27	0,91	6,18	5,3	-14
55	20	16. Dzb. 1884	O	6,04	1270	14,2	50,8	6,7	5,08	0,94	6,02	5,3	-12
56	"	"	L	"	"	14,2	47,0	6,4	4,70	0,90	5,60	5,0	-11
57	21	30. Nvb. 1890	L	6,18	1360	21,3	46,7	9,3	4,67	1,30	5,97	6,2	+ 4
58	22	29. März 1886	K	6,36	1500	17,3	33,6	6,9	3,36	0,97	4,33	5,0	+15

**Zahlentafel 3. Früherer Salzgehalt der Unteren Weser
(endlaugenfrei).**

Lfde. Nr.	cbm/sek	Chlor mg/l	Kalkhärte (°DH)		Magnesiahärte (°DH)		Gesamthärte (°DH)	
			Messung	Normal	Messung	Normal	Messung	Normal
1	98	62	—	10,1	—	2,7	—	12,8
2	112	60	9,9	9,7	3,0	2,7	12,9	12,4
3	117	66	9,3	9,6	2,8	2,7	12,1	12,3
4	119	46	9,0	9,6	2,5	2,7	11,4	12,3
5	121	59	—	9,5	—	2,7	—	12,2
6	126	52	9,6	9,4	2,7	2,7	12,3	12,1
7	136	64	10,0	9,1	2,6	2,6	12,6	11,7
8	141	55	—	9,0	—	2,6	—	11,6
9	163	51	—	8,6	—	2,5	—	11,1
10	176	55	8,2	8,4	2,4	2,4	10,6	10,8
11	185	47	—	8,3	—	2,4	—	10,7
12	188	35	7,7	8,3	2,4	2,3	10,1	10,6
13	209	43	—	8,0	—	2,3	—	10,3
14	223	45	7,1	7,9	2,3	2,2	9,4	10,1
15	223	55	8,9	7,9	2,6	2,2	11,5	10,1
16	226	45	8,9	7,8	2,6	2,2	11,4	10,0
17	236	49	—	7,8	—	2,1	9,5	9,9
18	242	39	—	7,7	—	2,1	—	9,8
19	285	35	—	7,3	—	2,1	—	9,4
20	302	33	7,0	7,2	2,1	2,1	9,1	9,3
21	334	32	7,1	6,9	2,0	2,1	9,1	9,0
22	340	31	—	6,9	—	2,1	—	9,0
23	376	34	7,6	6,7	2,2	2,1	9,8	8,8
24	405	25	6,2	6,6	1,7	2,0	7,9	8,8
25	412	30	—	6,6	—	2,0	—	8,6
26	502	29	—	6,4	—	1,8	—	8,2
27	567	31	8,0	6,3	2,3	1,7	10,2	8,0
28	592	22	6,2	6,3	1,7	1,6	7,9	7,9
29	640	27	—	6,2	—	1,5	—	7,7
30	735	32	6,1	5,9	0,6	1,4	6,7	7,3

Zahlentafel 4. Frühere und jetzige Härtegrade der Unteren Weser.

Unterschreitungstage im Durchschnittsjahre		<1	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Wasserführung (cbm/sek)		98	121	141	163	185	209	242	285	340	412	502	640	
1	Jetzt (1913)	Gesamthärte °DH	20,1	18,8	18,0	17,3	16,5	15,8	14,9	14,1	13,2	12,3	11,3	10,3
2		Natürl. Härte "	14,0	13,9	13,8	13,6	13,3	12,9	12,4	12,0	11,4	10,8	10,1	9,4
3		Kalkhärte "	11,3	11,0	10,8	10,6	10,4	10,1	9,8	9,4	8,8	8,3	7,9	7,6
4		Natürl. Magnesiahärte "	2,7	2,9	3,0	3,0	2,9	2,8	2,6	2,6	2,6	2,5	2,2	1,8
5		Magnesia-Härtezusatz "	6,1	4,9	4,2	3,7	3,2	2,9	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9
6		Ganze Magnesiahärte "	8,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,7	5,1	4,7	4,4	4,0	3,4	2,7
7	Früher	Ganze natürl. Härte "	12,8	12,2	11,6	11,1	10,7	10,3	9,8	9,4	9,0	8,6	8,2	7,7
8		Kalkhärte "	10,1	9,5	9,0	8,6	8,3	8,0	7,7	7,3	6,9	6,6	6,4	6,2
9		Magnesiahärte "	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,5
Zunahme der														
(2-7)	ganzen natürl. Härte "	1,2	1,7	2,2	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,4	2,2	1,9	1,7	
(3-8)	Kalkhärte "	1,2	1,5	1,8	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	
(4-9)	natürl. Magnesiahärte "	0	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	

Zahlentafel 5. Früherer und jetziger Chlorgehalt der Unteren Weser.

Unterschreitungstage im Durchschnittsjahre		<1	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Wasserführung (cbm/sek)		98	121	141	163	185	209	242	285	340	412	502	640	
1	Jetzt (1913)	Gesamtchlorgehalt . . . mg/l	253	227	205	185	166	151	134	117	103	90	81	72
2		Natürlicher Chlorgehalt "	69	67	65	62	58	54	49	45	42	39	36	33
3		Chlorzusatz d. Endlaugen "	122	98	84	74	64	58	50	42	36	30	24	18
4		Chlor-Mehrbetrag "	62	62	56	49	44	39	35	30	25	21	21	21
5	Früherer Chlorgehalt "	63	59	55	51	47	43	39	36	33	31	29	27	
Zunahme des														
(1-5)	Gesamtchlorgehaltes "	190	168	150	134	119	108	95	81	70	59	52	45	
(2-5)	natürl. Chlorgehaltes "	6	8	10	11	11	11	10	9	9	8	7	6	
(3+4)	künstl. Chlorgehaltes "	184	160	140	123	108	97	85	72	61	51	45	39	

**Zahlentafel 6. Wirtschaftsplan für das Durchschnittsjahr
mit den Grenzzahlen 20° (18,5°) Gesamthärte,
10° (7,7°) Härtezusatz, 300 mg/l Gesamtchlorgehalt.**

Unterschreitungstage:	<1	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Wasserführung (cbm/sek)	98	121	141	163	185	209	242	285	340	412	502	640
1 Gesamthärte °DH	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	16,2	12,1
2 Natürliche Härte. "	14,0	13,9	13,8	13,6	13,3	12,9	12,4	12,0	11,4	10,8	10,1	9,4
3 Magnesia-Härtezusatz "	4,5	4,6	4,7	4,9	5,2	5,6	6,1	6,5	7,1	7,7	6,1	2,7
4 Chlorzusatz der Endlaugen mg/l	90	92	94	98	104	112	122	130	142	154	122	54
5 Natürlicher Chlorgehalt "	69	67	65	62	58	54	49	45	42	39	36	33
6 Summe von 4 und 5 "	159	159	159	160	162	166	171	175	184	193	158	87
7 Chlor-Mehrbetrag "	137	111	95	83	73	64	55	47	40	33	27	21
8 Gesamtchlorgehalt "	296	270	254	243	235	230	226	222	224	226	185	108
9 Von Chlormagnesium "	56	57	59	61	65	70	76	81	89	96	76	34
10 Von Chlornatrium "	240	213	195	182	170	160	150	141	135	130	109	74

Gleichmäßige Versalzung am Kalendertag Gleichmäßige Tagesverarbeitung am Arbeitstag Jahresverarbeitung

Carnallit $t = \frac{h'' \cdot q}{13,6} = \frac{6,1 \cdot 242}{13,6} = \text{rd. } 109 \text{ Tsd. dz}$ $\frac{365}{300} \cdot 109 = \text{rd. } 133 \text{ Tsd. dz}$ $300 \cdot 133 \text{ Tsd} = \text{rd. } 40 \text{ Mill. dz}$

Hartsalz $t' = \frac{c'' \cdot q}{156} = \frac{55 \cdot 242}{156} = \text{rd. } 86 \text{ ,,}$ $\frac{365}{300} \cdot 86 = \text{rd. } 105 \text{ ,,}$ $300 \cdot 105 \text{ ,,} = \text{rd. } 31,5 \text{ ,,}$

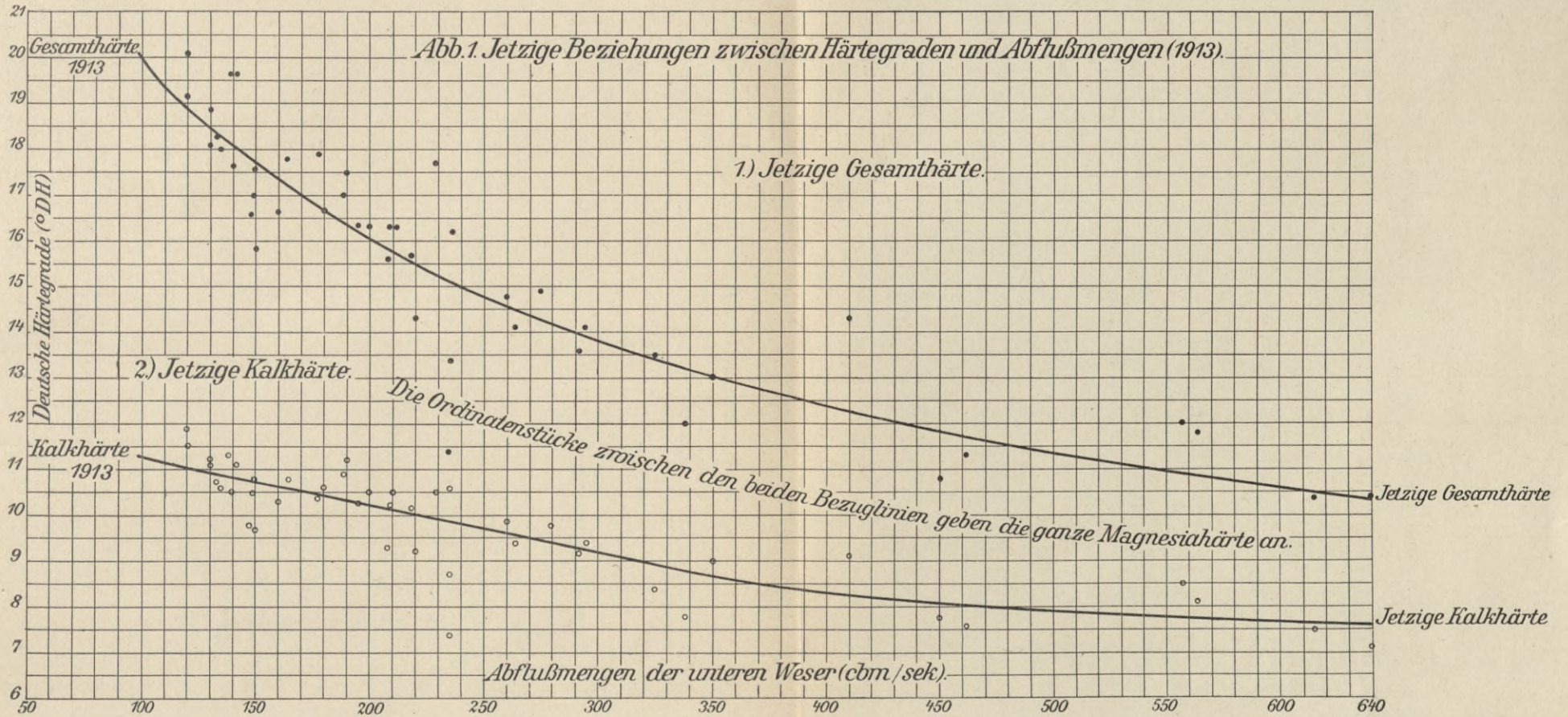
Speicherraum der Endlaugenbecken

Im ganzen 375 000 cbm
 Für 1000 dz rd. 2 820 ,,

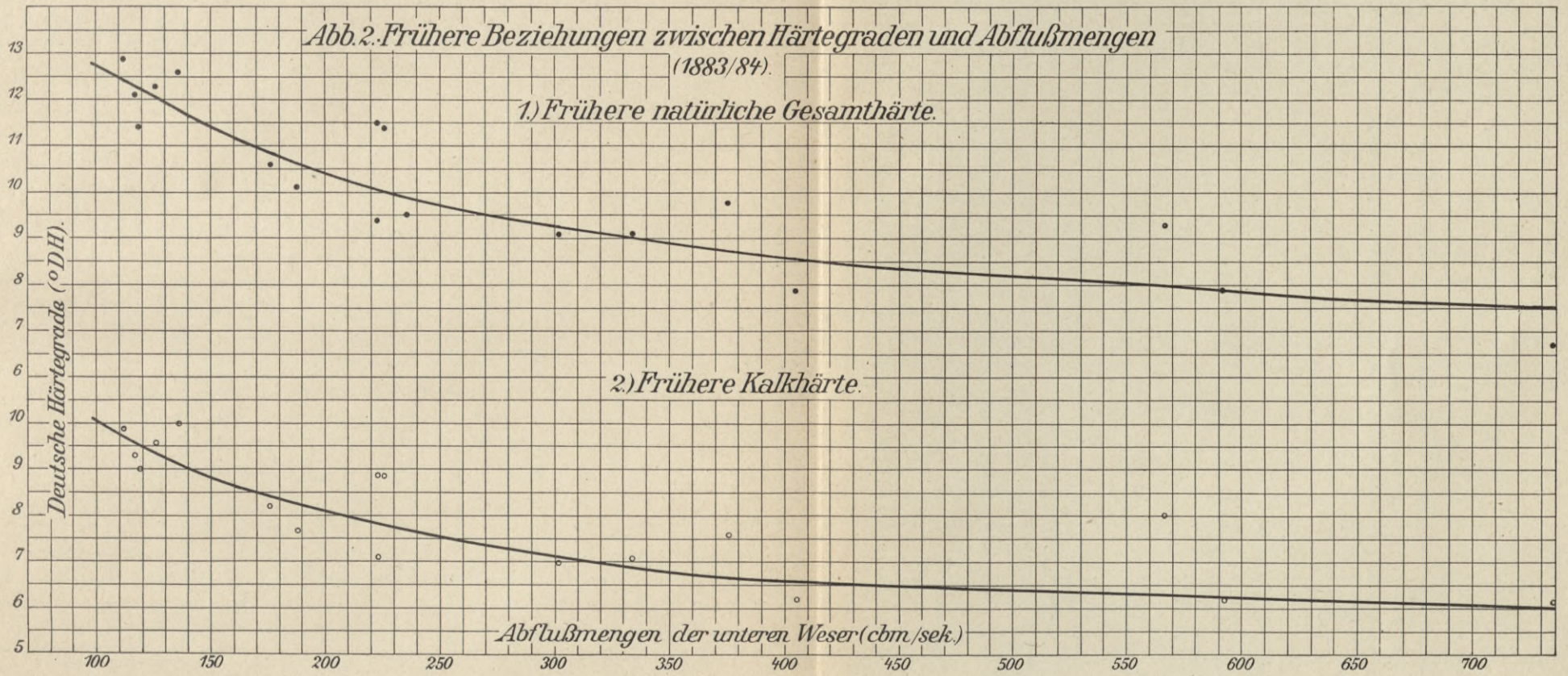
Zahlentafel 7. Verteilung der Carnallitverarbeitung auf die Gebietsteile.

Gebietsteil	Jahresverarbeitung Mill. dz	Mittlere Abwassereinleitung				Größte Abwassereinleitung			Härtezusatz Grenz- zahl °DH
		Arbeits- tag Tsd. dz	Kalen- dertag Tsd. dz	Abfluß cbm/sek	Härte- zusatz °DH	Kalen- dertag Tsd. dz	Abfluß cbm/sek	Härte- zusatz °DH	
1 Werra	9,24	30,8	25,4	33	10,4	58,1	59	13,4	15,7
2 Fulda	2,01	6,7	5,5	38	2,0	12,3	67	2,5	4,8
3 Ob. u. Mittl. Weser	1,98	6,6	5,4	76	1,0	11,7	132	1,2	3,5
4 Weser obh. Aller	13,23	44,1	36,3	147	3,4	82,1	258	4,3	6,6
5 Obere Aller . . .	5,79	19,3	15,7	20,6	10,4	35,7	36,2	13,4	15,7
6 Leine	12,36	41,2	33,7	44	10,4	73,9	75	13,4	15,7
7 Untere Aller . . .	8,52	28,4	23,3	30,4	10,4	42,3	42,8	13,4	15,7
8 Ganze Aller . . .	26,67	88,9	72,7	95	10,4	151,9	154	13,4	15,7
9 Untere Weser.	39,90 rund 40	133,0	109,0	242	6,1	234,0	412	7,7	10,0

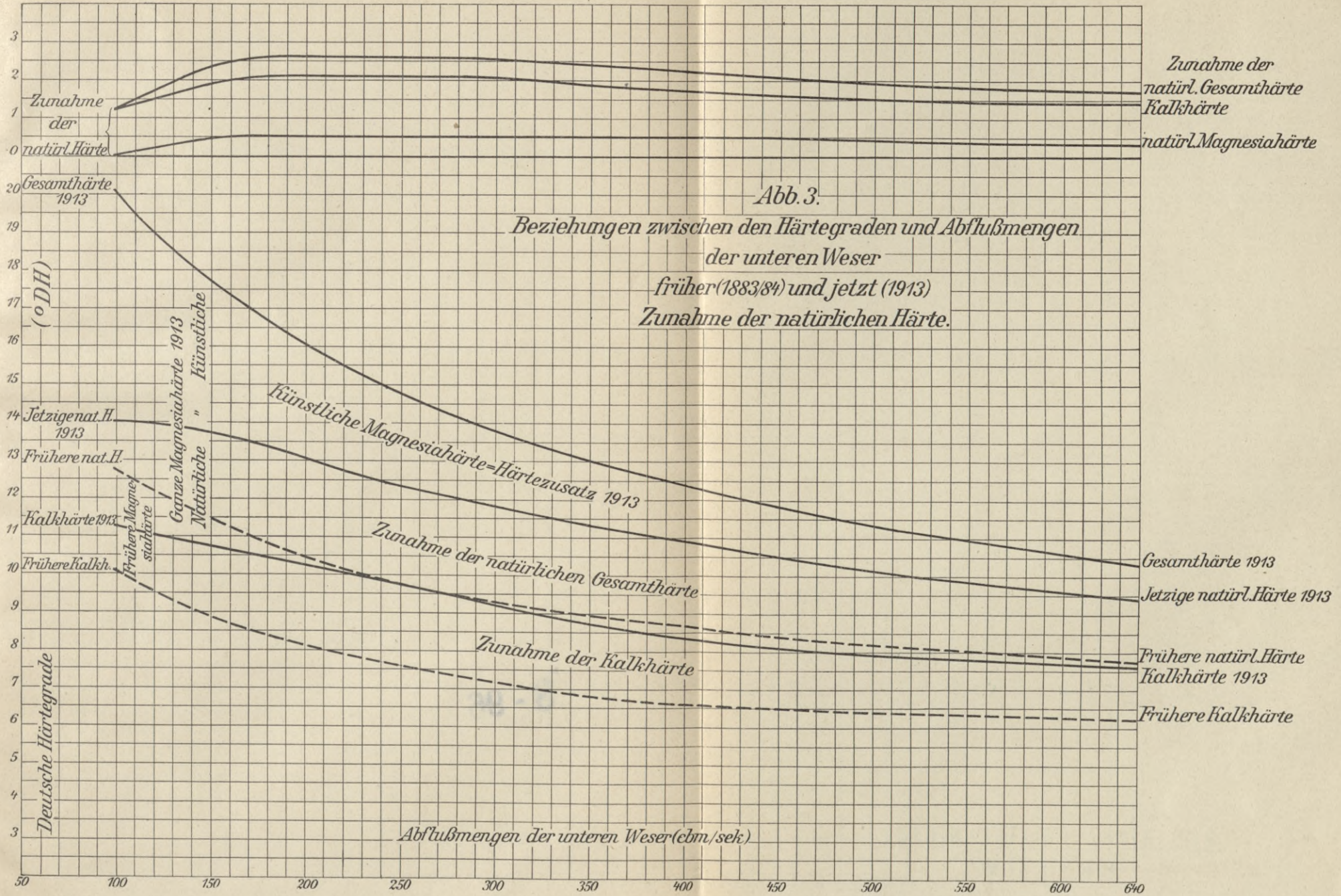
Zu: H. Keller, Die Kaliabwässer im Wesergebiet.



Zu: H. Keller, Die Kaliabwässer im Wesergebiet.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

8-96

S. 61

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297240