

[Aus dem bakteriologischen Institut zu Bremen.]

Ueber die gesundheitliche Beurtheilung der Brunnenwässer im bremischen Staatsgebiet, mit besonderer Berücksichtigung des Vorkommens von Ammoniumverbindungen und deren Umwandlungen.

Von

Dr. H. Kurth,

Director des bakteriologischen Instituts zu Bremen.

(Hierzu Taf. I—III.)

Seit dem Ausbruch der in so unzweifelhafter Weise durch das Trinkwasser vermittelten Choleraepidemie zu Hamburg im Jahre 1892 ist eine reichliche Arbeit auf die gesundheitliche Erforschung der Wässer jeglicher Art verwendet und zahlreiche neue Einzelerfahrungen sind gesammelt worden. Eines der wichtigsten Erkenntnisse, welches sowohl aus der Summe aller Einzelbeobachtungen klar hervortritt, als auch schon aus mancher einzelnen Thatsache mit beinahe eben solcher Sicherheit geschlossen werden durfte, ist das der Unzulänglichkeit der bis dahin fast allgemein für die gesundheitliche Beurtheilung von Wässern üblichen chemischen Untersuchung. Es zeigte sich, dass ein nach chemischen Grundsätzen durchaus nicht als mittelmässig oder schlecht zu bezeichnendes Wasser nichtsdestoweniger Träger einer Epidemie sein konnte; andererseits werden Brunnenwässer mit schlechtestem chemischen Zeugnis vielerorts nach wie vor ohne Nachtheil genossen. Die Lehre, wonach der fortgesetzte Genuss der in den schlechtesten Wässern immer doch nur in geringsten Mengen enthaltenen verdächtigen Stoffe als solcher Gesundheitsschädigungen bedinge, hatte schon vordem nur noch wenige

Gläubige gefunden. Die Mehrzahl der Anhänger jener Untersuchungsart war dahin überein gekommen, die Anwesenheit gewisser Mengen von Ammoniak, salpetriger Säure, Salpetersäure, oxydirbarer Substanz, Chlor, Erdsalzen und des Gesamtgehaltes an löslichen Stoffen als Anzeichen für einen Zutritt von verdächtigen Abwässern zum Grundwasser anzusehen. Oberflächenwasser mit ihrem fast durchweg geringen Gehalt an solchen Stoffen fielen für diesen einsichtsvolleren Theil der Beobachter schon von vornherein nicht mehr in das Gebiet der chemischen Betrachtung. Hier hatte man bereits einen anderen Gesichtspunkt als einzig wesentlich erkannt.

Dieser durch einseitig wissenschaftliche Behandlung entstandenen Verworrenheit ist nun ein Ende gemacht durch die aus allen neueren Beobachtungen hervorgehende Erkenntniss, dass da, wo man von einem Trinkwasser zu erfahren wünscht, ob es „gesund“, d. h. frei von ansteckenden Krankheiten sei, es vor allem darauf ankommt, mit offenen Augen an die sichtbaren örtlichen Verhältnisse heranzutreten. Wo in jüngster Zeit Epidemien im Anschluss an den Gebrauch eines bestimmten Trinkwassers von hygienisch geschulter Seite beobachtet sind, da haben sich jedes Mal grobe bauliche Fehler der Wasserversorgungsanstalten nachweisen lassen, dergestalt, dass an einer Stelle, sei es der wassergebenden Anlage selbst oder der Leitung, der unmittelbare Zutritt menschlicher Abwässer in mehr oder minder verdünnter Gestalt stattfand.

Es ist das Verdienst R. Koch's in seinen beiden Abhandlungen: „Wasserfiltration und Cholera“¹ und „Die Cholera in Deutschland während des Winters 1892/93“² zuerst mit Sicherheit die hier in Betracht kommenden Grundzüge dargelegt zu haben.

Fassen wir insbesondere die Beurtheilung von Grundwasseranlagen in's Auge, so sind einwandsfreie Lage und Bauart die vom gesundheitlichen Standpunkte nunmehr zu stellenden Forderungen. Die Brunnenanlage selbst soll, sei es als tiefer Röhrenbrunnen oder gut verdeckter Kesselbrunnen, auf erhöhter und trockener Stelle befindlich, vor jeder Beschmutzung gesichert und die Stelle des Grundwassers, welche den Brunnen speist, möglichst weit von jeglichen Schmutzstätten entfernt sein. Damit tritt die Bauwissenschaft wieder an die Stelle, die sie niemals und nirgends hätte preisgeben sollen. Wenn auch vielerorts die nüchterne Ueberlegung selbst wenig gebildete Leute bei ihren Brunnenanlagen in dieser Hinsicht das Rechte hat treffen lassen, so ist es doch andererseits, besonders in der Nähe grosser Städte, woselbst ein chemisches Labora-

¹ *Diese Zeitschrift.* Bd. XIV. S. 393 ff.

² *Ebenda.* Bd. XV. S. 89 ff. Siehe insbesondere S. 115—129, S. 144—146.

torium besteht, dahin gekommen, dass selbst fachwissenschaftlich Gebildete, insbesondere Brunnenbauer selbst, es kaum glauben wollen, dass die Gesundheit eines Wassers anders als durch eine dem Laien geheimnissvoll erscheinende wissenschaftliche Untersuchungsart erkannt werden könnte. Diesem Zustande entgegenzutreten ist dringend erforderlich. Indessen werden sich solch' tiefgewurzelte Anschauungen nicht mit einem Schlage ändern lassen. Ausser durch den steten Hinweis auf dasjenige, worauf es wirklich hier ankommt, wird dieses Ziel um so sicherer erreicht werden, wenn zugleich durch möglichst eingehende chemische Untersuchungen selbst das Unzulängliche jener Lehre dargethan wird und insbesondere auch Fehler und Trugschlüsse in der Auffassung einzelner bei jener Untersuchungsart verwertheter Stoffe dabei noch nachträglich aufgedeckt werden. Daraus wird sich dann zugleich ergeben, welche Bedeutung der chemischen Wasseruntersuchung für die Zukunft beizumessen ist. Dass diese fein ausgebildete Untersuchungsart zum mindesten für die Beurtheilung der Bodenverhältnisse und Grundwasserströmungen von dauerndem Werthe ist, wird wohl von keiner Seite bestritten werden.

In der unlängst veröffentlichten Arbeit von W. Kruse¹ „Zur hygienischen Beurtheilung des Wassers“ ist Alles, was vom heutigen Stand unserer wissenschaftlichen Kenntnisse sich sowohl über jene Frage im Allgemeinen, als auch gegen die Verwerthung der chemischen Untersuchungsmethode insbesondere sagen lässt, in so übersichtlicher und ausführlicher Weise dargestellt, dass dem nur Weniges noch hinzuzufügen ist. Aus Kruse's eigenen, über die gesundheitliche Bedeutung der Erdsalze in Wässern angestellten Thierversuchen ergiebt sich zwar, dass aus harten Wässern die Kalisalze durch Eindampfen in einer für Mäuse tödtlichen Menge leicht dargestellt werden können. Da indessen solche giftigen Concentrationen thatsächlich in den zum Genuss bestimmten Wässern nicht vorkommen, und ferner nach des Verfassers eigenen Ausführungen der Genuss sehr harter Wässer überhaupt nicht dauernd, sondern nur vorübergehend in der ersten Zeit nach einem Wechsel des Aufenthaltes Verdauungsstörungen hervorzurufen vermag (eine Ansicht, deren sicherer Beweis übrigens schwer zu erbringen sein wird), so dürfte selbst mit dem am Schlusse der Arbeit ausgesprochenen Satz: „Nur die Härtebestimmung ist von Nutzen, da der Gehalt des Wassers an Erdsalzen gesundheitlich nicht indifferent ist“, schon zu viel gesagt sein.

Ueber den Werth der bakteriologischen Prüfung für Grundwasseranlagen gehen die Meinungen zur Zeit noch weit auseinander. Zwar

¹ Diese Zeitschrift. Bd. XVII.

herrscht allseitige Uebereinstimmung darüber, dass das unter dem geschlossen verlaufenden Erdboden befindliche Grundwasser keimfrei sein müsse, da ja schon in Bodenschichten von 2^m Tiefe an nur noch ausnahmsweise einzelne Bakterienkeime gefunden werden, und es auch in vielen Fällen, besonders mit Zuhülfenahme enger abessinischer Brunnenröhren, gelingt, ein thatsächlich bakterienfreies Wasser schon aus 3 bis 4^m Tiefe heraufzupumpen; andererseits haben sorgfältige Beobachter wiederholt trotz angeblich reichlichen Abpumpens bei unverdächtig gelegenen und einwandsfrei erbauten weiten Röhrenbrunnen und Kesselbrunnen nach wie vor so reichliche Bakterienmengen gefunden, dass der so nahe liegende Gedanke, lediglich mittels Zählung der Bakteriencolonien zu ermitteln, ob schmutzige bakterienreiche Zuflüsse beständen, beinahe von allen Seiten als aussichtslos nunmehr bezeichnet wird. Ueber die Herkunft dieser unvermuthet auftretenden Bakterienmengen sind verschiedene Ansichten geäußert. Zumeist werden sie als Bewohner der Brunnenwandungen und Leitungsröhren betrachtet; Andere wieder glauben, dass sie durch unsichtbare Zuflüsse aus der oberen bakterienreichen Bodenschicht, besonders nach Regengüssen, dem Brunnenwasser zugeführt werden. Indessen sind alle solche Versuche wenig zielbewusst durchgeführt und in keinem ist insbesondere durch fortgesetztes Abspumpen bis zum schliesslichen Verschwinden der auffälligen Bakterienmengen der doch gewiss erreichbare Beweis für die Richtigkeit jener Annahmen erbracht.

Auffälliger Weise ist bisher von keiner Seite eine andere sehr nahe liegende Möglichkeit erwähnt, die nämlich, dass in den tiefen, die Brunnensohle und den unteren Theil des Brunnens umgebenden Schichten des Erdreichs im Bereich des Grundwassers eine Bakterienbevölkerung vorhanden sein kann, deren Keime zugleich mit denen vieler anderer Erdbakterien beim Brunnenbau zuerst in solche Tiefen getragen sind und in den durch die Anlage des Brunnens veränderten Verhältnissen genügende Bedingungen zur dauernden Ansiedelung gefunden haben.

Offenbar ist die festbegründete und gewiss auch durch diese scheinbare Ausnahme nicht berührte Lehre von der Keimfreiheit des tiefen Grundwassers die Ursache gewesen, weshalb an diesen Fall bisher nicht gedacht ist. Dass solches nun thatsächlich vorkommt und dass man hierin die Ursache einer andauernden reichlichen Bakterienbevölkerung des Wassers von gewissen einwandsfrei gelegenen und gut gebanten Brunnen in vielen, wenn nicht allen Fällen zu suchen haben wird, das haben die an mehreren hiesigen Brunnen durchgeführten Beobachtungen gelehrt und die weiter unten zu gebende Beschreibung dieser Versuche

wird das hoffentlich zum allseitigen Genügen darthun, dieses um so mehr, wenn hier chemische und bakteriologische Befunde eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung zeigen. Es wurde diese Beweisführung zugleich erleichtert durch die mit der Zählung Hand in Hand gehende Beobachtung der einzelnen Bakterienarten. Dass diese in diesem Falle thatsächlich von entscheidender Bedeutung werden konnte, werden auch eingelebte Zweifler an jener Untersuchungsart glaubhaft finden, wenn schon hier vorausgeschickt wird, dass in den zu jener Beweisführung ausgewählten Brunnen besondere, zum Theil überhaupt noch nicht beschriebene, leicht erkennbare Arten, eine jede in grosser Menge, unter Umständen fast in Reincultur vorkamen, welche als sicherer Leitfaden benutzt werden duften. Es sei aber zur Vermeidung von Missverständnissen gleich an dieser Stelle erwähnt, dass solche Verhältnisse keineswegs etwa als Regel oder auch als ein häufiges Vorkommen aufgestellt werden sollen. Dieses wird auch aus den Versuchen über die Bedingungen ihres Eintritts hervorgehen. Der Grund, weswegen sie schon bei dieser allgemeinen Betrachtung zur Sprache gebracht werden, ist darzuthun, dass die beinahe schon verpönte Beobachtung der nicht pathogenen Bakterienarten in Wasserproben denn doch nicht so ohne Weiteres bei Seite gesetzt werden sollte, ja dass zum Mindesten bei Unternehmung gründlicher Untersuchungen sich weitgehende Schlüsse darauf bauen lassen. Freilich ist das nicht im Sinne der Migula'schen¹ Ausführungen gemeint, sondern es sollen auch wirklich diejenigen Arten, welche in überwiegender Menge vorhanden sind, festgestellt, bzw. näher geprüft werden; ob sie nun allein oder im Verein mit einer grösseren oder kleineren Zahl anderer vorkommen, wird für ihre Beurtheilung gleichgültig bleiben.

In dieser Hinsicht ist eine Aufbesserung der wenig zuversichtlichen, auch von Kruse getheilten Anschauungen über den Werth der bakteriologischen Brunnenuntersuchung noch zu erwarten.

Es kann ja an sich keinem Zweifel unterliegen, dass nur die bakteriologische Untersuchung das Ziel der gesundheitlichen Wasseruntersuchung, zu wissen, ob Krankheitskeime darin sind oder nicht, unmittelbar erreichen kann. Die Ursache, weshalb diese im ersten Augenblick einfach erscheinende Anforderung thatsächlich auf so viel Schwierigkeiten stösst, ist in der wechselnden Menge und Art der Wasserbakterien, sowie in der Aehnlichkeit, welche eine Anzahl derselben mit gewissen Krankheits-erregern zeigt, zu suchen. In einem Falle wird die bakteriologische Prüfung allerdings unmittelbar beruhigende Gewissheit verschaffen können, dann nämlich, wenn ein Wasser annähernd keimfrei befunden wird. Aber

¹ *Centralblatt für Bakteriologie.* Bd. VIII. S. 353 ff.

ein solcher Befund schliesst ja nicht aus, dass derselbe Brunnen bald darauf durch irgend einen Zufall dennoch beschmutzt werden könnte und deshalb hat auch der günstigste bakteriologische Befund, an sich betrachtet, wenig Werth.

Eine im täglichen Leben häufig vorkommende Frage, welche der baldigen Beantwortung dringend bedarf, bisher aber in den hygienischen Abhandlungen über das Grundwasser und Brunnenanlagen nicht berührt worden ist, betrifft die Wahl des Standorts von kleinen Brunnen in der Nähe von Gehöften und in enggebauten kleinen und denjenigen grösseren Städten, welche noch keine gemeinsame Wasserleitung besitzen. Es handelt sich hier insbesondere um die geringste noch zulässige Entfernung des Brunnens von den von einem jeden Anwesen unzertrennlichen Schmutzstätten, insonderheit Abortgruben, Misthaufen, Abzugsgräben, Canälen, Waschplätzen u. s. f. Die baldige Beantwortung dieser Frage ist zugleich die nächstgebotene Folgerung der neuen Lehre, wonach alles darauf ankommt, dass der Brunnen vor dem Zutritt der keimhaltigen menschlichen und thierischen Abwässer dauernd geschützt sei. Um in dieser Frage klar zu sehen, würde es erforderlich sein, zu wissen, wie weit in jedem Falle Bakterienkeime im Grundwasser lebend fortbewegt werden können. Die Forderung steht nicht im Widerspruch mit der Thatsache, dass in 3^m Tiefe und mehr die Bakterienkeime sich dauernd nicht am Leben zu erhalten vermögen, denn es ist ja nicht damit ausgeschlossen, dass dies vorübergehend geschieht, indem sie z. B. aus einer besonders tief liegenden Schmutzstätte, Abortgrube u. desgl., in das Grundwasser gelangen und von demselben eine Strecke weit lebend fortgetragen werden oder auch durch eine fortgesetzte Saugwirkung der etwa benachbart liegenden Brunnenpumpe zum Brunnen hingezogen werden.

Von den beiden soeben erwähnten Kräften ist die letztere, die Saugwirkung der Pumpe, durch Messung der hinaufbeförderten Wassermengen mit ziemlicher Genauigkeit abzuschätzen. Um so schwieriger gestaltet sich die Beurtheilung der ersteren, vor allem, sofern es sich um Gebirgsgegenden mit ihrer starken Neigung der Schichten handelt. Hier wird am zweckmässigsten ein allgemein gültiges Maass überhaupt nicht aufzustellen, vielmehr von Fall zu Fall zu urtheilen und nach Möglichkeit dahin zu streben sein, dass die Brunnen höher, jedenfalls aber nicht tiefer als die benachbarten Schmutzstätten liegen.

In der norddeutschen Tiefebene mit ihren hohen Sandschichten und vielleicht auch noch hier und da in ähnlich beschaffenen weiten Flussthälern der Berggegenden, wo eine Wanderung des Grundwassers in den oberen Schichten entweder überhaupt nicht stattfindet oder doch nur

ausserordentlich langsam, wohl unmessbar und nur nach etwaigen Unterschieden der vorhandenen Pegelstände abschätzbar, vor sich geht, darf diese Kraft im Vergleich zu der ausserordentlich viel wirksameren des Pumpensaugers im Allgemeinen gleich Null gesetzt werden. Selbstredend sind auch gewisse Ausnahmefälle denkbar, insbesondere wird das Vorhandensein sehr grobporigen Bodens, z. B. von Kieslagern und ferner die wechselnden Druckverhältnisse in der Nähe der Flussläufe stets einer besonderen Berücksichtigung bedürfen.

Es sei nochmals ausdrücklich hervorgehoben, dass diese Betrachtung nur auf den häufigst vorkommenden Fall eines in Sand gelegenen und für geringen Bedarf (etwa 1 bis 20 ^{cbm} täglich) bestimmten Brunnens zutrifft.

Bei grossen, 1000 ^{cbm} täglich und mehr befördernden Pumpanlagen lässt sich, wenn sie in annähernd gleichmässig beschaffenem Sandboden befindlich sind, die im Anschluss an das Pumpen vor sich gehende Bewegung des seitlichen Grundwassers dadurch sinnfällig machen, dass im Umkreis des Brunnens in gewissen Abständen vergleichende Messungen des Grundwasserstandes vorgenommen werden. Dieselben ergeben, dass während des Pumpens ein trichterförmiger Abfall des umgebenden Grundwasserspiegels nach dem Brunnen zu entsteht. Ebenso wie nun die tiefsten Schichten des vom Brunnen berührten Grundwassers, weil unter dem stärksten Druck befindlich, der Saugwirkung am ehesten Folge geben, werden sie auch nach Aufhören derselben vor allem den Ausgleich der entstandenen Lücke vermitteln. Aus dieser allgemeinen Betrachtung der mechanischen Verhältnisse ergibt sich nun, dass selbst in diesem Falle von vornherein ein geradeswegs seitlich gerichtetes Zuströmen des Grundwassers, wenn überhaupt, nur in sehr bescheidenem Umfange erwartet werden darf.

Bei so geringer Menge der täglichen Wasserförderung, wie in unserem oben angenommenen Falle, wird auch die Messung des umliegenden Grundwasserspiegels keine sicheren Anhaltspunkte mehr ergeben.

Eine dritte Kraft — um sie so zu nennen — die Diffusion der Flüssigkeiten, ist für die gesundheitlich-bakteriologische Betrachtung nicht von Belang. Sie ist es zwar vor allem, welche die allmähliche Ausbreitung der aus undichten Schmutzstätten entweichenden Salzlösungen u. s. w. bewirkt, aber eine Fortbewegung von Bakterien wird man daraus nicht herleiten können.

Um nun diese Verhältnisse in anderer Weise zu prüfen, standen verschiedene Möglichkeiten zu Gebote. Zwar liess sich das Urbild des Versuchs, dass neben einer nachweislich undichten Schmutzstätte im Grundwasser ein Brunnen gelegen gewesen wäre, nicht auftreiben; aber die

Beobachtung der Brunnen hiesiger Gegend gab bald die Möglichkeit an die Hand, sowohl auf chemischem wie auf bakteriologischem Wege den Beweis anzutreten. Wie im Folgenden ausführlich beschrieben werden wird, und wie schon oben angedeutet wurde, können hier (und gewiss auch an anderen Orten ähnlicher Bodenbeschaffenheit) die tiefen Erdschichten in der Umgebung eines Brunnens selbst das Beispiel sowohl einer reichlichen Bakterienansammlung im Grundwasser, als auch der Anhäufung eines vom natürlichen Grundwasser abweichenden, chemisch leicht nachweisbaren Stoffes um das untere Ende des Brunnens herum darbieten; es sind damit eben jene auffälligen, z. Th. erst mit Hülfe eines besonderen dafür verwendeten Nährbodens nachweisbaren Bakterienarten und ferner — für den chemischen Versuch — die salpetrigsauren Verbindungen gemeint. Von den letzteren sei einleitend hier nur bemerkt, dass sie in sicher nachweisbarer Menge nirgends — wo ich dieses auch näher prüfte — einen Bestandtheil des unter der geschlossenen Erdoberfläche befindlichen Grundwassers darstellen, vielmehr recht eigentlich ein Erzeugniss des Brunnenbaus mit seiner Durchlüftung der tiefen Erdschichten sind; denn sie entstehen erst nach einer gewissen Zeit der Ruhe des Brunnen-Grundwassers; in dauernd in regem Gebrauch befindlichen Brunnen oder auch in frisch gebohrten und sofort in Betrieb genommenen kamen sie überhaupt nicht vor und andererseits gelang es in allen Fällen, auch dort, wo ein Gehalt von 1.0 und mehr Milligramm im Liter vorhanden war, durch fortgesetztes Abpumpen sie zum Verschwinden zu bringen, wie auch wieder durch erneute Ruhe sie herbeizuführen, — ein treffendes Beispiel zugleich, um die gänzliche Unsicherheit der bisherigen chemischen Wasseruntersuchung und Beurtheilung, die gerade diese salpetrigsauren Verbindungen als etwas besonders ungünstiges ansah, zu kennzeichnen! Es soll übrigens nicht in Abrede gestellt werden, dass hin und wieder auch im nächsten Umkreis einer undichten Abortgrube, welche ja auch Durchlüftung des Bodens vermitteln kann, sich salpetrige Säure bildet und einem allzu nahe gelegenen Brunnen mittheilt. Ein sicheres Beispiel hierfür ist mir aber aus hiesiger Gegend überhaupt nicht bekannt geworden.

Wo nun ein also beschaffener Brunnen in genügender Nähe eines zweiten, von jenen Kennzeichen freien, lag, da wurden die Versuche in Angriff genommen. Das Glück wollte es, dass sich zweimal mittelgrosse, mit Dampfkraft versehene Brunnen darboten, welche eine kräftige Durchführung der Probe gestatteten. Die Entfernungen betrugen 18 bzw. 20 m. In keinem Falle war ein Uebertritt des gekennzeichneten Grundwassers zum anderen Brunnen bemerkbar. So konnte mit Sicherheit festgestellt werden, dass ein reiner Umkreis von 9 m Radius ein mehr als genügender

Schutz für einen kleinen Hausbrunnen ist. In solchem Falle verdient das Ergebniss der chemischen Prüfung eine viel höhere Beachtung als der bakteriologische Versuch. Wenn letzterer das Fernbleiben der Keime zeigt, so ist damit noch die Möglichkeit offen gelassen, dass ebenso wie ein Filter schliesslich in seiner Leistungsfähigkeit nachlässt, bei längerer Durchführung des Versuchs doch einzelne Keime würden weiterwandern können; wenn aber auch die gelösten Stoffe nicht zutreten, so ist ein Zweifel nicht möglich.

Unter Vorausschickung dieser Grundgedanken seien nun des Näheren die merkwürdigen Verhältnisse besprochen, welche bei der Umwandlung der Ammoniumverbindungen, die im Grundwasser unterhalb der alluvialen Thonschicht des bremischen Gebietes in erheblicher Menge vorkommen, in salpetrigsaure und in salpetersaure Verbindungen statthaben. Um diese Verhältnisse zu verstehen, ist es unerlässlich, zuvor die Bodenschichten des bremischen Gebiets sich zu vergegenwärtigen, deren besondere Anordnung es ermöglichte, jene Fragen unter neuen Gesichtspunkten zu prüfen.

Zur Bodenkunde des bremischen Gebietes. (Vgl. Taf. I—III.)

Der bei weitem grössere, die Stadt Bremen selbst betreffende und zugleich sie umgebende rund 250 ^qkm grosse Theil des bremischen Gebietes ist durchweg den jüngsten, alluvialen, Erdbildungen zuzuzählen, desgleichen das aus den Ablagerungen des Brackwassers an der Wesermündung emporgewachsene Gebiet der Hafenstadt Bremerhaven.¹ Nur der am rechten Lesumufer, an der Einmündungsstelle dieses Flusses in die Weser befindliche Theil, auf welchem die Stadt Vegesack erbaut ist, ist zweifellos diluvialen Ursprungs. Die für das Diluvialland, „die Geest“, im Allgemeinen zutreffende Reihenfolge der Schichten ist, 1 bis 2 ^{km} von den Flussufern entfernt, auch dort anzutreffen. Auf eine, im obersten Theil reichlich nordische Geschiebe und Steintrümmer enthaltende Sandschicht von meist 2 bis 10 ^m Dicke folgen, zumeist in äusserst zarter Schichtung abwechselnde Bänke eines kalkreichen, grauen bis schwarzgrauen Thones und feiner Sande, zum mindesten in der Mächtigkeit von weiteren 10 ^m. Hier und da lagert Blocklehm über diesem „Geschiebemergel“. Diese Verhältnisse sind zur Zeit in der Nähe von Vegesack an den beiden grossen, wenige Kilometer östlich, bezw. südlich gelegenen Ziegelwerken zu Ihlpohl und Dwoberg besonders deutlich zu Tage liegend. In nordöstlicher Richtung von Vegesack, auf preussischem Gebiete, liegt der Thon

¹ Auf letzteren Gebietstheil die Untersuchungen auszudehnen, fand sich bisher keine Gelegenheit. Die nun folgenden Ausführungen haben auf denselben keinen Bezug.

mit völlig verschobener und durcheinander gewühlter Lage der Schichten in weiter Ausdehnung zu Tage. Die Ziegelgruben zu Schönebeck geben hierüber den besten Aufschluss.¹ Die abweichenden Verhältnisse am südwestlichen Abhang jener Hügel werden weiter unten, im Zusammenhang mit der Wasserwerksanlage zu Vegesack besprochen werden.

Ueber die tieferen Schichten des alluvialen Gebietstheils war bisher nichts Näheres bekannt. Aus der auf Tabelle I angegebenen Zusammenstellung einer Anzahl unlängst ausgeführter Erdbohrungen, zumeist zur Anlage von Tiefbrunnen, und der näheren Untersuchung der dabei gewonnenen Erdproben ergibt sich nun ganz unzweifelhaft, dass in einer Tiefe von 15 bis 20^m der Diluvialboden unter dem Bremer Gebiet entlang streicht, in Gestalt der reichlich nordische Steingesciebe führenden Sandschicht; auch die oben erwähnte kalkreiche Thonschicht ist an 2 Stellen, bei Brunnen Nr. 38, Tabelle I, c', und ferner unlängst beim Brückenbau innerhalb der Stadt in dem entsprechenden Abstände vom Geschiebesand in 20 bzw. 14^m unter Bremer Null aufgefunden. Eine gleichfalls bei allen jenen Bohrungen angetroffene, etwa 5^m oberhalb des Geschiebesandes liegende, reichlich Flusskies, insbesondere Kieselschiefer enthaltende Schicht von etwa 1^m Mächtigkeit giebt den ersten unzweideutigen Anhaltspunkt für die alluviale Abstammung der nun nach oben hin folgenden Schichten. Diese bestehen in der Hauptsache aus ziemlich reinem, grobkörnigen Fluss-sand, der schliesslich nahe der Oberfläche von der vierten, scharf gekennzeichneten Schichte, einem zähen, schwarzen Thon von $\frac{1}{4}$ bis 2^m Mächtigkeit bedeckt wird. Am rechten Ufer lagert darüber in weiter Ausdehnung eine meist 1^m dicke, moorige Schicht, am linken finden sich nur Nester einer solchen. Den Abschluss nach oben hin bildet im grössten Theil des Gebiets eine zweite, gelbe Lehmschicht, welche die vom Flusse zugetragenen Auflagerungen darstellt. Im östlichen Theil des Gebiets und ferner am rechten Weserufer ist sie noch mit einer, zumeist 1 bis 4^m mächtigen Sandschicht bedeckt, welche in Gestalt der Dünen, die hart am rechten Weserufer fast ununterbrochen durch das ganze Gebiet sich erstrecken, bis zu einer Mächtigkeit von 10^m hier und da ansteigt.

Ausnahmen von dieser Lagerung der Erdschichten dürften nur in nächster Nähe (bis etwa 300^m Entfernung) des Weserstromes hier und da anzutreffen sein, insbesondere derart, dass die schwarze Thonschicht nach Unterwühlung der darunterliegenden Sandschicht gebrochen und stückweise tiefer gesunken ist oder auch, im Zusammenhang mit den festliegenden Theilen bleibend, nach dem Fluss hin sich gesenkt hat. Für beides finden sich Anhaltspunkte vor.

¹ Vgl. auch W. O. Focke in „Die freie Hansestadt Bremen“. Bremen 1890. S. 197. (C. Schünemann.)

Der höchste Punkt des alluvialen Gebietstheiles liegt inmitten der Stadt mit annähernd 9.5^m über Bremer Null.¹ Die Breite jener deutlich erkennbaren Erhebungen beträgt kaum 500 bis 1000 m . Im Allgemeinen fällt das Gelände, dem Laufe des Flusses folgend, welcher auf einer Strecke von 22 km Länge das in westöstlicher Richtung etwa 23 km Breite messende Gebiet durchschneidet, von $+2^m$ an der südöstlichen Eintrittsstelle des Flusses bis zu -1^m an der nordwestlichen Austrittsstelle ab. Eine besonders tiefe umfangreiche Niederung stellt der nördliche Gebietstheil dar, mit einer Lage von zumeist 0.5 bis 1.5^m unter Bremer Null.

Die mittlere Höhe des Wasserspiegels der Weser, am Pegel der grossen Weserbrücke gemessen, dürfte zur Zeit etwa 1^m unter Bremer Null betragen. Im trockenen Sommer 1893 war der Wasserstand fast durchweg auf -1.80 , im Winter 1893/94 überschritt er nur vorübergehend den Nullpunkt bis zum höchsterreichten Stand von $+0.90$ (immer zur Zeit der Ebbe gemessen). Es ist zu bemerken, dass die mittlere Wasserstandshöhe in Folge der Tieferlegung des Weserbetts im unteren Flusslauf in den letzten Jahren erheblich gesunken ist, und dass hierin auch zur Zeit noch nicht ein Ruhezustand eingetreten ist.

Der Grundwasserspiegel in der Stadt Bremen, welcher im Jahre 1892 an 13 verschiedenen Stellen durch Pegelbeobachtung täglich gemessen wurde, lag, je nach Höhenlage der Stadttheile auf $+1^m$ bis zu -1.50^m , immer in Beziehung zu einem Stande des Wasserspiegels von -1.00^m verglichen. Von diesen Grundwasserständen wurden im Allgemeinen diejenigen, welche auf Bremer Null und tiefer liegen, von dem Wechsel der Wasserstände des Weserstromes deutlich betroffen. Alle diese Pegel berühren das Grundwasser unterhalb der Thonschicht, welche ihrerseits bei der Stadt im Allgemeinen in -1 bis -2^m Tiefe liegt. Als Beispiel hierfür ist der Pegel Lessingstrasse, nahe der Krankenanstalt, angeführt (vgl. Tafel III). Dieser machte, bei einem durchschnittlichen Stand von -0.25^m (auf den Weserstand von -1.00^m bezogen) in der Zeit von December 1893 bis August 1894 jede Schwankung der Weser bis zu solchen von 20 cm Unterschied sicher, meist schon nach 24 Stunden, mit und erreichte im Winter mit $+0.80$ den höchsten, im Juni mit -0.70 den tiefsten Stand. Beobachtungen dieser Art sind sowohl am rechten wie am linken Weserufer zu machen. Sie deuten sämmtlich auf lebhaft unter der Thonschicht vor sich gehende Wasserbewegungen bzw. Druckschwankungen hin. Zur Verstärkung dieser Bewegungen trägt sicherlich die niedrige Lage der 2 bis 4 km von den Fluss-

¹ Bremer Null liegt 2.284^m über Amsterdamer Null.

ufern entfernten Gebietstheile und ferner die besonders grosse Durchlässigkeit der Sandschichten unterhalb der Thonschicht bei.

Den Grundwasserstand oberhalb der Thonschicht im Bereich der höheren Dünenenerhebungen zeigt z. B. der Pegel Hauptschule unzweifelhaft an. Derselbe liegt nahezu auf dem höchsten Punkte der Stadt und jenes Dünenzuges überhaupt, inmitten der dort 7 bis 8^m messenden Sandschicht, 200^m vom Weserufer entfernt. Er ist allen erhältlichen Angaben nach vom tieferen Grundwasser durch die Thonschicht getrennt. Sein durchschnittlicher Stand lag seit December 1893 auf etwa + 1.10^m, den niedrigsten erreichte er am 21. Januar mit + 0.86, den höchsten am 7. April mit + 1.28. Die zwischen diesen beiden Höhen liegenden Schwankungen vollzogen sich im Allgemeinen langsam. Aber auch bei diesem Pegel konnte fast eine jede Schwankung, insbesondere ein jeder Anstieg, auf einen 3 bis 4 Tage vorher vorangegangenen Anstieg des Weserwassers bezogen werden, um so deutlicher, je niedriger der Pegel beim Anstieg des Flusswassers gestanden hatte. Beträchtliche Wassersteigungen im Fluss blieben z. B. im Februar und März fast ohne Einfluss; während die von einem obendrein viel tieferen Wasserstand der Weser ausgehenden Anstiege im letzten Drittel des Januar und August Erhebungen des derzeit niedrigen Grundwasserstandes von 14^{cm} und mehr innerhalb 6 Tagen hervorriefen, Bewegungen, wie sie durch die derzeitigen Niederschläge überhaupt nicht oder doch nicht in so kurzer Frist hätten erzeugt werden können. Auch ein unmittelbares Zuströmen des Weserwassers vom Ufer und zwar oberhalb der Thonschicht her konnte darnach nicht mehr angenommen werden.

Sprechen nun alle diese Thatsachen dafür, dass die Thonschicht, dem von unten her wirkenden Drucke nachgebend, einen Theil des tieferen Grundwassers durchtreten lässt, so habe ich mich davon auch noch in anderer Weise überzeugt. Zur Zeit des Hochwassers im März 1894 befand sich der Grundwasserspiegel beim bakteriologischen Institut (nahe der Krankenanstalt) noch nicht oberhalb der dort fast zu Tage liegenden gelben Thonschicht, musste aber nach dem benachbarten Pegelstand in der Lessingstrasse in ähnlicher Höhe zu vermuthen sein. Eine wenige Centimeter unter die Oberfläche der Thonschicht hinabgeführte Grube füllte sich nun in der That sehr schnell mit Wasser und zwar trat dieses aus dem Thon unter solchem Druck hervor, dass die kleine Grube durch Ausschöpfen nur mühsam leergehalten werden konnte.

Für die vorliegenden Betrachtungen ist die Feststellung obiger Thatsachen insofern von besonderer Bedeutung, als sie eine Ergänzung zu den Ergebnissen der chemischen Untersuchung der oberhalb der Thonschicht entnommenen Brunnenwässer bilden. Insbesondere das gelegentliche Auf-

treten geringer Mengen Ammoniak in denselben wird dadurch verständlich.

Die Hauptaufgabe bei der näheren Betrachtung jener Erdschichten war für die vorliegenden Untersuchungen darin gegeben, den Ort der Herkunft der reichlichen Mengen von Ammoniak, welches, wie schon erwähnt, einen regelmässigen Bestandtheil des Grundwassers unterhalb der alluvialen Thonschicht ausmacht, zu ermitteln. Die Erkenntniss dessen, dass selbst Mengen bis zu 15^{mg} Ammoniak im Liter einem naturwüchsigen, von Menschenhand im weitesten Umkreis nicht berührten Boden entstammen können, ist glücklicher Weise bereits zu einer Zeit, wo die chemische Untersuchungsart als die einzig zutreffende galt, ermittelt worden. Zugleich ist auf die langsame Zersetzung von früheren Erdperioden entstammenden Pflanzenresten als einzig denkbare Ursache für die Anwesenheit des Ammoniaks hingewiesen. Dieses Verdienst gebührt Proskauer.¹ Derselbe führte auch als wesentliches chemisches Erkennungszeichen des naturreinen Ursprungs solcher Wässer das gänzliche oder nahezu völlige Fehlen von salpetrig- und salpetersauren Verbindungen, desgleichen einen geringen Chlorgehalt an, ein Zeichen, dass selbstredend in salzhaltigem Untergrunde versagt. Diesen Ausführungen hat sich B. Fischer in seiner, in vielen wesentlichen Punkten auch für das Grundwasser Bremens zutreffenden Abhandlung „über das Grundwasser von Kiel“² angeschlossen. Letzterer lässt in Anlehnung an den Standpunkt der chemischen Untersuchung nur die von Salpetrig- und Salpetersäure freien Wässer als zweifellos naturreinen Ursprungs gelten, während er z. B. die in seiner Tabelle V unter 1 bis 3 und 15 bis 20 angeführten Wässer trotz niedrigen Chlorgehalts augenscheinlich wegen der Anwesenheit eben jener beiden Stoffe sich scheut, den davon freien Wässern Nr. 4 bis 14 als gleichwerthig an die Seite zu setzen. In den Wässern Nr. 1 bis 3 und 15 bis 20 beträgt die Menge der salpetrigen Säure bis zu 2.1^{mg}, die der Salpetersäure bis zu 34.4 im Liter. Dass auch zu solcher Vorsicht kein Grund vorhanden, wird aus den hiesigen Untersuchungen alsbald hervorgehen.

Ueber die zum unveränderten Verharren des Ammoniaks im Grundwasser erforderlichen Bedingungen haben sich beide Autoren des Näheren dahin ausgesprochen, dass starke Behinderung oder Aufhebung des Sauerstoffzutrittes, sei es in Folge erheblicher Tiefenlage der Wasserentnahmestelle oder durch Dazwischentreten von Moorschichten mit ihrer hohen

¹ Beiträge zur Kenntniss der Beschaffenheit von stark eisenhaltigen Tiefbrunnenwässern u. s. w. *Diese Zeitschrift*. Bd. IX. S. 152—158.

² *Ebenda*. Bd. XIII. Siehe insbesondere S. 264—271.

Fähigkeit, Sauerstoff an sich zu reißen, als der wesentliche Umstand anzusehen sei.

Mit diesem Grundsatz, soweit er das Ausbleiben der Nitrification des vorgebildeten Ammoniaks betrifft, kann man sich nach Maassgabe auch der hiesigen Verhältnisse mit einer sogleich zu erwähnenden Einschaltung völlig einverstanden erklären; hinsichtlich der Entstehung des Ammoniaks, welche Fischer der Anwesenheit von Moorvegetationen und Torfschichten im Boden zuschreibt, muss aber betont werden, dass dasselbe in geringer Menge sicherlich vielerorts in der norddeutschen Tiefebene in der Tiefe ihrer jungen mit organischer Substanz durchsetzten Sandschichten sich bildet und nur deshalb nicht in die Erscheinung tritt, weil die Umwandlung in Salpetersäure in der Regel sogleich daran anschliesst. Der Beweis hierfür ist die Seltenheit von Brunnenwässern, die sowohl von Ammoniak wie von Salpetersäure frei sind. Zur Zeit finden sich solche in ununterbrochen tiefreichenden Sanden oder hart am Ufer der Flüsse.

Aus den gesämmten Brunnenuntersuchungen hiesiger Gegend geht nun zunächst ganz unzweifelhaft hervor, dass die Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure ebenso vollständig wie durch die obengenannten Bodenverhältnisse auch durch eine, selbst ganz oberflächlich verlaufende, zusammenhängende Thonschicht hintangehalten wird. Dieses Experiment, wenn man so sagen darf, ist von der Natur in grossem Maassstabe am Bremischen Gebiet ausgeführt. Nach den Aufzeichnungen auf Tabelle I wie auch den zahlreich vorliegenden anderen Erfahrungen nach kann man in der That mit Bestimmtheit darauf rechnen, die schwarze alluviale Schicht in der erwähnten Mächtigkeit von $\frac{1}{4}$ bis 2^m und in der Tiefe etwa von + 2 bis - 4^m an fast jeder von Menschenhand noch nicht berührten Stelle des Gebietes zu finden, ausgenommen in der Nähe des jetzigen Weserbettes (vgl. S. 10), und vielleicht noch einiger kleiner Seen, den Ueberresten früherer Flussbetten, sowie endlich im nördlichen Gebiets-theil, wo sie durch die mächtige Moorschicht völlig ersetzt wird. Sie ist von wesentlich anderer Zusammensetzung als die in - 20^m gefundene diluviale. Salzsäure verursacht kein Aufbrausen; es fehlen die dort reichlich vorhandenen Körner von Glaukonit. Hingegen zeigt sie andere, ausserordentlich augenfällige Merkmale. Sie ist insbesondere reichlich mit mikroskopisch kleinen pflanzlichen und thierischen Resten durchsetzt. Neben zahllosen, deutlich chlorophyllhaltigen Pflanzen-trümmern, unter denen 2 Mal die Spirogyrabänderung sogar noch zu erkennen war, finden sich wohlerhaltene Diatomeen in 3 verschiedenen Arten, ferner vollständig erhaltene Anguillulaexemplare und mehr oder minder zusammengezozene Leiber von Wasserinfusorien. Diese, den Bau-

technikern wohlbekannte, weil bei jedem Bau von Fundamenten schliesslich zu durchbrechende Thonschicht („blauer Dwa“, auch „Schlick“ genannt) zeichnet sich im frisch gebrochenen Zustand durch muffigen Geruch, schwarzbläuliche Farbe und ausserordentliche Zähigkeit aus. Getrocknet nimmt sie hellgraue Farbe an; nach dem Aufweichen in Wasser sind jene oben erwähnten mikroskopischen Pflanzen- und Thierreste viel weniger deutlich darin wiederzufinden.

In allen Fällen, wo die Mächtigkeit dieser an organischen Resten reichen Thonschicht nur gering, 20^{cm} und weniger ist, ist sie überdeckt, hier und da unter Dazwischentreten einer kleinen Sandschicht, mit der im Blockland bis etwa 3^m Mächtigkeit erreichenden Schicht von Torfmoor, in welchem reichlich wohlerhaltene Pflanzentheile, Schilfblätter und auch hier und da grosse Eichenstämme gefunden werden. Diese im Norden und Osten der Stadt mehrere Kilometer breit entlang ziehende und bei der Krankenanstalt z. B. in 100^m Abstand vom Weserufer angetroffene Schicht tritt hier und da gänzlich an die Stelle jenes blauen Dwa. Meist besteht sie nur aus Pflanzentheilen, hier und da wird sie durch Stellen moorigen, d. h. reichliche, deutlich erkennbare Pflanzenbruchstücke enthaltenden Sandes unterbrochen.

Die Moorschicht ist in ihrer ganzen Breite überdeckt von der oberen, gelben Hälfte der Thondecke des Bremer Gebiets, dem Flusslehm; diese vermittelt also überall den Zusammenhang der Thondecke des Gebiets.

Die Entwicklungsgeschichte aller dieser Schichten ist darnach etwa folgende: Nach dem Zurücktreten der nordischen Gewässer zu Ende der Eiszeit sind alsbald die von Süden kommenden Bergwässer hereingebrochen und haben den Thalkessel mit ausgewaschenem Flusssand und Kies schnell aufgefüllt. Dass dieses alles in der That schnell aufeinander gefolgt sein muss, ergiebt das Auffinden zahlreicher, gut erhaltener, abgeschliffener Muschelkalkgeschiebe in der Geschiebesandschicht zu Hemelingen in — 14^m. Dieselben würden, wenn nicht bald durch Sand bedeckt, der Verwitterung nicht haben widerstehen können.

Dieser Befund ist auch geologisch von Bedeutung, da er zeigt, dass die Kalkgeschiebe, die bis jetzt bei Bremen nur hier und da im Blocklehm gefunden sind, ursprünglich in eben solcher Häufigkeit wie die schwedischen Granite, Feuersteine u. s. f. in den oberflächlichen Sandschichten enthalten waren. Er ist ein besonders beredtes Beispiel für die Verwitterung hemmenden Einflüsse in diesem Erdabschnitt und eine werthvolle Ergänzung zu den für diese Besprechung in Betracht kommenden Vorgängen, nämlich der langsamen Umformung der organischen Stoffe und der Erhaltung des Ammoniaks.

Als dann, nachdem der Boden bis zur Höhe der unteren Thongrenze angewachsen war, muss eine wesentliche Aenderung und Verlangsamung in dem Zuströmen des Wassers eingetreten sein. Der Gebietstheil bildete einen flachen, vor dem regelmässigen Zutritt des Bergwassers geschützten Sumpfsee, in welchem die Ablagerung jener zähen an Wassergeschöpfen reichen

Thonschicht und die Bildung der Torfschichten vor sich ging. Neuerdings hereinbrechendes Hochwasser deckte über diese Bildungen die gelbe Lehmschicht und darüber später hier und da den jetzt vorhandenen Sandmantel, der, von der Gewalt der Nordweststürme nach Süden hin in Gestalt jenes Dünenzuges zusammengepeitscht wurde. — Die Zusammenstellung dieses Vergangenheitsbildes wurde wesentlich erleichtert durch Anlehnung an die vortrefflichen Schilderungen, welche W. O. Focke¹ und Buchenau² über die Oberflächenbildung des bremischen Staatsgebiets gegeben haben und auf welche auch für das weitere Studium hinzuweisen ist.

Nach Voraufschiebung alles dessen ergibt sich von selbst, dass der Ursprung der erheblichen Mengen von Ammoniak im Grundwasser unterhalb der Lehmschicht vor allem in dieser selbst und zwar in der unteren „schwarzen“ Hälfte, daneben auch in der eingeschlossenen Torfschicht zu suchen ist. Nach dem erfolgten mikroskopischen Nachweis des reichlichen Gehalts jener Thonschicht an organischen Bildungen bedurfte es kaum noch der Bestätigung durch die chemische Untersuchung. Diese ergab, dass der schwarze Thon einen Glühverlust von 7 Procent im Gegensatz zu 4 Procent Verlust des gelben Lehmes und 4.2 Procent des obendrein noch kalkreichen Diluvialthons besitzt. Die Anleitung für diese Untersuchungen erhielt ich durch das gütige Entgegenkommen von Hrn. Dr. Tacke, dem Leiter der hiesigen Moorversuchsstation. Darnach wurden etwa 5^{grm} des im lufttrockenen Zustande gepulverten Thones zunächst $\frac{1}{2}$ Stunde bei 140° getrocknet und gewogen, und nun der Verlust nach dem Glühen auf die also festgestellte Gewichtsmenge bezogen.

Inwieweit auch die tiefer liegenden Sandschichten, insbesondere diejenigen diluvialen Ursprungs, Antheil an der Bildung erheblicher Mengen von Ammoniak haben, unterliegt noch der weiteren Untersuchung. Nach Maassgabe des Brunnens Nr. 38, welcher weit unterhalb der diluvialen Thonschicht aus einer Tiefe von 40 bis 44^m unter Null ein 2 bis 5^{ms} Ammoniak im Liter enthaltendes Wasser heraufbefördert, kann ein solcher Einfluss dieser Sandschichten von vornherein kaum in Abrede gestellt werden. Diese Sande sind schmutziggrau, schwärzen sich zu Beginn des Glühens und lassen brenzlich riechende, bläuliche Dämpfe dabei entweichen. Der zahlenmässige Vergleich der Glühverluste wird hier indessen durch die geringen thonigen Beimengungen sehr unsicher. Der Thon erleidet an sich beim Glühen erheblich stärkeren Gewichtsverlust als thonfreier Sand. Wie oben erwähnt, beträgt derselbe bei den, allen sonstigen Anzeichen nach nur geringe Mengen organischer Substanz enthaltenden kalkfreien Thonen noch 4.0 Procent. Hingegen weisen eine

¹ *Die freie Hansestadt Bremen*. Festgabe. S. 189 ff.

² F. Buchenau, *Die freie Hansestadt Bremen*, 1882.

Anzahl aus verschiedenen Tiefen entnommener Sandproben von hellgelber oder rein weisser Farbe als niedrigste Ziffer 0.19 bis 0.4 Procent auf. Wenn nun jener Sand aus 44^m Tiefe einen Verlust von 1.3 Procent ergab, so ist auf diesem Wege nicht mehr zu ermessen, welchen Antheil der beigemengte Thon und welchen die organischen Stoffe daran haben. Ein sicheres Ergebniss wird sich erst durch vergleichende Bestimmungen des Stickstoffgehaltes erzielen lassen. Diese auszuführen fehlte bisher die Zeit.

Der Einfluss der Tiefenlage der Brunnen auf die Beschaffenheit des Brunnenwassers, insonderheit auf seinen Gehalt an Ammonium- und Salpetersäureverbindungen.

Bisher sind Erfahrungen darüber, in welcher Tiefe und an welchen Stellen des alluvialen bremischen Gebietstheils sich ein klares, wohl-schmeckendes, für die Zwecke des Haushalts brauchbares Trinkwasser finden lassen würde, nicht angegeben. Den vorliegenden Einzelbeobachtungen nach schien es unmöglich, dass sich bestimmte Grundsätze würden aufstellen lassen, denn es lagen von vielen Stellen, insonderheit des Landgebietes, Beispiele vor, wonach von zwei einander benachbarten Brunnen von annähernd gleicher Tiefe der eine ein gutes, mit den obigen Eigenschaften versehenes, der andere aber ein stark eisenhaltiges, oft im frischen Zustand auch faulig riechendes Wasser lieferte. Nur eines konnte als sicher entnommen werden, dass nämlich mit zunehmender Tiefe ein günstigeres Ergebniss sich nicht würde erzielen lassen.

Meine weiteren, nunmehr unter steter Berücksichtigung der Bodenschichten unternommenen Untersuchungen haben nun unzweifelhaft ergeben, dass ebenso wie in chemischer Hinsicht, so auch für die Zwecke des Brunnenbaues selbst das Vorhandensein der schwarzen alluvialen Thonschicht oder der ihr gleichwerthigen Torfschicht als das einzig hier Massgebende anzusehen ist. Es lassen sich demgemäss 3 Gruppen von Brunnenanlagen mit folgenden Eigenschaften unterscheiden:

Die oberhalb der alluvialen Thonschicht endigenden Brunnen geben ein klarbleibendes, wohl-schmeckendes, die unterhalb derselben gelegenen aber ein eisenhaltiges, gelegentlich faulig schmeckendes Trinkwasser. Brunnen endlich, welche vermöge ihrer Anlage sowohl von oberhalb als von unterhalb der Thonschicht Zufluss erhalten können, theilen vorwiegend die Eigenschaften der zweiten Gruppe. Hinsichtlich der Beschaffenheit des gewonnenen Wassers ist es für die Brunnen der ersten Gruppe gleichgültig, ob weite Kesselbrunnen oder enge Röhrenbrunnen gewählt werden; erstere verdienen hier nur wegen ihres

grösseren Wasservorraths den Vorzug. Das Wasser der zweiten und dritten Gruppe zeigt, wenn aus **Kesselbrunnen** entnommen und mit Vorsicht abgepumpt, eine wesentliche Verringerung der aus dem Eisengehalt sich ergebenden Uebelstände, und völliges Fehlen des fauligen Geruchs.

Der durchgreifende, für den täglichen Gebrauch so hochbedeutsame Unterschied zwischen den Wässern der ersten und zweiten Gruppe liegt in diesem Falle recht eigentlich auf dem chemischen Gebiet; er ist in dem Fehlen oder Vorhandensein des Eisens begründet. Was im Allgemeinen über die Entstehung und das Vorkommen des Eisens im Grundwasser unter der alluvialen Thonschicht zu sagen ist, stimmt völlig mit den ausführlichen Darlegungen von Proskauer und B. Fischer¹ über diesen Punkt überein, so dass hier weiter nichts hinzuzusetzen ist. Der Eisengehalt selbst schwankt auch hier allerdings, je nach dem Orte der Brunnenanlage, zwischen 1.0 und 16.0^{mg} Fe im Liter; einen Gehalt von weniger als 1.0 Fe habe ich bisher erst 2 Mal, an zwei den Flussläufen benachbarten Stellen gefunden.

Auch hinsichtlich der übrigen chemischen Bestandtheile zeigt das Grundwasser unter der alluvialen Thonschicht keinen wesentlichen Unterschied von den salpetersäurefreien, von eben jenen Beobachtern beschriebenen Tiefbrunnenwässern, insbesondere von dem der Stadt Kiel. Die Menge des Ammoniaks ist allerdings durchweg erheblicher; ausserdem liess sich unter den obwaltenden Verhältnissen ohne Schwierigkeit feststellen, dass dasselbe dicht unter der Thonschicht in grösserer Menge als weiter tiefenwärts vorhanden ist. An ersterer Stelle sind bei verschiedenen Brunnen bis 9.0^{mg} gefunden, während von den 5^m und mehr unter die Thonschicht reichenden Brunnen keiner einen höheren Gehalt als 5.0^{mg} aufweist. Dieses ist ja auch nach dem vorher Gesagten leicht verständlich. Einen noch höheren Gehalt (10.0) wies das in der eingeschobenen Torfschicht gesammelte Grundwasser auf (s. Tabelle II, Nr. 27).

Der Nachweis des Ammoniaks geschah in vielen Fällen, ausser durch die übliche kolorimetrische Bestimmung nach Frankland und Armstrong, auch durch Bestimmung der Menge, welche im ersten Drittel des bei Kochen mit Magnesia usta übergegangenen Destillats enthalten ist.

Die Erkenntniss, dass das Ammoniak einen regelmässigen Bestandtheil des Grundwassers unter der Thonschicht ausmacht, wurde erst allmählich, während des Ganges dieser Untersuchungen, gewonnen. Es wurden deshalb zunächst, um den Einwand, dass es sich hier um Verunreinigungen durch menschliche und thierische Abwässer, also wechselnde und unberechenbare Zustände handele, auszuschliessen, nur solche Brunnen

¹ Siehe oben.

zur Beweisführung verwendet, welche den niedrigsten Chlorgehalt unserer Gegend, 20 bis 40^{mg} Chlor im Liter, und überhaupt nur geringen Gehalt an gelösten Bestandtheilen, etwa 250 bis 450^{mg}, besaßen. Dieser Gehalt entspricht dem der allseitig auch von chemischer Seite als unbedenklich und naturrein anerkannten Wässer der norddeutschen Tiefebene. Solche Brunnen liessen sich an vielen Stellen auffinden. Die Gegenden des Gebietes mit natürlichem hohen Salzgehalt wurden zunächst nicht berührt; eine solche findet sich am Nordrande des Gebietes rechts der Weser bei Lehesterdeich, eine zweite am Westrande des Gebietes links der Weser bei Strohm und Grolland.

Das Grundwasser der oberhalb der alluvialen Thonschicht endigenden Brunnen, deren Tiefe in keinem Falle 8^m übersteigt, ist wie schon angedeutet, frei von Eisen und ein vorzügliches Gebrauchswasser. Auch in anderer Hinsicht bietet es, chemisch untersucht, ein wesentlich anderes Bild als das oft nur 1 bis 2^m tiefer liegende eisenreiche Grundwasser unterhalb der Thonschicht. Das Ammoniak ist meist nur in der Menge von 0.2 bis 1.0 vorhanden und verschwindet sogar bei einigen Brunnen, bei niedrigem Stand des Weserwassers, vorübergehend. Die Härte ist meist deutlich grösser.

Ausserordentlich auffällig ist nun aber der aussergewöhnlich hohe Gehalt fast sämtlicher also gelegener Brunnen an Salpetersäure.

Die Mengenbestimmung geschah auf dem vergleichend kolorimetrischen Wege mittels Zusatz von jedesmal 3 Tropfen des Wassers zu 5^{cem} einer Lösung von 0.03 Diphenylamin in 300 conc. Schwefelsäure.

Mengen von 100—200^{mg} sind, bei sonst geringer Menge der einzelnen bestimmbar Bestandtheile, nichts Seltenes und nur ausnahmsweise findet sich ein Gehalt von weniger als 50^{mg}, ein Zustand, welcher strenge Anhänger der chemischen Brunnenbeurtheilung in ernste Zweifel über die Zulässigkeit des Gebrauchs auch dieses Wassers versetzen könnte.

Nicht minder bedenklich müsste von diesem Standpunkt aus der häufige Befund von Salpetrigsäure in Mengen von 0.2 bis 2.0 in diesen Brunnen erscheinen, wenngleich das oft anscheinend unvermittelt eintretende Verschwinden derselben aus einem noch kurze Zeit vorher daran reichen Brunnen zum Nachdenken über die Berechtigung solcher Besorgnisse von vornherein Anlass geben musste.

Die meinerseits zur Prüfung dieser Grundwasserverhältnisse ausgewählten Brunnen waren so gelegen und gebaut, dass der so sehr gefürchtete Zufluss unterirdisch sich bewegender Abwässer allem Ermessen nach unmöglich erschien. Darauf hatte ich hier um so mehr das Hauptgewicht gelegt, als es sich durchweg um Flachbrunnen handelte. Sie waren zu meist mindestens 10 bis 20^m von den nächst auffindbaren verdächtigen

Stätten (Canälen, Abortgruben u. s. w.) gelegen; aber auch diese letzteren konnten, Dank einer vorsorglichen Bauordnung, als völlig undurchlässig angesehen werden. Die Korngrösse jener oberflächlichen Sandschicht, — wie auch die der unter der Thonschicht liegenden Sande — und das Fehlen von Kieslagern in den gewählten Tiefen bürgte dafür, dass eine aussergewöhnlich schnelle Grundwasserbewegung dort nicht statthaben könne. Schliesslich durfte auch hier der niedrige Chlorgehalt den Ausschlag dahin geben, dass fremdartige Verunreinigungen nicht vorhanden waren.

Wenn es somit ausgeschlossen war, dass die grossen Mengen Salpetersäure von anderer Stelle her zugeführt wurden, so stiess die naheliegende Vermuthung, dass sie aus der Umwandlung des in der Tiefe vorhandenen Ammoniaks entstanden, sofort auf den Widerspruch, der in den Mengenverhältnissen beider begründet ist. Zur unmittelbaren Erzeugung der 100 bis 200 mg Salpetersäure hätten nicht die thatsächlich nur vorhandenen 5 mg Ammoniak, sondern das 10- bis 20fache vorhanden sein müssen, geschweige denn, dass die in jenen Brunnen selbst enthaltenen Mengen von 0.2 bis 1.0 dafür genügt hätten. Da aber doch keine andere Quelle für den Stickstoff zu finden war, so konnte nur noch angenommen werden, dass eine Anhäufung von Salpetersäure in Folge steten Zuflusses von Ammoniak und Umwandlung desselben in der Tiefe statthabe. Zu diesem Behuf musste dann weiterhin eine stete Vegetation von Nitromonas in jener Tiefe angenommen werden.

Der Verfolg dieser Fragen hat nun in der That nichts ergeben, welches jener Annahme widerspräche. Es würde zu weit führen, die zu diesem Behuf angestellten Versuche in diesem Zusammenhang zu besprechen. Ihre Veröffentlichung soll in einer besonderen Arbeit erfolgen. Nur der Vollständigkeit halber sei hier erwähnt, dass das Ammoniak des Regenwassers diese Anreicherung des Bodens an Salpetersäure nicht vermitteln kann, denn es müssten alsdann solche Mengen ja an allen Orten die Regel bilden; die von oben her eindringenden Mengen Ammoniak, auch die von Abwässern stammenden, werden überhaupt nur zu einem kleinen Theil nitrificirt; sie fallen vielmehr den anderen, reichlich in der oberen Erdschicht vorhandenen Bakterien anheim und werden zu deren eigenem Wachsthum verbraucht; je reichlicher bakterienhaltig eine Erdprobe ist, um so geringere Aussicht besteht für die Nitromonas, den Wettbewerb mit diesen aufzunehmen. In dieser Hinsicht bedürfen die bisherigen Anschauungen einer gründlichen Umgestaltung, und es geht insbesondere aus den obigen Verhältnissen hervor, dass die Salpetersäure keineswegs, wie Kruse¹ der Ansicht ist, als ein sicherer Maassstab für die Verun-

¹ A. a. O. S. 9 u. 10.

reinigung eines Bodens mit Abwässern angesehen werden darf; ein Sand nitrificirt, wie gesagt, im Gegentheil um so zuverlässiger, je bakterienärmer er ist.

Diese Verhältnisse sind auch, um auf die bremische Gegend zurückzukommen, ganz besonders geeignet, zu zeigen, dass wirklich ein Durchtritt des ammoniakreichen Grundwassers durch die Thonschicht regelmässig oder mindestens zur Zeit hoher Wasserstände der Weser erfolgt (vgl. auch S. 12 unten). Würde die in dem eisenfreien oberen Grundwasser enthaltene geringe Menge Ammoniak nur durch langsame Zersetzung des oberen Theiles der Pflanzenreste in der Thonschicht, wie das ja denkbar ist, entstehen, dann müsste in der Nähe von Brunnen, welche grosse Mengen dieses Wassers lebhaft abpumpen, allmählich eine Abnahme, jedenfalls aber keine Zunahme der Mengen von Salpetersäure und auch von Ammoniak selbst im Vergleich zu benachbarten, wenig benutzten Brunnen zu bemerken sein. Dieses ist aber nicht der Fall; und wir stossen hier somit unmittelbar und zuerst auf die Thatsache, dass die durch die Saugthätigkeit der Brunnen entstehenden Bewegungen im tieferen Grundwasser zugleich Anlass zu einer Aenderung der chemischen Zusammensetzung des Wassers dieser Brunnen geben können, dass, wie schon oben angedeutet, für jeden Brunnen ein umgebender Grundwasserbereich angenommen werden muss, der chemisch und auch bakteriologisch betrachtet, einer von dem unter der geschlossenen Erdoberfläche jener Gegend befindlichen Grundwasser gesonderten Betrachtung bedarf. Die Brunnenthätigkeit erstreckt sich in diesem Falle nicht nur darauf, dass die in dem Umkreis des Brunnens befindlichen, in Folge der besonderen, durch die Brunnenanlage bedingten Durchlüftungsverhältnisse entstandenen und angesammelten Stoffe entnommen und zur Anschauung gebracht werden, sondern es wird auch, entsprechend der beim Pumpen eintretenden Druckverminderung, der Durchtritt des ammoniakreichen tieferen Grundwassers durch die Thonschicht hindurch erleichtert und vermehrt, und dadurch eine weitere Abweichung von dem weiter entfernten Grundwassertheil geschaffen.

Der Brunnenbereich des oberhalb der Thonschicht befindlichen Grundwassers, und die Anhäufung von salpetriger Säure in demselben.

Ungleich sicherer, als durch die vergleichende Mengenbestimmung der Salpetersäure, lässt sich „**der Brunnenbereich des Grundwassers**“ durch Bestimmung der salpetrigen Säure beobachten. Das wichtigste hierauf bezügliche, ist schon gelegentlich der allgemeinen Besprechung, bei der Forderung eines unantastbaren Umkreises für einen jeden Brunnen

gesagt (vgl. S. 8). Es erübrigt nunmehr, zum besseren Verständniss alles dessen in die Einzelbesprechung der Untersuchungen einzutreten.

Die vergleichende Beobachtung hart neben einander liegender Brunnen der Gruppe 1 und 2 war naturgemäss fast nur im Verlauf der Dünen-erhebung am rechten Ufer möglich, da nur hier die oberflächlichen Sandschichten dick genug sind, um Brunnen von solcher Tiefenlage auffinden zu lassen, welche den z. Z. in dieser Hinsicht gestellten gesundheitlichen Anforderungen entsprechen, — und nur solche lag es in der Absicht zubenutzen.

Eine geradezu klassische Stätte hierfür fand sich in Gestalt des Grundstückes der 7^{km} unterhalb Bremens, 1500^m vom Weserstrom gelegenen Strafanstalt Oslebshausen. Dieselbe ist im Jahre 1873 auf dem dünnen Sande der bis dahin durchweg unbebauten Sanddüne erbaut. Sämmtliche Abwässer, einschliesslich der Fäkalien, werden nach einer weit ausserhalb der Anstalt gelegenen cementirten Grube geleitet. Die Mächtigkeit der oberen Sandschicht beträgt 8^m, die der darunter liegenden alluvialen Thonschicht 75^{cm}. Letztere besitzt, wie die von einem im Winter 1892 angestellten Bohrversuche her vorliegende trockene Probe beweist, die auf S. 14 beschriebenen Eigenschaften. Das weitere Ergebniss jenes bis zu 34^m fortgesetzten Bohrversuchs ist aus Tabelle I, a zu ersehen.

Hier, auf einer Fläche von 450^m Länge und 170^m Breite liegen, z. Th. dicht benachbart, 10 Brunnen von 5 bis 7^m Tiefe, zumeist Kesselbrunnen und 1^m hoch mit Sand verdeckt. Südwärts liegen die Stränge der Eisenbahnlinie Geestemünde-Hannover und jenseits dieser, 25^m von der Grenze der Anstalt entfernt, befindet sich ein elfter, zum Eisenbahnstationsgebäude gehöriger, 13^m tiefer Röhrenbrunnen (von etwa 10^{cm} Rohrweite). Dieser giebt das oft besprochene eisenhaltige, ammoniakreiche, von Salpetersäure freie Grundwasser, jene anderen das oberflächliche, an Salpetersäure reiche. Ueber die nähere Zusammensetzung dieser Wässer vgl. die Tabelle II Nr. 1 bis 11. Die Lage der Brunnen und Gebäude geht aus dem nebenstehenden Plan hervor.

a) Das Grundwasser unterhalb der Thonschicht.

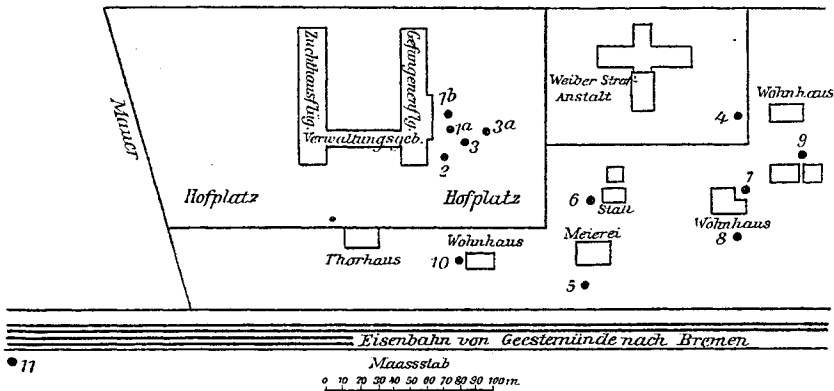
(Brunnen 11.)

Während der ganzen Beobachtungszeit dieses Grundwasserbezirks — vom 20. Februar bis 5. September 1894 — änderte sich die Zusammensetzung des tiefen Grundwassers (Brunnen Nr. 11) nur insofern, als nach Ende März die Menge des Ammoniaks ein wenig ab-, die der oxydirbaren Stoffe zunahm. Es fällt schwer, eine Erklärung für diesen Wechsel zu finden. Zwar erfolgte gleichzeitig die Abnahme der winterlichen Hochwasserstände der Weser; aber ein Zusammenhang zwischen beiden ist nicht recht ersichtlich.

b) Das Grundwasser oberhalb der Thonschicht.

(Brunnen 1—10.)

Um so ungezwungener lässt sich aber ein Einfluss des letzteren Vorganges auf das (für den chemischen Nachweis wenigstens vollständige) Verschwinden des Ammoniaks aus den Brunnen der oberflächlichen Sandschicht (vgl. insbesondere Nr. 3, 3a und 4) um eben jenen Zeitpunkt herum erkennen. Hier darf zweifellos die schon mehr erwähnte Annahme zur Geltung gelangen, dass bei plötzlichen Steigungen des Weserwassers das ammoniakreiche tiefere Grundwasser durch die Thonschicht hindurch nach oben gedrängt wird und dort allmählich der Nitrification anheimfällt.



Die Brunnen 5 bis 10 sind nur einmal, im Februar, untersucht. Das Ergebniss ist nur zur Vervollständigung des Gesamtbildes beigelegt. Das Hauptaugenmerk richtete sich bald auf die Brunnen 1 bis 4. Von diesen wurde Nr. 4 zuerst Gegenstand der Untersuchung. Er war Anfang September 1893 für den Bedarf einer kleineren Beamtenwohnung zu 5^m Tiefe als Kesselanlage hinabgeführt. Seine 22^m vom nächsten Hause, 38^m von der nächsten Abortgrube entfernte Lage inmitten des dünnen Sandes auf dem Hofe der Weiberabtheilung der Anstalt schien völlige Gewähr für ein unverdächtiges gesundes Wasser zu bieten. Nichtsdestoweniger fanden sich 14 Tage nach der Fertigstellung reichliche Mengen von salpetriger Säure¹ (über 1^{mg} im Liter), allerdings bei im übrigen unauffälliger Menge der anderen Bestandtheile. Die gewohnte hohe Ziffer

¹ Der Nachweis derselben geschah bei den Untersuchungen stets mittels der Trommsdorff'schen Methode.

der Salpetersäure war freilich vorhanden. Dieses Verhältniss ist, trotz anfänglichen täglichen Abpumpens von — wie wir damals meinten — genügend grossen Mengen Wassers, im wesentlichen bis zum heutigen Tage gleich geblieben. Nachdem inzwischen die ursächlichen Verhältnisse durch die bei Brunnen 3 gemachten Erfahrungen hatten aufgeklärt werden können, wurde der Brunnen 4 im März endgültig zum dauernden Gebrauch empfohlen.

Sein Wasser zeigt, nebenbei bemerkt, eine, an keinem anderen Brunnen hiesiger Gegend bisher beobachtete Eigenschaft, es reagirt alkalisch, und zwar färbt es sich sowohl bei Zusatz von einigen Tropfen Rosolsäure als auch Phenolphthaleinlösung dunkelroth. Es sei ferner ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sein Chlorgehalt von allen jenen Brunnen der geringste und dem des Tiefbrunnens Nr. 11 gleich ist.

Von der besonderen Bakterienvegetation dieses Brunnens wird noch weiter unten die Rede sein. Hier sei nur vorausgeschickt, dass dieselbe sehr bald als gesundheitlich gleichgültig hat erkannt werden können.

Februar 1894 wurde die Anlage eines grösseren, für den Bedarf des Hauptgebäudes bestimmten Kesselbrunnens zu den beiden schon vorhandenen (1a und 1b), 7^m von einander entfernt liegenden erforderlich und in einem Abstand von 15^m südlich des Brunnens 1a ausgeführt. Er erhielt eine Tiefe von 6.70^m, der Wasserspiegel stellte sich auf 4^m Tiefe unterhalb der Bodenoberfläche ein. Auch hier konnten keine Bedenken bei der Wahl des Ortes, auf dem 70^m breiten und 120^m langen Hof der Männerabtheilung, obwalten, um so weniger, da dass Wasser der beiden grossen Nachbarbrunnen bei vielfachen Untersuchungen von chemischer Seite als unbedenklich bezeichnet war. Schmutzstätten waren in einem Umkreis von 50^m nicht vorhanden.

Aber wiederum erwies sich die erst entnommene Probe (Mitte Februar) als verhältnissmässig reich an salpetriger Säure, ja eine zweite, 5 Tage später entnommene ergab noch höheren Gehalt, trotzdem inzwischen so viel abgepumpt war, dass eine mehrfache Erneuerung des Wassers im Brunnenkessel stattgefunden haben musste.

Zur Erklärung dessen standen zwei Wege offen; entweder musste sich die salpetrige Säure aus der in jenem Wasser nachweislich vorhandenen Menge von 1.0 Ammoniak im Brunnenkessel selbst bilden, oder aber sie fand sich im umgebenden Grundwasser vor. Die nunmehr ins Werk gesetzte Beschleunigung des Abpumpens und Entfernung einer möglichst grossen Wassermenge täglich gab den gewünschten Aufschluss. Nachdem vom 21. bis 27. Februar bei dreimaligem, täglichen, je 1/2 stündigen Abpumpen, je 18^{cbm} täglich, d. i. das 6fache des im Brunnenkessel enthaltenen Wasservorraths entfernt waren, hatte sich die Menge der salpe-

trigen Säure von 0.8 auf 0.1 (die der begleitenden Bakterien von 300 000 auf 40 000 bis 60 000 im Cubikcentimeter — siehe weiter unten), verringert. Grössere Mengen zu entfernen gestatteten die baulichen Verhältnisse des Sammelbehälters, durch welchen der Abfluss vermittelt werden musste, nicht. Auf der Höhe von 0.1 hielt sich nun aber die Menge der salpetrigen Säure längere Zeit. Diese Ziffer stellte augenscheinlich das Maass der, während der Ruhepausen des Pumpens entstehenden, stetig nachrückenden Mengen dar. Erst als die Betriebsverhältnisse eine Verdoppelung jener Pumpzeit für den neuen Brunnen zuließen, verschwanden allmählich die letzten Spuren.

Es lag somit auf der Hand, dass die salpetrige Säure im Boden, aber nur in der nächsten Umgebung des Brunnens, entstanden war, und es hätte, nach Vorliegen dieser Thatsachen kaum noch eines anderen, zu ihrer Ermittlung bereits vom 22. Februar ab unternommenen Versuchs bedurft, nämlich der Anlage eines 18^m von jenem (Nr. 3) entfernten, in der Verbindungslinie zwischen Nr. 3 und dem 170 weiter liegenden Nr. 4 gebohrten 5^m tiefen abessinischen Brunnens (Nr. 3a). Die Wahl dieses Platzes war erfolgt, weil ich damals noch an einen Zusammenhang in dem Auftreten der salpetrigen Säure bei Brunnen 3 und 4 dachte. Dieser Versuchsbrunnen förderte, was nunmehr ja völlig erklärlich ist, von Anbeginn an nur das salpetersäurereiche Grundwasser ohne jede Spur von salpetrigsauren Beimengungen¹ und auch frei von Bakterien zu Tage. Es gelang aber auch nicht, bei täglichem Abpumpen von 2 bis 3^{cbm} aus demselben, nunmehr eine, durch etwaigen Uebertritt von Brunnen 3 her zu erklärende Spur von salpetriger Säure nachzuweisen, und, da dieses ebensowenig bei den beiden grossen, 15 bzw. 22^m entfernt liegenden Brunnen 1a und 1b der Fall war, so konnte nunmehr für alle jene Brunnen der „Brunnenbereich des Grundwassers“ auf geringer als 7 bzw. 9 und 11^m (im Radius gemessen) veranschlagt werden.

Als Schlussstein in diesem Aufbau des Beweises diente endlich das Auftreten der salpetrigen Säure und grosser begleitender Bakterienmengen im Wasser des Versuchsbrunnens, nachdem derselbe zu diesem Behufe 8 Tage lang absichtlich nicht abgepumpt war (vgl. Tabelle II, Nr. 3a. Versuchsbrunnen, Ergebnisse vom 21. März 1894).

Die dort gewonnenen Zahlen zeigen zugleich, dass in den der Brunnensohle zunächst liegenden Erdschichten die Ansammlung der salpetrigen Säure am beträchtlichsten ist. Nachdem 20 Minuten abgepumpt war (ca. 1^{cbm}), waren nur noch Spuren vorhanden, zu Beginn des Versuchs dagegen betrug die Menge 0.5^{mg} im Liter.

¹ Es trat selbst nach 12 stündigem Stehen in den mit Jodzinkstärkelösung und verdünnter Schwefelsäure behandelten Proben noch keine Blaufärbung auf.

In völliger Uebereinstimmung mit allem diesem stehen die an den weiten Röhrenbrunnen der **Vegesacker Wasserleitung** angestellten Beobachtungen. Die beiden, 20^m von einander entfernten Brunnen sind im Sommer 1891 angelegt und im folgenden Jahre in Betrieb genommen. Bei einer Schachtweite von insgesamt je 1^m Durchmesser ist Brunnen I 8^m, Brunnen II 11^m tief, die Wasserstandshöhen betragen 5 bzw. 7½^m. Der Zwischenraum zwischen dem äusseren und dem inneren, 60^{cm} Durchmesser haltenden Rohr ist, wie üblich, mit Kies ausgefüllt. Das Wasser wird durch Dampfkraft gehoben und durch dieselbe Vorrichtung unmittelbar in die Leitungsröhren gedrückt. Den Ausgleich während der Ruhe der Dampfmaschinen vermittelt der etwa 2^{km} entfernt liegende 220^{ebm} fassende Hochbehälter. Die ganze Anlage ist in gesundheitlicher Hinsicht als mustergültig zu bezeichnen. (Eine, den Abfluss der unteren Wasserschicht nicht gestattende Ausbauchung am Grunde des Sammelbehälters, welche im Sommer 1894 zu einer beträchtlichen Ansammlung von *Crenothrix* Anlass gab, wird fortan regelmässig entleert werden.)

Die Brunnen liegen auf halber Höhe des Abhangs der Hügel diluvialen Ursprungs, auf welchen die Stadt Vegesack erbaut ist. Die in ihrer nächsten Umgebung reichlich zu Tage liegenden nordischen Geschiebe sind der unzweifelhafte Beweis dafür. Auf die Schichten reinen Sandes, in welchen die Brunnen erbaut sind, folgen nun aber Thonablagerungen, welche wesentlich von den auf Seite 9 beschriebenen abweichen. Sie sind von pechschwarzer Farbe, brausen nicht mit Salzsäure; der Glühverlust beträgt 7 Procent; schon beim Glühen zeigen sich deutlich grössere Bruchstücke organischer Substanz durch vereinzeltes Aufleuchten an, und die mikroskopische Untersuchung findet deutliche Zellformen pflanzlichen und thierischen Ursprungs. Allem Anschein nach steht hier eine der älteren diluvialen Schichten, wenn nicht gar ein tertiärer Thon an. Näheres hat sich mangels des Befundes von Leitfossilien noch nicht ermitteln lassen. Nach Einsicht in diese Verhältnisse und unter Bezugnahme auf das über die alluviale Thonschicht Ausgeführte ist es nun ohne weiteres verständlich, dass hier, sowohl bei den 2 Brunnen des Wasserwerkes wie auch bei 5 anderen, bis zu 1500^m weiter westlich gelegenen Pumpbrunnen dieselben Bilder in der Zusammensetzung der Brunnenwässer, insbesondere hinsichtlich des wechselnden Auftretens von Ammoniak und seiner Umwandlungen sich wiederfinden — im Gegensatz zu den weiter landeinwärts liegenden Brunnen der Geest, die, auch wenn sie durch dicke Schichten des oberflächlichen, kalkhaltigen Diluvialthons hindurchreichen, nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen von Ammoniak frei sind und Salpetersäure nur in geringen Mengen, an einigen Stellen überhaupt nicht enthalten. Von einer Verunreinigung durch die „Stadtlauge“,

das bisher so sehr beliebte Auskunftsmittel der nach chemischen Gesichtspunkten arbeitenden Hygieniker, kann schon wegen des durchweg geringen Chlorgehalts keine Rede sein.

Bei den an verschiedenen Stellen der Vegesacker Wasserleitung zur amtlichen Untersuchung entnommenen Proben war bereits bald nach Eröffnung des Betriebes ein hoher Gehalt an salpetriger Säure aufgefallen, der um so räthselhafter erschien, als die an den beiden Brunnen selbst entnommenen Proben davon frei waren. Auch wurde er keineswegs bei allen Untersuchungen angetroffen. Die Aufklärung über diesen Widerspruch erfolgte, als am 30. Januar 1894 die Untersuchung der beiden Brunnen sowohl durch Entnahme des Wassers aus dem Brunnenschacht, als auch am sogen. Lufthahn der Maschine¹ erfolgte. Nun zeigte sich die früher beobachtete Menge der salpetrigen Säure in der aus Brunnen I stammenden, am Lufthahn entnommenen Probe, aber nur in dieser. Das Fehlen der salpetrigen Säure, wie auch des Ammoniaks in den aus dem Brunnenschachte durch hinabgelassene Flaschen heraufbeförderten Proben erklärte sich nun ohne weiteres durch den Stillstand und die Zersetzung dieser Wasserschichten. Dass solche auch für bakteriologische Untersuchung des Grundwassers nicht verwendet werden dürfen, zeigte B. Fischer² schon. Die weiterhin angestellten Erhebungen ergaben unzweifelhaft, dass die salpetrige Säure jedesmal dann in der Wasserleitung aufgetreten war, wenn Brunnen I abgepumpt war. Dieses bewahrheitete sich, wie aus Tabelle 3 und dem Pumpverzeichniss hervorgeht, auch bei den nun folgenden Untersuchungen. Das Ziel war auch hierbei, die Entstehungsursachen der salpetrigen Säure zu ermitteln und sie womöglich zum Verschwinden zu bringen. Es wurde der Einfluss des Abpumpens zunächst planmässig beobachtet, und sodann, nachdem inzwischen die Oslebshauser Erfahrungen vorlagen, mit allen Kräften die Erneuerung des Grundwassers um Brunnen I herum vorgenommen. Dem grösseren Grundwasserbereich standen in diesem Falle auch grössere Kräfte zur Entfernung des Wassers gegenüber; indessen waren die ersten Versuche nicht gerade ermuthigend, denn obwohl die in der Stunde 25^{cbm} hebende Maschine am 30. Januar 300, am 31. Januar 137^{cbm} entfernte, war nach Schluss dieses ersten Versuchs die Menge der salpetrigen Säure nicht nachweisbar verringert. Der Befund am Wasser des Brunnens II, der nach wie vor trotz gleichzeitigen Abpumpens von salpetriger Säure frei blieb, wies aber immer wieder darauf

¹ Der „Lufthahn“, auch „Wechselhahn“ genannt, stellt bei vielen Anlagen grosser Röhrenbrunnen, insonderheit der für Kesselspeisung bestimmten, die einzig zugängige Stelle dar, wo eine Entnahme des im Fluss befindlichen Brunnengewässers erfolgen kann.

² A. a. O. S. 277 u. 278.

hin, dass die Menge jener sich würde erschöpfen lassen. Vom 18. Mai ab, zu welchem Zeitpunkt der Versuch wieder aufgenommen werden konnte, wurde der Brunnen täglich abgepumpt, im Durchschnitt 150 ^{cbm} jedesmal. Diese fortgesetzte Arbeit führte zum Ziel. Bei der nächsten von mir vorgenommenen Untersuchung, am 6. August, war weder in Brunnen I noch in II salpetrige Säure anders als in Spuren nachweisbar, desgleichen am 10. August. Nach Aussage von Hrn. Ingenieur Oster, der in der Zwischenzeit wiederholt die Untersuchung ausgeführt hatte, war die Menge der salpetrigen Säure allmählich immer geringer geworden.

Zu erwähnen ist noch, dass am 18. Mai im Grundwasser in halber Entfernung zwischen beiden Brunnen, also in rund 10 ^m Abstand von Brunnen I keine Spur salpetriger Säure vorkam. Für diesen Versuch war, zugleich zur Ansicht der Erdschichten, eine 4 ^m tiefe und ebenso breite Grube bis zum Grundwasser hin ausgehoben. Die Sandschichten waren denkbar rein, ihr Glühverlust einer der niedrigst beobachteten hiesiger Gegend (0.4 Procent), Bakterien waren schon in 1 ^m Tiefe mit der gewöhnlichen Nährgelatine nicht mehr nachweisbar, 1 ^{ccm} einer Sandprobe aus 2.5 ^m Tiefe nitrificirte auch nicht.

Ueber die den Oslebshauser Verhältnissen entsprechende reichliche Bakterienbevölkerung dieser Brunnen wird weiter unten das Nähere mitgetheilt werden.

Meine Anschauung über das Vorhandensein eines salpetrigsäurereichen Grundwasserbereichs bei Brunnen I war also auch in diesem Falle bestätigt und des weiteren bekräftigt durch das Unberührtbleiben des benachbarten Brunnen II, obwohl der Lagerung jener tiefer befindlichen Thonschicht nach sogar ein natürliches Zuströmen von Brunnen I nach II hin hätte vermuthet werden dürfen (vgl. die Aufzeichnung der Erdschichten auf Tabelle I k, l). Ein unantastbarer Umkreis von 10 ^m Radius durfte somit auch für diese grossen Brunnen und ihren grossen Betrieb als ausreichender Schutz vor unterirdischen fremden Zuflüssen angesehen werden.

Dass nach Entfernung von 300 ^{cbm} Wasser aus Brunnen I am 30. Januar Abends 7 Uhr noch keine Abnahme der salpetrigen Säure zu erkennen war, darf nicht befremden. Wenn man den damit erfüllten Umkreis des Grundwassers gleich 20 ^m im Durchmesser haltend annimmt, bei einer Wasserstandshöhe von 5 ^m über der Thonschicht, so würde schon diese cylindrische Säule einem Raumgehalt von rund 1500 ^{cbm} entsprechen. Nun ist freilich ein grosser Theil hiervon nicht Wasser, sondern Sand, und, um die richtige Erklärung für die Vorgänge zu gewinnen, muss man annehmen, dass der Gehalt an salpetriger Säure in den nächstgelegenen Theilen des Erdreichs viel beträchtlicher als der wirklich im Brunnenwasser gefundene ist, und dass das stetig nachdrängende tiefere, von

salpetriger Säure freie Grundwasser erst die gleichmässige Verdünnung bewirkt, welche in jenem Brunnenwasser gefunden wird. Ein Theil der abgepumpten salpetrigen Säure wird schon während des Pumpens im Boden ergänzt, von wesentlichster Bedeutung für die Langwierigkeit solcher Versuche sind aber die nächtlichen Ruhepausen. Ob es schliesslich gelingt, die letzten Spuren zu entfernen, hängt nur von der Ausgiebigkeit und Dauer des Pumpens ab.

Dass die Ansammlung der salpetrigen Säure um Brunnen I herum grösseren Ruhepausen zu verdanken war, ergibt das Verzeichniss der täglichen Pumpzeiten, sowohl vor dem 18. Januar als auch fernerhin (vgl. Tabelle III, S. 60). Die erste Ansammlung scheint schon bald nach Fertigstellung des Brunnens eingetreten zu sein, denn in den Akten des Wasserwerkes ist ihr Vorkommen schon für August 1893 vermerkt. Nach Maassgabe der Oslebshauser Erfahrungen scheint die Bauzeit selbst schon den Prüfstein für diese Verhältnisse zu bilden.

Die Betrachtung der oberflächlich der Thonschicht gelegenen Brunnen darf hiermit als abgeschlossen gelten. Ein ähnliches, augenscheinlich vorübergehendes Auftreten von salpetriger Säure wurde zu wiederholten Malen an einwandsfrei gelegenen Brunnen beobachtet, so z. B. am Schulbrunnen des Dorfes Arsten im März 1894; jedoch sind hier planmässige Versuche nicht mehr angestellt. Bei den beiden Brunnen des Armenhauses (s. Tabell II, Nr. 12 u. 13), trat jener Vorgang im Sommer 1893 im Anschluss an eine Vertiefung der Brunnen und Umwandlung in Röhrenbrunnen ein und verlor sich gleichfalls nach fortgesetztem Abpumpen. Beide Brunnen, auf Jahrhunderte lang bewohntem Boden gelegen, haben zwar nicht mehr den natürlichen Chlorgehalt, andererseits können auch sie, nach inzwischen längst erfolgter gesundheitlicher Aufbesserung ihrer Lage und Umgebung, unbedenklich zu dieser Beweisführung herangezogen werden.

Der Brunnenbereich des Grundwassers unterhalb der Thonschicht.

Bei der näheren Prüfung der unterhalb der Thonschicht angelegten Brunnen zeigte es sich bald, dass sowohl Salpetersäure als auch salpetrige Säure darin hier und da vorkommen, und zwar fanden sich solche Brunnen mehrfach nur 20 bis 30^m von solchen entfernt, die das von jenem Stoffe freie, Eingangs (S. 18) beschriebene und als typisch bezeichnete tiefe Grundwasser lieferten. Die Aufklärung dieser scheinbar nicht mit einander in Einklang stehenden Befunde erfolgte, als die Bauart der Brunnen in

Betracht gezogen wurde. Es zeigte sich, dass, je tiefer und je enger die Brunnenschächte angelegt waren, um so mehr jenes Vorkommnis zurücktrat. Als Beispiel mögen die beiden 30^m von einander entfernten Brunnen Nr. 23 und Nr. 24 (Tabelle II), welche am Nordende der Stadt, inmitten eines Bauernhofes gelegen sind, dienen. Dieselben liegen, wie die Beobachtung zeigte, weit genug von einander entfernt, als dass sich ihr Grundwasserbereich gegenseitig hätte berühren können und auch weit genug (etwa 1500^m) vom Weserstrom entfernt, als das etwaige lebhaftes, von dort ausgehende Schwankungen des Grundwasserstandes erhebliche Verschiebungen der Verhältnisse hätten hervorrufen können. Ausser dem änderte sich während der Beobachtungszeit — 21. April bis 22. Mai — der Wasserstand des Flusses nur unbedeutend. (Es sei ausdrücklich schon an dieser Stelle hervorgehoben, dass für das unterhalb der Thonschicht befindliche Grundwasser, soweit es nach Ausweis der Pegelbeobachtungen dem Wechsel der Wasserstände des Flusses ausgiebig Folge leistet, andere, und zwar grössere Maasse für den Brunnenbereich des Grundwassers anzunehmen sind. Eine günstige Gelegenheit, hierüber einwandfreie Versuche anzustellen, fand sich bisher nicht.) Die beiden alluvialen Thonschichten liegen dortselbst fast oberflächlich, auch soll in nächster Nähe die Torfschicht gefunden sein. Der eine ist ein 8^m tiefer Abessinerbrunnen (Nr. 23), der andere ein 4^m tiefer Kesselbrunnen (Nr. 24) von 1^m Durchmesser. Ersterer lieferte das ammoniakhaltige, salpetersäurefreie Grundwasser, zu 2 Malen untersucht, in übereinstimmender Zusammensetzung, letzterer zeigte zunächst (neben einem andauernd höheren, durch die grössere Nähe der Thon- und Torfschicht bedingten Ammoniakgehalt) 60^{mg} Salpetersäure und 2^{mg} salpetrige Säure im Liter. Es stellte sich heraus, dass der (eisenhaltige) Brunnen erst unlängst gereinigt und erst wenig seit der dadurch bedingten Ruhezeit abgepumpt war. Es wurde nun ausgiebige Erneuerung des Wassers im Kessel durch fortgesetztes Abpumpen veranlasst. Der Erfolg dessen geht aus Tabelle II Nr. 24 hervor. Zuerst verschwand die salpetrige Säure, viel später erst ging auch die Ziffer der Salpetersäure auf ein geringes Maass hinab.

Aehnlich verhalten sich die anderen Beispiele. Es zeigte sich ganz offenbar, dass lediglich die ausgiebigere Durchlüftung des Bodens, wie sie durch einen weiten Brunnenkessel gegeben ist, die Bildung jener Umwandlungen des Ammoniaks ermöglicht. Der Umkreis des tieferen Grundwassers, in welchem diese Vorgänge sich abspielen, ist dabei zweifellos viel kleiner als wie er oben an den oberhalb der Thonschicht gelegenen Brunnen geschätzt wurde und ferner nimmt auch hier die Bildung der salpetrigen Säure ein viel bescheideneres Maass an als die der Salpetersäure. In den auf Tabelle II angeführten über 10^m tiefen Röhrenbrunnen,

welche fast alle, weil zu Gewerbebezwecken benutzt, in stetem regen Gebrauch befindlich sind und täglich 100^{ebm} und mehr liefern, habe ich sie überhaupt nicht gefunden, dagegen wiederholt gelegentlich Salpetersäure auftreten sehen (vgl. Nr. 32, 38—40). Einige dieser Brunnen, z. B. Nr. 21 und 22 sind allerdings so erbaut, dass ihnen auch das Wasser oberhalb der Thonschicht zufließen kann.

Wenn wir nun die grosse Zahl derjenigen bremischen Brunnen in's Auge fassen, welche ausweislich ihres Chlorgehaltes und Härtegrades — immer im Vergleich mit benachbarten gleich tiefen und in gleichen Erdschichten befindlichen, zweifellos naturreinen Brunnen — als von den Abwässern der menschlichen Wohnungen zu irgend einer Zeit betroffen erscheinen müssen, so ist mir bis jetzt **nur in einem einzigen Falle** darunter ein solcher bekannt geworden, dessen Gehalt an Ammoniak das für seine einwandsfreien Nachbarbrunnen gültige Maass überschritt.¹ Hinsichtlich der salpetrigen Säure habe ich bei keinem solchen an Chlor und Erdsalzen reichen Wasser höhere Ziffern als die in Oslebshausen gefundenen angetroffen und auch die Menge der Salpetersäure stand überall in einem ähnlichen Verhältniss zu der des Ammoniaks wie dort.

Als Beispiel mögen die 750 bis 1000^m von der Weser entfernten, der Krankenanstalt benachbarten Brunnen Nr. 25 bis Nr. 31, Tabelle II dienen; s. a. die Tafel der Grundwasserstände, Tafel III). Hier liegt unter einer oberflächlichen Sanddecke von $\frac{1}{2}$ bis 2^m Stärke die obere gelbe Thonschicht und unmittelbar darunter das mehrerwähnte Torflager in einer Mächtigkeit von über einem Meter. Nach Dazwischentreten von wenig Sand folgt sodann die untere schwarze Thonschicht. Das durch Nachgraben erhaltene Grundwasser enthielt an einer Stelle (auf der Wisch, 13. April 1894) 10^{mg} Ammoniak bei 22^{mg} Chlorgehalt; diese Grube war bis in die Mitte der Torfschicht durchgeführt. An einer zweiten, 500^m entfernten, dem Weserlauf hart benachbarten Stelle (Neubau Lüneburger Strasse) fanden sich am 12. April 2^{mg} Ammoniak neben 26^{mg} Chlor; dieses Mal war die Entnahme im Grundwasser unterhalb der nur $\frac{1}{2}$ ^m starken Moorschicht erfolgt; an einer dritten Stelle, 50^m nach der erstgenannten zu gelegen (Neubau am Schwarzen Meer), fanden sich dicht unter der moorigen Schicht 10^{mg} Ammoniak und 172^{mg} Chlor; der Unterschied im Chlorgehalt erklärt sich so, dass die beiden erstgenannten Stellen nur als Wiesengrund, letztere aber als häufig gedüngtes Ackerland gedient

¹ Die Untersuchungen über die Herkunft des Ammoniaks (bis 16^{mg} im Liter!) in diesem Falle sind noch nicht abgeschlossen. Der Brunnen liegt unterhalb der Thonschicht, 14^m von zwei, dieselbe nicht durchbrechenden Abortgruben entfernt. Sein Wasser war bei wiederholten Untersuchungen fast bakterienfrei!

hatten. In Uebereinstimmung mit diesem Ammoniakgehalt steht der Befund des rund 1000 m vom Fluss entfernten 6 m tiefen Abessinerbrunnens Nr. 26 (verlängerte Umlandstrasse), nämlich 6 bis 8 mg Ammoniak bei einem Chlorgehalt von 28 bis 34. (Der Eisengehalt beträgt hier nicht weniger als 12.5 mg!), während der um 4 m tiefer reichende grosse Maschinenbrunnen der Krankenanstalt (Nr. 25) nur noch 2 mg Ammoniak neben 42 mg Chlor enthält. In der geraden Linie zwischen diesen beiden Brunnen liegen nun die beiden 5 m tiefen Kesselbrunnen Nr. 30 und Nr. 31, kaum 100 m vom Maschinenbrunnen Nr. 25 und von der ersterwähnten Grube auf der Wisch (Nr. 27) entfernt, umgeben von häufig, besonders im März, gedüngten Aeckern. Chlorgehalt und Härte, wie auch der Gesamttrückstand, sind demgemäss beträchtlich; aber schon der Gehalt an Salpetersäure überschreitet nicht mehr das Maass dessen, welches man nach Befund des hohen Ammoniakgehaltes jener Torfschicht (aus welcher, wie nach den Tiefenmessungen und auch nach der goldgelben Farbe des Brunnenwassers zu schliessen ist, zum grossen Theil beide ihr Grundwasser entnehmen), und mit Rücksicht auf die Beobachtungen zu Oslebshausen berechnen darf. Salpetrige Säure trat bei beiden nur gelegentlich bis zum Höchstbetrage von 2 mg auf. Ueber den Ammoniakgehalt geben die vom 20. März ab bei dem einen dieser Brunnen (Nr. 31) angestellten Untersuchungen ausführlichen Aufschluss. Es zeigte sich, unter steter Berücksichtigung des etwa 200 m entfernt (an dem Pegel Lessingstrasse) gemessenen Grundwasserstandes, dessen Schwankungen auch diese beiden Brunnen nach annähernden Messungen zu urtheilen, übereinstimmend mitmachen, dass derselbe zu keiner Zeit das örtliche Maass überschritt und ferner mit Sinken des Grundwassers, d. i. mit der zunehmenden Entfernung des Wassers von der Torfschicht allmählich von 9.0 bis auf 1.5 (am 20. Juli 1894) sank. Erneutes merkliches Ansteigen des Grundwassers zu Ende August erhöhte diese Ziffer wieder auf 2.5 bis 4.0, während der Chlorgehalt, nach Monate langer Unterbrechung des Düngens zur Sommerzeit, eine erneute Vermehrung dadurch nicht mehr erfuhr.

Solche Verhältnisse habe ich an allen Orten des Gebietes getroffen. Auch die Beobachtungen bei Nr. 23 und 24 gehören hierher.

Es ergiebt sich daraus unabweislich der Schluss, dass der Befund von Ammoniak, salpetriger Säure und Salpetersäure innerhalb der Grenzen von 10, bzw. 2 und 300 mg im Liter, an sich betrachtet, für die Brunnen des bremischen Gebietes noch nicht die Berechtigung gewährt, eine Verunreinigung des Bodens durch Abwässer anzunehmen.

Die am Nordrande des Gebietes, in unmittelbarer Nähe der grossen Moore bei Lilienthal gelegenen Brunnen reihen sich im All-

gemeinen den unterhalb der Thonschicht liegenden Brunnen an. Die letztere ist dort nur noch von sehr geringer Stärke (vgl. Tabelle I, h u. i). Aus den angeführten Beispielen (Tabelle II, Nr. 33 u. 34) ergeben sich aber einige, zweifellos dem Einfluss der darüber lagernden Moorschichten zuzuschreibende Abweichungen jener Wässer. Dahin gehört zunächst die goldgelbe Farbe, sodann der hohe Gehalt an oxydirbaren Stoffen, bei im Uebrigen auffallend geringer Menge aller gelösten Theile. Es er giebt sich ein Bild, welches dem unter Nr. 27 aufgeführten sehr nahe kommt.

In dieser Gegend liegt auch die eine der beiden Salzstellen des Gebietes und inmitten letzterer auf einer von Abwässern nicht berührten Stelle der Kesselbrunnen Nr. 35. Wenn irgend etwas noch erforderlich wäre, die Unzulänglichkeit der bisherigen, auf chemischen Grundsätzen beruhenden gesundheitlichen Beurtheilung zu zeigen, dann ist es der Befund dieses Wassers!

Die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung.

Die im Vorstehenden mitgetheilten Beobachtungen über die wechselvollen Befunde der salpetrigen und der Salpetersäure erhalten erst dadurch die richtige Beleuchtung, dass man sich vergegenwärtigt, dass sie ein Ergebniss der Lebensthätigkeit kleinster Lebewesen sind. Hierüber kann kein Zweifel obwalten und ebenso ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass beide Stoffe in der That von den zwei verschiedenen, von Winogradski bei solchen Vorgängen aufgefundenen Erzeugern, der Nitrosomonas und der Nitromonas, gebildet werden. So erklären sich alle jene Vorgänge auf ungezwungene Weise; so wird es verständlich, weshalb die augenscheinlich in ihren Lebenseigenschaften viel wählerische und empfindlichere Nitrosomonas keineswegs neben jedem, längere Zeit nicht abgepumpten Brunnen zu einer solchen Vermehrung gelangt, dass sie ihr Stoffwechselerzeugniss, die salpetrige Säure, dem Grundwasser in nachweisbarer Menge mittheilt — Vorgänge, welche für die lediglich chemische Betrachtung räthselhaft erscheinen mussten. Andererseits lassen diese Untersuchungen die Lebenseigenschaften jener, insbesondere die der Nitrosomonas, in einem neuen Lichte erscheinen.

Leider gestatteten die verfügbaren Arbeitskräfte nicht, diesen Vorgängen mit Hülfe der besonderen von Winogradski und Sleskin angegebenen Nährböden soweit nachzuspüren, dass nun in jedem Falle etwa auch der zahlenmässige Nachweis jener beiden Lebewesen erbracht und so die Beweiskette für obige Anschauung geschlossen wäre. Dieses Unter-

nehmen würde für Brunnenwässer nicht einmal von vornherein sicheren Erfolg haben versprechen können, denn es ist durchaus nicht ausgeschlossen, dass jene beiden Monasarten ihren angestammten Wohnsitz, die Sandschichten, nur ausnahmsweise verlassen, um in's Grundwasser und weiter in den Brunnen zu gelangen. Dafür sprechen mehrfache Versuche, bei welchen die Nitrification von flüssigen ammoniumhaltigen Nährböden gar nicht oder erst spät eintrat, wenn sie mit salpetersäurehaltigen Brunnenwässern geimpft wurden. In den tieferen Sandschichten, sowohl in Oslebshausen wie in Vegesack, war Nitromonas jedes Mal nachzuweisen, sobald man die Proben aus dem Bereich des Grundwassers entnahm. Die Untersuchung von 1^{ccm} dieser Sandproben mit Hilfe der gebräuchlichen Nährgelatine und auch eines anderen, sogleich zu besprechenden empfindlicheren Nährbodens liess andere Bakterienkeime nicht auffinden. Zu Vegesack wurden die über dem Grundwasser liegenden trockenen Erdschichten frei von Bakterien und auch von nitrificirender Kraft gefunden.

Die Auffindung der mehrerwähnten, in grossen Mengen im Grundwasserbereich der Brunnen lebenden Bakterienarten gelang mit Zuhilfenahme einer 10 procentigen Nährgelatine, welche lediglich Pepton (2 Procent) und Kochsalz (0.5 Procent) enthielt. Die durch Zusatz von Natronlauge hergestellte Alkalität lag zwischen den Neutralpunkten für Lakmus und Phenolphthalein und zwar noch um 6 bis 8^{ccm} Normalnatronlauge auf 1 Liter vom letztgenannten entfernt. (Nach Wolffhügel's und Timpe's¹ Vorgang bezeichnete ich die ebenso berechnete Reaction der gewöhnlichen Fleischwassergelatine auf Tabelle II und III mit „Acid. 8, 12, 16 u. s. w.“) Nach allen bisher darüber von mir angestellten Untersuchungen ist es lediglich der Gehalt an Fleischwasser, welcher das Auskeimen der Mehrzahl dieser Arten auf der gebräuchlichen Nährgelatine verhindert. Ausserdem ist aber auch ein stärkerer Alkaligehalt von günstigem Einfluss für ihre Vermehrung, und einige Arten dieser „Brunnenbakterien“, wie man in diesem Falle wohl mit Recht sagen darf, kommen auch auf Fleischwasserpeptongelatine von der Acidität 8 noch zur Entfaltung, während Acid. 16 dieselbe aufhebt (vgl. z. B. die Beobachtungen auf Tabelle III, Wasserprobe 9 und 11.)

Eine weitere, die Empfindlichkeit ihrer Lebenseigenschaften kennzeichnende und allen bisher untersuchten Arten derselben gemeinsame Eigenschaft ist das Unvermögen, bei Körpertemperatur sich zu vermehren. Die Mehrzahl derselben stirbt sogar schon nach 2 tägigem Aufenthalt bei 37° in der an sich ihnen zusagenden Peptonkochsalzlösung ab.

¹ *Centralblatt für Bakteriologie*. Bd. 14. S. 845.

Aus diesen Gründen konnte ihr Befund ohne Weiteres als gesundheitlich gleichgültig bezeichnet werden. Es kam hinzu, dass ein, wenn auch ungewolltes Experimentum crucis in grossem Maassstabe bereits vorlag, denn sie waren zweifellos schon Monate lang vor ihrem Auffinden in den auf Tabelle III verzeichneten, vielbenutzten Brunnen vorhanden gewesen, nachweisbarer Schaden war aber dadurch nicht entstanden.

Um so bemerkenswerther ist das fortgesetzte Vorkommen solcher Bakterienmassen in einwandsfrei gelegenen und sicher gebauten Brunnen für den Austrag der zur Zeit schwebenden Streitfrage über die Möglichkeit, mittels Zählung der Colonieen ein gesundheitliches Urtheil abgeben zu können dergestalt, dass bei Ueberschreitung einer gewissen Zahl das Wasser als verdächtig oder gar gesundheitsschädlich angesehen werden müsse. Dieser Versuch erscheint darnach endgültig als aussichtslos. Erst die vom Fachmann und bei wiederholten Untersuchungen ausgeführte eingehende Untersuchung der einzelnen Arten kann in einem solchen Zweifelsfalle wie der vorliegende, ein zufriedenstellendes Urtheil ergeben. Werthvoller noch erscheint die aus diesem Befund zu entnehmende Erfahrung, dass die, wie wir Eingangs sahen, einzig sachgemässe Art der gesundheitlichen Brunnenbeurtheilung, die Prüfung der Brunnenanlage als solcher und ihrer Umgebung, auch durch solche unvermuthete Thatsachen in ihrer Bedeutung nicht erschüttert werden kann.

Der Nachweis, dass diese „Brunnenbakterien“ thatsächlich ein regelmässiges und ziemlich unveränderliches Vorkommniss im Grundwasserbereich der Brunnen I und II auf Tabelle III, und Nr. 4 auf Tabelle II, ein vorübergehendes, noch abpumpbares dagegen bei Brunnen 3 und 3a (Tabelle III) darstellten, ergiebt sich aus den dort mitgetheilten Bakterienbefunden von selbst.

Um jeden Zweifel darüber zu beseitigen, dass sie nicht etwa aus irgend einem ruhenden Winkel der Wasseranlagen entstammten, sei hier ausdrücklich bemerkt, dass die Entnahme der zu den ersten, entscheidenden Untersuchungen verwendeten Wasserproben jedesmal unmittelbar nach Entleerung von mindestens 50 Liter Wasser erfolgt war. Erst nachdem die weitere Erfahrung gezeigt hatte, dass solches überflüssig, wurde bei den von Maschinen getriebenen Brunnen davon Abstand genommen; Brunnen mit Handbetrieb wurden in jedem Falle 5 Minuten lang vor der Probeentnahme abgepumpt.

Ueber die Ausdehnung des von dieser Bakterienbevölkerung bewohnten Theils des Grundwassers ist es noch schwieriger, ein sicheres Bild zu gewinnen als über den Bereich des Vorkommens der salpetrigen Säure. Immerhin liess sich mit Hülfe der Beobachtung und Zählung einer besonders auffälligen, rosaroth Colonieen bildenden Art für den Brunnen I Vegesack feststellen, dass ein Umkreis von 10^m Radius von dieser Art nicht überschritten wird, denn sie fehlte andauernd in dem benachbarten

Brunnen II. Andererseits kam sie regelmässig und in grosser, auch nach Abpumpen von 300^{ebm} noch nicht geringer werdenden Zahl in Brunnen I vor. Erst durch das gesteigerte und ununterbrochen vom 18. Mai bis Ende Juli durchgeführte Abpumpen des Brunnens war ihre Menge unzweifelhaft herabgedrückt (von 500 auf 80). Diese Beobachtung, ebenso wie die gleichzeitige Abnahme der Keimzahl jenes Brunnens im Ganzen, ist geeignet, auch einiges Licht auf die verwickelten Vorgänge zu werfen, welche mit dem Auftreten und Abnehmen der salpetrigen Säure bei diesen Brunnen einhergehen. Damit, dass es gelungen war, dieselbe durch Abpumpen bis zu einer nicht mehr sinnfälligen Menge zu verringern, ist selbstredend noch keineswegs die Entfernung der eigentlichen Ursache, der Nitrosomonas, erreicht; solches dürfte überhaupt auf diesem Wege unmöglich sein, vielmehr wird sie nach einer längeren Ruhepause im Abpumpen sich wieder bemerklich machen. Man muss annehmen, dass diese Bakterien zum Theil vermöge ihrer Gallerthülle an den Sandkörnern haften. Nur durch eine Aenderung der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers dürfte ihr Verschwinden herbeigeführt werden können.

Durch vielfache Versuche mit Reinculturen jener Brunnenbakterien wurde festgestellt, dass sie selbst weder salpetrige Säure noch Salpetersäure zu bilden die Fähigkeit haben; ebenso wenig übten sie irgend welchen reducirenden Einfluss auf Nährlösungen bezw. Brunnenwasser mit reichlichem Salpetersäuregehalt aus. Auch von anderen von mir daraufhin geprüften Wasserbakterien hat keine einzige eine Andeutung für den Besitz letzterer Kraft erkennen lassen. Es scheint, dass bei den für manche Bakterien angegebenen anderslautenden Angaben die Fehlerquelle nicht berücksichtigt ist, welche in dem Eindringen der salpetrigen Säure aus der Luft her in solche Nährlösungen begründet ist.

Immerhin ist das Zusammentreffen jener Bakterien mit dem Befund von salpetriger Säure bemerkenswerth, und wird in ähnlichen Fällen die richtige Erkenntniss erleichtern.

In Oslebshausen, wo anfänglich die gelbe Brunnenbakterie in der Menge von 300 000 im Cubikcentimeter bei Brunnen 3 vorkam, scheint das bald nach dem Brunnenbau begonnene regelmässige Abpumpen das rasche Verschwinden derselben bedingt zu haben. Hier gestattete im Uebrigen vor allem der Umstand, dass der Versuchsbrunnen 3a trotz der Nähe von Nr. 3 zunächst fortgesetzt keimfreies Wasser lieferte, Schlüsse über den Umfang jener Bakterienbevölkerung im Boden zu ziehen (vgl. Tabelle II).

Allen diesen Brunnenbakterien ist ein langsames Wachsthum und Unvermögen, die Gelatine zu verflüssigen gemeinsam. Es sind ausnahmslos feine unbewegliche Stäbchenarten, welche, bei 22° in Pepton-Kochsalzlösung von ähnlicher Reaction wie jene Gelatine gezüchtet,

vom dritten Tage an eine zunehmende, Wochen lang anhaltende Trübung hervorrufen. Durch die Behinderung ihrer Entwicklung in Fleischwasserhaltigen Nährböden sind sie genügend von der Menge der übrigen Bakterien gekennzeichnet. In diesem Sinne bedürfen nur jene zwei oben erwähnten Arten einer besonderen Beachtung, welche nur auf stark alkalischer (für Lakmusprüfung berechnet) Gelatine sich vermehren, weil sie für die Zählung der Colonieen leicht zu scheinbar unerklärlichen Widersprüchen führen können. Da sie auch im Wasser der Flussläufe, besonders zu Hochwasserzeiten, bei reichlichem Ammoniakgehalt des Flusswassers, gelegentlich in Menge auftreten, wiederum im Verein mit einigen jener „Brunnenbakterien“¹, so ist es mit Rücksicht auf die jetzt geforderte Aufsicht der solches Wasser verarbeitenden Filterwerke durch bakteriologische Sachverständige erforderlich, auf ihr Vorkommen dortselbst ein besonderes Augenmerk zu richten. Diese beiden Arten vermehren sich schneller als die übrigen; ihre Colonieen auf der stark alkalischen Fleischwasser-Nährgelatine erreichen bis 2^{mm} Durchmesser; sie sehen, mit blossem Auge betrachtet, grauweiss bzw. braungelb aus. Letztere Art kam im Winter 1893/94 besonders reichlich im Weserwasser vor. In der Peptonlösung verursacht sie nur geringe Trübung und bildet bald einen beträchtlichen, braungelben Satz. Ihre nähere Beschreibung wird später erfolgen.

Von den anderen, nur bei Abwesenheit von Fleischwasser wachsenden sind besonders drei Arten auffällig und für unsere Untersuchungen verwertbar.

1. *Bacterium fontanum flavum*, dessen Colonieen am 6. Tage deutlich schwefelgelbe Farbe annehmen. Dasselbe ist am häufigsten anzutreffen; ich fand es in nahezu allen untersuchten Brunnen- und Flusswässern. Im Brunnen Nr. 3 (Tabelle II) war es fast in Reincultur enthalten. Die Colonieen erreichen in der Plattenaussaat selten mehr als $\frac{3}{4}$ ^{mm} Durchmesser.

2. *B. fontanum roseum*, dessen Colonieen vom 5. bis 6. Tage ab blassrosa Farbe zeigen und gleichfalls nicht mehr als $\frac{3}{4}$ ^{mm} Durchmesser erreichen, fand sich in Menge nur in Brunnen 1 Vegesack. Vereinzelt war es ausserdem in Brunnen 3 Oslebshausen, sowie in Nr. 12 und 13 (Tabelle II) vorhanden.

3. *B. fontan. purpureum*, eine äusserst augenfällige, in den Colonieen auf der Nährgelatine vom 4. Tage ab purpurrothe Farbe annehmende Art. Dieselbe bildet ebenda lange Stäbchen und Scheinfäden bis zu 20 μ

¹ Vgl. H. Kurth, Die Thätigkeit der Filteranlage des Wasserwerkes der Stadt Bremen von Juni 1893 bis Juli 1894 u. s. w. *Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt*. Bd. X. — Ebenda finden sich auch die Angaben über das Verhalten anderer Bakterienarten auf jenem Nährboden.

Länge, in deutlich, auch ungefärbt erkennbarer Schleimhülle. Die Colonieen breiten sich oberflächlich in Kreisform aus und erreichen alsdann bis 3^{mm} Durchmesser. Sie fand sich bisher nur in Brunnen 4, in grosser Menge. Die in der Tiefe der Gelatine liegenden Colonieen sind bei sämtlichen Arten kreisrund.

Die Unterscheidung der übrigen Arten gelingt weniger bequem, da sie keinen Farbstoff bilden oder sich als weisslich oder grau dem Auge darstellen. Eine nähere wissenschaftliche Prüfung derselben konnte bisher nicht unternommen werden.

Die drei mit Namen bezeichneten Arten vermögen sich auch in den ausserhalb der Brunnen aufbewahrten Wasserproben zu vermehren, wie mehrfache Versuche deutlich zeigten.

Allen bis jetzt vorliegenden Untersuchungen nach beschränkt sich das zahlreiche und regelmässige Vorkommen dieser „Brunnenbakterien“ auf die oberhalb der alluvialen Thonschicht liegenden Brunnen; aber auch von diesen sind keineswegs alle davon betroffen, ein Umstand, der nach Schilderung der vielen, zu ihrem Auftreten und Verschwinden Anlass gebenden Zufälligkeiten nicht mehr befremdlich erscheinen kann.

Die durch die Thonschicht hindurchreichenden Brunnen erwiesen sich im Uebrigen, trotz des erheblich grösseren Gehalts an Ammoniak hinsichtlich Zahl und Art der darin vorkommenden Wasserbakterien in keiner Hinsicht von jenen verschieden. Handelte es sich um enge, abessinische Röhrenbrunnen, so gelang es nach einigem Abpumpen leicht, ein annähernd keimfreies Wasser zu erhalten, waren es Kesselbrunnen, so musste erst eine grössere Mühe, mitunter mehrtägige Arbeit darauf verwendet werden, ehe eine deutliche, stetige Abnahme der Zahl eintrat.

Im Allgemeinen war bei sämtlichen Brunnen durch fortgesetztes Abpumpen mit der Hand eine Abnahme der Keimzahl zu erreichen — ausser wo es sich um solche, von den „Brunnenbakterien“ umgebene Brunnen oberhalb der Thonschicht handelte. Wo diese nicht eine baldige Abnahme zeigten, da blieb auch eine kleine Zahl von Fleischwassergelatine bevorzugenden Arten ziemlich unveränderlich bestehen. Als Beispiel hierfür mögen wieder die Verhältnisse bei Brunnen 1 Vegesack gelten; dieser Umstand drängt zu dem Schlusse, dass auch einige der in Brunnenwässern regelmässig anzutreffenden Arten, wenn auch in viel geringerem Maasse als jene „Brunnenbakterien“, sich in dem Theil des Brunnenbereichs des Grundwassers, welcher dem Brunnen zunächst liegt, dauernd aufzuhalten vermögen.

Erst die wiederholte, unter eingehender Berücksichtigung der Wasserabgabe angestellte Beobachtung solcher Brunnenverhältnisse kann zur Gewinnung eines befriedigenden Urtheils führen.

Es erübrigt noch, des Einflusses zu gedenken, welchen die Tiefe der

Brunnen auf den Bakteriengehalt ausübt. Dass die Entnahme in 11^m noch keinen Schutz vor reichlicher Bakterienwucherung — wenn auch nur von gesundheitlich gleichgültigen — gewährt, beweist zur Genüge Brunnen II Vegesack. Einen grösseren Schutz gewährt, wie wir soeben sahen, das Dazwischentreten der Thonschicht in Gestalt der verminderten Durchlüftung des Bodens. Sehr wichtig erschien es nun, zu wissen, wie sich die Verhältnisse in wenig tiefreichenden, gut gebauten Brunnen gestalteten.

Für die hiesige Gegend, insonderheit für diejenigen Theile des Landgebiets, woselbst die oberflächliche Sandschicht noch 2 bis 3^m hoch liegt, ist die Benutzung möglichst flacher, das über der Thonschicht noch stehende Grundwasser abfangender Brunnen geradezu eine Lebensfrage, besonders dort, wo unterhalb der Thonschicht der Eisengehalt hoch ist. Die von Jahrhunderten herstammende tägliche Erfahrung hat hier überall zur Anlage flacher geräumiger Kesselbrunnen geführt und es würde hier niemand durch den Hinweis auf die Erfahrungen der neueren Gesundheitslehre zur Anlage von Tiefbrunnen und dem Genuss ihres Wassers zu bewegen sein.

Für die Beantwortung dieser Frage stehen die an fünf, 3½ bis 2^m tiefen, sämmtlich mit Steinplatte und Sand verdeckten Schulbrunnen des Landgebiets gewonnenen Erfahrungen zur Verfügung. (Vgl. Tabelle II Nr. 15 bis 20.) Darnach ergab die bakteriologische Prüfung durchaus keine von denen der tiefer reichenden Brunnen abweichende Verhältnisse. Dass diese Art der Wassergewinnung bei dieser Zwangslage sowohl der Anlage von Cisternen wie auch der Erschliessung des eisenführenden Grundwassers bei weitem vorzuziehen ist, kann keine Frage sein, so lange wenigstens nicht eine einfache Art, das Eisen auszuschcheiden, gefunden ist.

Einen Ausweg für letztgenannte Schwierigkeit bietet bis zu einem gewissen Grade wiederum die Anlage möglichst wenig tiefreichender Kesselbrunnen. In dem ständig hier vorhandenen der Luft ausgesetzten Wasser scheidet sich ein grosser Theil des Eisens freiwillig ab und häuft sich am Grunde des Brunnens als brauner, schlammiger Satz an. Das darüber stehende Wasser ist, zumal, wenn lange Zeit nicht abgepumpt, oft fast eisenfrei. Selbstredend wird lebhaft fortgesetztes Abpumpen diesen guten Zustand wesentlich verschlechtern, besonders dann, wenn in Folge ungünstiger Lage des absaugenden Rohres zugleich der Bodensatz aufgewühlt wird. Wo aber die Grösse des Wasservorrathes im richtigen Verhältniss zur Gebrauchsmenge steht, da lässt sich auf diese Weise bei einem Eisengehalt bis etwa 6^{mg} Fe noch Erspriessliches erzielen und die kleine Unbequemlichkeit der jährlich 1 bis 2 Mal erforderlich werdenden Reinigungen des Brunnengrundes wird dabei gerne mit in den Kauf genommen.

So ergibt sich als letztzunehmende Erfahrung aus der bremischen

Gegend, dass die Forderung der neueren Gesundheitslehre, Tiefbrunnen zu bauen, nach Maassgabe der örtlichen Verhältnisse, insonderheit bei Eisengehalt des tieferen Grundwassers, nicht überall den Vorzug verdient und ferner, dass gerade in diesem Falle die Kesselbrunnen den gleichfalls vom wissenschaftlichen Standpunkt aus vorangestellten Röhrenbrunnen zweifellos vorzuziehen sind.

Dass in einem solchen Falle um so höhere Sorgfalt auf die Bauart der Brunnen und Reinhaltung ihrer Umgebung verwendet werden muss, versteht sich nach allem vorher Gesagten von selbst.

Aus der geradezu verwirrenden Mannichfaltigkeit der geschilderten Verhältnisse, aus welcher erst durch wiederholte und allseitige Untersuchungen der leitende Faden herausgefunden werden konnte, erhellt nur eines ohne Weiteres deutlich, dass nämlich eine einseitige Betrachtung weder vom chemischen noch vom bakteriologischen Standpunkt aus hätte zur Erkenntniss führen können; ja, man darf behaupten, dass auch hier die örtliche Untersuchung recht eigentlich die Entscheidung im Urtheil herbeiführte; aber sie zeigte, dass diesmal die auffälligen Befunde nicht der Bebauung und Bewohnung des Bodens entstammen, sondern einen für absehbare Geschlechter unabänderlichen, weil an die grossen, natürlichen Umwälzungen unserer Erdrinde anschliessenden Zustand darstellen: Das Hereinbeziehen der geologischen Verhältnisse gab den Ausschlag.

Schlusssätze.

1. Die an Brunnenanlagen in gesundheitlicher Rücksicht zu stellenden Anforderungen sind einwandsfreie Bauart und möglichst grosse Entfernung von den Schmutzstätten des menschlichen Verkehrs. Die geringste zulässige Entfernung von den letzteren bedarf in einem jeden Falle einer besonderen Beurtheilung, die von Umfang und Bauart jener Schmutzstätten wie auch von den natürlichen Verhältnissen des Bodens und der Grundwassergeschwindigkeit einerseits und von der Saugekraft, d. i. der muthmasslich abzugebenden Wassermenge des Brunnens andererseits abhängig zu machen ist.

1a. Gemäss den Beobachtungen an Brunnen des bremischen Gebiets erscheint bei solchen, für gewöhnlichen Bedarf (1 bis 20 ^{cbm} täglich) berechneten Brunnen, welche in oberflächlich lagernden, Grundwasserströmungen nur andeutungsweise erkennen lassenden Sandschichten angelegt sind, ein von Schmutzstätten nicht berührter Umkreis von 10 ^m Radius als dauernd sicherer Schutz vor dem unterirdischen Zutritt von Bakterien, auch bei einer Brunnentiefe von nur 4 bis 5 ^m. Wahrscheinlich wird auch ein Umkreis von 6 bis 8 ^m Radius die gleiche Sicherheit bieten.

2. Die gesundheitliche Prüfung einer bereits in Gebrauch befindlichen Brunnenanlage kann nur unter Berücksichtigung vorstehend genannter Verhältnisse geschehen. Die Ermittlung des schützenden Grenzbereichs einer Sandschicht in anderen Boden und Grundwasserverhältnissen als den unter 1a erwähnten kann sowohl unter Zuhülfenahme chemischer als auch bakteriologischer Untersuchungen vorgenommen werden. Sorgfältige Beobachtung möglichst zahlreicher Grundwasserpegel ist dabei unerlässlich und muss in den Fällen, wo erstere Untersuchungsarten wegen Fehlens auffälliger, jedesmal aufzufindender Kennzeichen des Grundwassers, bezw. der Brunnen keinen Aufschluss geben, den Ausschlag für das Urtheil abgeben.

Für die fortlaufende Untersuchung des Gleichbleibens also festgestellter Verhältnisse kann die chemische Untersuchung, unter steter Berücksichtigung der, den etwa wechselnden Wasserständen nach zu erwartenden Schwankungen in der natürlichen Zusammensetzung von Wässern, mit Vortheil verwendet werden.

3. Sofern man zu erfahren wünscht, ob ein nachweislich der örtlichen Untersuchung schlecht gelegener und gebauter Brunnen Anlass zu Erkrankungen an Cholera, Typhus, Brechdurchfall, Diphtherie u. s. w. giebt oder gegeben hat, kann dies nur durch bakteriologische Untersuchung geschehen.

4. Die bisher aufgestellten sog. „Grenzwerte“ für das natürliche Vorkommen von Ammoniak, salpetriger und Salpetersäure im Grundwasser bedürfen, sofern es sich um Bodenschichten jüngerer Ursprungs handelt, insonderheit in alluvialen Erdschichten, einer wesentlichen Erweiterung. Da sie ausserdem daselbst, gemäss dem wechselnden Gehalt solcher Bodenschichten an organischer Substanz, schon auf engem Raum grosse Schwankungen zeigen, so wird um so mehr die Verwerthung ihrer Mengenbeobachtung für die Auffindung des Zutritts von Spuren der Abwässer unmöglich.

5. In Gegenden, wo das tiefere Grundwasser reichlich Ammoniak enthält, kann die salpetrige Säure in Mengen bis zu 2^{mg} im Liter im Brunnenbereich des Grundwassers sich ansammeln.

6. In eben solchen Gegenden vermögen sich im Brunnenbereich des Grundwassers einwandfrei erbaute und sicher gelegene Brunnen eine Anzahl auf Fleischwasser-haltigen Nährböden nicht auskeimender Bakterienarten in grosser Menge und dauernd anzusiedeln; gelegentlich, wenn auch in geringerem Umfange, ist dieses auch bei einigen, auf Fleischwassergelatine auskeimenden Arten von Wasser- und Erdbakterien der Fall. Allen bisherigen Erfahrungen nach kommt diese Fähigkeit aber nur gesundheitlich gleichgültigen Bakterienarten zu.

Tabelle I. Darstellung der wichtigsten bisher bekannt

(Das Ergebniss der Untersuchung der zugehörigen Brunnenwässer ist auf Tabelle II und III

Meter	a.	b.	b ¹ .	c.	c ¹ .	d.		e ¹ .
	Oslebs- hausen. Strafanst. (Nr. 1—11)	Doventhor- steinweg (Br. 21 u. 22)	Woltmers- hausen, am Deich (Br. 36)	Am Dome (Tief- bohrung 1888)	Bunten- thorstein- weg (Br. 38 u. 39)	Weserbrücke 1894 Bohrloch II.	Bohrloch IV.	Arster- damm (Br. 40)
9				+ 9 m ca.				
8								
7								
6		Oberkante 5 m						
5	Oberkante 4 m							
4								
3		Dünensand						Oberkante 2 m
2	Dünensand		 Grund- wasser	Oberkante 1.50 m			Gelber Lehm, Glühver- lust 4%
1			Oberkante Gelber Lehm		Gelber Lehm			
0								
1	Grund- wasser	Dünensand	Blauer Thon Grund- wasser		?			Schwarzer Thon (Glühver- lust 7%)
2		Thon	Torf	Schlick (= schwar- zer Thon)	?	Wasser		
3	Dünensand	Thon	Sand	Grob. Sand	?	Sohle des Weserbettes		Hellgelber Sand
4	Schwarzer Thon				?			Flusskies
5					?			
6	Heller Sand mit Kies	Sand			?			Feiner Sand
7					?			
8					?			
9					?	Sand		
10	Flusskies				?		Sand	
11					?			Grauer scharfer Sand
12					Grober Kies (Geschiebe?)			Grosse Ge- schiebe
13								
14	bis 40 cm dicke Geschiebe				Feiner Sand	Schwarzer Thon		
15								

¹ Am linken Weserufer.

gewordenen Tiefbohrungen und Grabungen im Bremer Gebiet.

verzeichnet; hierauf beziehen sich die in Klammern beigefügten Nummern der Brunnen.)

e.	f.	g.		h.	i.	Wasserwerk Vegesack, Brunnen I.	Wasserwerk Vegesack, Brunnen II.
Kranken- anstalt (Br.25—31)	Am schwarzen Meer (Br. Nr.28 u.29)	Hemelingen		Timmers- loh (Br. Nr. 33)	Das Blockland (150 Bohrun- gen v.J. 1858)		
		I. August 1894	II. (Br. Nr. 32)				
						Oberkante	Oberkante
						Grosse Geschiebe	Grosse Geschiebe
						Sand, 0.4% Glüh- verlust	Sand
						Grund- wasser	Grund- wasser
Oberkante 1.44 bis 0.50 m		Oberkante	Oberkante			Sand	Sand
Dünensand	Oberkante	Dünensand	?	Oberkante			Bremer
	Humus		?	Moorsand			
Grund- wasser	Thon, gelb	Thon und Torf	?	Thon	Oberkante	Thon	Null
Dünensand	Mooriger Sand		?	Zuerst moo- riger, dann reiner Sand	Gelber Lehm	Sand mit Braunkohlen- trümmern	
Thon	Reiner Sand	Hellgelber Flusssand	?				
Torf		Flusskies	?		Torf (Darg.)	Schwarzer	Thon Sand m. Kohle- stückchen
20 mm Thon			?			Thon (tertiär ?)	Thon und Sand- schichten abwech- selnd.
Heller Sand und Flusskies			Flusskies		Sand	Glüh- verlust 7.7 %	Pflanzen- theile.
Feiner grauer Sand		Flusskies				Feiner grauer Sand mit Schlick, 3.4% Glüh- verlust	Feiner weisser Sand
		Gr. Feuersteine					Thon
		Feiner graugelber Sand ohne Kies	Sand mit abge- schliff. Holztheilen				
		Gr. Sand, reichl. Braunkohlenst.					
		Schmutzig grauer kl. Kies	Gelber Sand mit kleinen Kieseln				
		Deegl.; grosse Kohlestückchen					
		Gr. Geschiebe (silur. Kalke)					
			Gr. Geschiebe				

Umwenden.

Tabelle I

Meter	a.	b.	b ¹ .	c.	c ¹ .	d.		e ¹ .
	Oslebs- hausen. Strafanst. (Nr. 1—11)	Doventhor- steinweg (Br. 21 u. 22)	Woltmers- hausen, am Deich (Br. 36)	Am Dome (Tief- bohrung 1888)	Bunten- thorstein- weg (Br. 38 u. 39)	Weserbrücke 1894 Bohrloch II.	Bohrloch IV.	Arster- Damm (Br. 40)
16	Schmutzig grauer Sand. 0·19% Glüh- verlust					Schwarzer Thon	Grosse Geschlebe	
17								
18						Grauer Thon		
19						Kalkreich		
20					Kalkreicher Thon			
21					Feuersteine			
22								
23								
24					Feiner grauer Sand			
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32					Grober grauer Sand			
33								
34								
35								
36					Kleiner Kies			
38					Sehr feiner grauer Sand, 1·3% Glüh- verlust			
40								
42								
44								
46								

¹ Am linken Weserufer.

Tabelle II. Untersuchung der Brunnen auf dem Grundstück der

Brunnen ¹ Nr.		Entnahmestelle	Ammoniak (mg im Liter)	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Oxydirbarkeit	Chlor	Gesamthärte (französisch)	Rückstand bei 100°	Eisen
1a. und 1b.	14./2. 94	Lufthahn der Maschine	—	—	—	—	—	—	—	—
	16./2. „	„	0.2	0	120	—	54	—	—	—
2. Mehrere Jahre alter Brunnen.	20./2. 94 ^{11h}	An der Pumpe	—	0	180	—	65	—	—	—
	„ 11 ^h 10'	„	—	—	—	—	—	—	—	—
3. Neuer Hauptbrun- nen, Winter 1893/94 erbaut. (Es wurden fortgesetzt tägl. 18 ^{ebm} abgepumpt).	15./2. 94	Lufthahn der Maschine	0.8	0.5	110	—	54	—	—	—
	20./2. „	„	1.0	0.8	110	—	54	—	—	—
	27./2. „	„	—	0.1	100	—	—	—	—	—
	2./3. „	„	—	0.1	100	23.3	50	23°	480	—
	9./3. „	„	—	0.1	—	—	—	22°	—	—
	21./3. „	„	—	0.15	—	—	48	—	—	—
	18./5. „	„	0	0	110	19.2	42	14.5°	450	—
	5./9. „	„	0	0	110	—	39	—	—	—
	23./2. „	An der Pumpe	0.4	0	200	27.1	54	—	—	—
	27./2. „	„	—	0	200	—	50	45°	—	—
3a. Versuchsbrunnen (Abessiner), 5 m tief. 22./2. gebohrt. Vom 23./2. bis 27./2. täglich ca. 2—3 ^{ebm} abgepumpt. Vom 27./2. ab nur noch ca. 50 ^l täglich abgepumpt.	23./2. „	„	0.4	0	150	—	54	—	—	—
	27./2. „	„	—	0	—	—	—	54° (16° bleib. Härte)	—	—
	2./3. „	„	0.4	0	150	—	54	—	—	—
	9./3. „	„	—	0	—	—	—	—	—	—
	21./3. nach 3'	„	—	0.5	—	—	—	—	—	—
	„ 8'	„	—	0.15	—	—	52	—	580	—
4. Herbst 1893 erbaut. Reaction des Wassers stets alkalisch.	„ 13'	„	—	0.05	—	—	—	—	—	—
	Pumpens	„	—	—	—	—	—	—	—	—
	17./10. 93	„	—	1.5	150	—	26	—	—	—
	14./2. 94	„	—	2.0	—	—	30	—	—	—
	16./2. „	„	0.2	2.0	—	—	30	—	—	—
	20./2. „	„	0.25	2.0	160	—	26	—	—	—
	9./3. „	„	—	3.0	—	—	26	26°	—	—
	21./3. „	„	—	—	—	—	—	18°	530	—
	18./5. „	„	0	2.5	150	21.7	25	18°	495	—
	5./9. „	„	0	0.8	150	—	25	—	—	—

¹ Zu Brunnen 1 bis 10: Sämtliche Brunnen sind, sofern nicht ausdrücklich anderes vermerkt ist, verdeckte Kesselbrunnen und 5 bis 6.5 m tief.

Strafanstalt zu Oslebshausen. (Reihenfolge der Erdschichten siehe Tabelle Ia.)

a. Fleischwasserpeptongelatine		b. Peptongelatine	
gezählt nach		gezählt nach	
3 bis 4 Tagen	6 bis 12 Tagen	3 bis 4 Tagen	6 bis 12 Tagen
—	18 ² , keine verflüss. 10 ² , „ „ 140, „ „ 42, 4 verflüss.	— — — —	180 ³ , 24 verflüss. 500, keine verfl., 30 B. font. ros., 100 B. font. flav. — 520, keine verflüss. 80 B. font. roseum. 24 „ „ flavum.
4800 ⁴	16000, 8 verflüss., Col. alle sehr kl., grauweiss	—	300000, davon ca. 100000 B. font. flavum.
990 ⁴ , 68 verflüss.	—	43200, 80 verflüss.	— ca. 20000 B. font. flav.
3200 ⁴ , 40 B. fluor. liq.	8000	2000 ⁵	72000, ⁶ 240 verflüss. ca. 50000 B. font. flav.
440, 250 B. fluor. liq.	—	—	69000, dav. ca. 60000 B. f. flav.
—	—	—	—
68, 6 B. fluor. liq.	—	196, 7 verflüss.	728, davon 560 B. f. flav.
485, keine verflüss. (2 Arten gewöhnliche Wasserbakterien)	—	—	—
0	0	0	0
45, keine verflüss.	—	0	—
—	—	80	160, keine verflüss. 60 B. font. flav.
244, 28 B. fluor. liq.	—	284, 20 verflüss.	ca. 300 (Platte zum Theil verflüss.)
—	—	115000, 300 verflüss.	—
—	—	—	—
—	—	48000	—
104, keine verflüss.	—	—	—
4, keine verflüss.	—	9000, 21 verflüss.	9000, davon ca. 6000 B. font. purpureum.
180, 18 verflüss.	200	—	48000, ca. 500 B. f. purp., keine B. f. flav.
84, keine verflüss.	100	3000	5760, 24 verfl., 2800 B. f. purp.
700 ²	2200, 46 verflüss.	—	4000, davon 1000 B. f. purp.
278	444, keine verflüss.	7200, davon 4800 B. f. purp.	8000, 16 verflüss., 4800 B. f. purp., 1500 B. f. flav.

² Gelatine stark alkalisch = Acid. 8 (auf Phenolphthaleinneutralpunkt geprüft). ³ Nach 12 Tagen gezählt. ⁴ Gelatine = Acid. 12. ⁵ Nach 3 Tagen gezählt. ⁶ Nach 8 Tagen gezählt.

Tabelle II.

Brunnen Nr.	Datum.	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Oxydirbarkeit	Chlor	Gesamthärte (französisch)	Rückstand bei 100°	Eisen
5. (Meierei der Anstalt) ca. 1883 erbaut.	20./2. 94	0·5	0	30	—	25	—	—	
6. Meierei, Jungviehstall; 1890 erbaut.	„	0·4	0	190	—	—	—	—	
7. Pastorenhaus, 1890 erbaut.	„	—	0	—	—	—	—	—	
8. Ebenda, Abessinerbr., ca. 5 m tief.	„	0·4	0	170	—	20	—	—	
9. Beamtenhaus.	„	—	0	—	—	—	—	—	
10. Beamtenhaus.	„	1·5	0	80	—	30	—	—	
11. Röhrenbrunnen beim Stationsgebäude der Eisenbahn, 13 m tief, mindestens 5 Jahre alt.	„ 9./3. 94 21./3. „ 18./5. „ 5./9. „	5·0 — 5·0 3·5 3·5	0 0 0 0 —	0 0 0 0 0	13·4 — 10·7 21·4 ¹ —	30 — 32 32 28	24° (12° bleibende Härte) — 18° 21°	— — — 315 —	1·0 Fe
12. ² Röhrenbrunnen I des Armenhauses, 8 m tief, Herbst 1893 erbaut.	4./12. 93 2./3. 94	— 1·3	0·05 0·01	90 120	21·3 21·4	— 76	— 38°	— —	
13. Röhrenbrunnen II ebenda, 8 m tief, Herbst 1893 erbaut.	4./12. 93. 2./3. 94	— 0·1	0·05 0·05	150 120	21·3 21·4	— 104	— 48°	— —	
14. Schulbrunnen zu Arsten, 5 m tief; verdeckter Kesselbrunnen; Erdschichten nicht genau bekannt; wahrscheinlich ist hier die Thonschicht nur 1/2 m stark und mit Sand vermischt.	22./3. „	0·5	0·05	150	12·4	82	—	608	

¹ 19·5 nach Abzug der für Eisen erforderlichen Menge KMnO_4 . ² Die Brunnen Nr. 12 bis 40 liegen, sofern nicht ausdrücklich anderes bemerkt, in einem Abstand von min-

(Fortsetzung).

a) Fleischwasserpeptongelatine		b) Peptongelatine	
gezählt nach		gezählt nach	
3 bis 4 Tagen	6 bis 12 Tagen	3 bis 4 Tagen	6 bis 12 Tagen
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
S, keine verflüss.	—	188, 4 verflüss.	300, dabei 15 Cladothrix.
38, keine verflüss.	240, keine verflüss.	44	272, keine verflüss.
—	—	—	—
—	—	—	—
—	—	—	—
1360, 40 verflüss., davon 20 B. fluor. liquefac.	3600, 40 verflüss.	4800 ($\frac{1}{240}$ ccm ausgesät)	17000, keine verflüss., davon 3000 B. font. flav.
—	—	—	—
—	—	— ($\frac{1}{88}$ ccm ausgesät)	14000, davon 2000 B. font. flav.
336, 140 verflüss., sämtlich B. liquefac.	—	500, 80 verflüss.	5500, 200 verflüss., 300 B. font. flav.

destens 8 m von den nächsten Schmutzstätten, bezw. von gedüngtem Ackerlande, und sind von einwandsfreier Bauart.

Tabelle IIb.

Brunnen Nr.	Datum	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Oxydirbarkeit	Chlor	Gesamthärte (französisch)	Rückstand bei 100°	Eisen
15. Schulbrunnen zu Huchtingen, 3½ m tiefer, verdeckter Kesselbrunnen, oberhalb der Thonschicht gelegen	14./3.94. Nach 1 Min. Pumpens „ „ 6 „ „	0·2 —	0 —	140 —	— —	— —	— —	— —	— —
16. Schulbrunnen zu Borgfeld, 1882 erbaut, 3 m tiefer, oberhalb der Thonschicht gelegener verdeckter Kesselbrunnen	19./3.94. „ 1 „ „ „ „ 6 „ „	0·2 —	0 —	140 —	— —	— —	— —	— —	— —
17. Schulbrunnen zu Oberneuland, mindestens 10 Jahr alt, 1·95 m tiefer, oberhalb der Thonschicht gelegener verdeckter Kesselbrunnen	20./3.94. „ 1 „ „ „ „ 6 „ „	0·4 —	0 —	20 —	— —	— —	— —	— —	— —
18. Schulbrunnen zu Oslebshausen, 1860 erbaut, 3½ m tiefer, oberhalb der Thonschicht gelegener verdeckter Kesselbrunnen	22./3.94. „ 1 „ „ „ „ 6 „ „	0·2 —	0 —	120 —	— —	— —	— —	— —	— —
19. Schulbrunnen zu Osterholz, 1992 erbaut, 3 m tief, sonst wie Nr. 15 bis 18	19./3.94. „ 1 „ „ „ „ 6 „ „	0·2 —	0 —	150 —	— —	— —	— —	— —	— —
20. Schulbrunnen zu Kattenthurm, 1877 erbaut, 2 m tiefer, unterhalb der Thonschicht gelegener verdeckter Kesselbrunnen	März 94. „ 1 „ „ „ „ 6 „ „	2·0 —	0 —	0 —	— —	46 —	— —	— —	— —

(Fortsetzung).

a) Fleischwasserpeptongelatine		b) Peptongelatine	
gezählt nach		gezählt nach	
3 bis 4 Tagen	6 bis 12 Tagen	3 bis 4 Tagen	6 bis 12 Tagen
840, 120 fluor. liquef. 288, 24 verflüss., da- von 10 B. fluor. liquef.	— —	800, 16 verflüss. 576, keine verflüss.	2400, 160 verflüss. 840
108, 4 verflüss. 132, 6 „	— —	— —	— —
192, 4 „ 136, 10 „	— —	— —	— —
4 4	— —	— —	— —
14, 2 verflüss. 10, 0 verflüss.	— —	— —	— —
30, keine verflüss. 30, „ „	— —	— —	— —

Tabelle IIb:

Brunnen Nr.	Tiefe m	Datum	Entnahme- stelle	Ammoniak	Salpetrige Säure
Westliche Vorstadt (r. Ufer).					
21. Doventhorssteinweg, etwa 1891 erbauter, innen 0·5 ^m weiter Röhrenbrunnen; wird nur bei Tage benutzt. (Reicht bis unter die Thonschicht.)	15	22./1. 22./3. 11./5.	Lufthahn „ „	1·0 2·0 1·5	0 0 0
22. Doventhorssteinweg, 1894 erbauter, innen ca. 0·5 ^m weiter Röhrenbrunnen. (Erdschich- ten s. Tabelle I.)	12	11./5.	Leitungs- hahn	5·0	0
23. Hempstrasse, Abessiner, reicht bis unter die Thonschicht.	8	21./4. 28./4.	Pumpe „	0·8 1·0	0 0
24. Hempstrasse, ⁴ angeblich 100 Jahre alter, oben offener Kesselbrunnen, reicht bis unter die Thonschicht. (Vgl. S. 30.)	4	21./4. 28./4. 22./5.	Pumpe „ „	4·0 4·0 3·5	2·0 0·05 0
Oestliche Vorstadt (r. Ufer). (Vgl. S. 31 u. 32.)					
25. Krankenanstalt, 1893 erbauter, innen etwa 0·5 ^m weiter Röhrenbrunnen; wird nur selten benutzt. (Erdschichten s. Tabelle I.)	9·5	14./4.	Lufthahn	2·0	—
26. Verläng. Uhlandstrasse, Abessinerbrunnen, reicht bis unter die Thonschicht.	6	6./4. 17./4. 24./5.	Pumpe „ „	6·0 8·0 7·0	0 0 0
27. Grundwasser in der Torfschicht auf der Wisch.	2	13./4.	—	10·0	0
28. Grundwasser unterhalb der Torfschicht, Neubau, am schwarzen Meer.	2	21./3.	—	10·0	0
29. Grundwasser unterhalb der Torfschicht, Neubau, Lüneburger Strasse. (Die Thonschicht war schon ein Monat vor der Entnahme abge- tragen.)	3	12./4.	—	2·0	—

(Fortsetzung.)

Salpeter- säure	Oxydirbar- keit (KMnO ₄)	Chlor	Härte (französ.) Grad	Rückstand 110°	Eisen	Bemerkungen
5.0	—	62	—	—	vorhanden	¹ Ohne Abzug der für das Eisen erforderl. gewesenen Menge KMnO ₄ .
15.0	17.3 ¹	—	22	—	—	
11.0	14.0 ¹	66	26	545	—	
9.0	9.9 ¹	68	24	420	vorhanden	
0	—	60	23	—	vorhanden	⁴ 3 ^m von dem Brunnen befand sich bis vor 3 Mo- naten eine durchlässige Schmutzstätte. ¹ S. oben.
0	17.6 ¹	60	—	448	—	
60.0	—	150	38	—	vorhanden	
60.0	—	144	—	1570	—	
15.0	30.4 ¹	128	33	1325	—	
8.0	14.2 ¹	42	13	428	vorhanden	¹ S. oben.
1.0	13.9 ²	34	—	—	—	² Das Eisen hatte sich vor Beginn der Untersuchung freiwillig abgeschieden. ¹ S. oben.
0	8.4 ²	28	21	305 ²	—	
0	61.7 ¹	30	—	470 ³	12.5	
3.0	47.1	22	7	183	—	³ Vor Ausscheidung des Eisens untersucht.
0	31.6	172	9	—	—	
45	33.8	26	23	—	—	

Tabelle II.

Brunnen Nr.	Tiefe m	Datum	Entnahme- stelle	Ammoniak	Salpetrige Säure
30. ⁵ In der Wisch. Oben offener Kesselbrunnen, vor ca. 20 Jahren erbaut, reicht bis unterhalb der Torfschicht.	5 (2 m Wasser- stand)	13./4. 7./5. 20./7.	— — —	1·5 1·0 1·3	— 0·3 0·3
31. ⁵ In der Wisch. Verdeckter Kesselbrunnen, sonst wie Nr. 30. (Vergl. zu Nr. 31 die Tafel III, Wasserstände der Weser u. s. w.)	4—5 (genauere Angabe nicht zu erhalten)	20./3. 6./4. 16./4. 7./5. 24./5. 20./7. 15./8. 22./8. 27./8. 31./8.	Pumpe „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	9·0 6·0 5·0 4·0 2·0 1·5 4·0 2·5 2·5 2·5	0·6 1·0 2·0 0·8 0·2 0·4 0·05 0 — 0
32. Fabrikbrunnen zu Hemelingen, (auf preussischem Gebiet, hart an der Ostgrenze des Bremer Ge- bietes). 1889 erbaut. Röhren- brunnen, Weite des inneren Rohres ca. 80 cm. Erdschichten s. Tab. I.)	17	20./8.	Luftbahn	1·8	0
Brunnen an der Nordgrenze des Bremer Gebietes.					
33. Schulbrunnen zu Timmersloh. ⁶ Abessinerbrunnen, Juli 1894 er- baut. (Erdschichten s. Tabelle I.) Reicht bis unterhalb der Thon- schicht.	4·5	24./7.	Pumpe	6·0	0
34. Schulbrunnen zu Niederblockland. ⁶ Abessinerbrunnen. Zeit der Er- bauung und Tiefe unbekannt (liegt zweifellos unterhalb der Thon- schicht).	—	16./4.	Pumpe	3·0	0
35. Schulbrunnen zu Lehesterdeich. ⁶ Verdeckter Kesselbrunnen. Etwa 1870 erbaut.		18./4.	Pumpe	0·5	0·2

(Fortsetzung.)

Salpeter- • säure	Oxydirbar- keit (KMnO ₄)	Chlor	Härte (französ.) Grad	Rückstand 110°	Eisen	Anmerkungen
55	138·0	128	—	—	—	⁵ Wasser völlig klar, goldgelb. Brunnen Nr. 30 ist nach Lage und Bauart nicht vor den unmittelbarem Eindringen von Abwässern des benachbart liegenden Gehöftes geschützt; bei Brunnen Nr. 31 liegt der Spülplatz der Hausgeräte ca 1 ^m vom Brunnenkessel entfernt. 5, bzw. 10 ^m entfernt liegt im Frühling gedüngtes Ackerland.
320	120·9	124	44	1150	—	
240	140·0	130	37	—	—	
300	—	216	—	—	—	
300	—	168	—	—	—	
300	118·5	160	—	1890	—	
400	115·9	128	50	1530	—	
400	87·2	110	—	—	—	
320	88·4	104	28	—	—	
—	—	98	24	—	—	
200	—	96	23	970	—	
—	—	—	—	—	—	
200	—	96	—	—	—	
12	8·1 ¹	37	9·5	250	2·0	
0	96·3 ¹	22	12	213	1·0	⁶ Wasser völlig klar, goldgelb. ¹ Siehe oben.
3	—	70	—	258	—	
150	70·5	400	35	1240	—	

Tabelle II.

Brunnen Nr.	Tiefe m	Datum	Entnahme- stelle	Ammoniak	Salpetrige Säure
Linkes Weserufer.					
a) Brunnen am Deich zu Woltmershausen.					
36. Abessinerbrunnen. 1892 erbaut, reicht bis unterhalb der Thonschicht.	5	15./5.	Pumpe	6·0	0
37. Abessinerbrunnen. ² 1892 erbaut, liegt auf den Dünen- erhebungen und reicht nicht bis unterhalb der Thonschicht.	5	15./5.	Pumpe	0	0
b) Brunnen nahe der südöstlichen Vorstadt.					
38. Maschinenbrunnen. Röhrenbrunnen, ca. 1892 erbaut. Weite des inneren Rohres ca. 0·70 cm. Erdschichten s. Tab. I.	46	15./3.	Lufthahn	1·8	0
		20./3.	„	2·0	0
		10./5.	„	5·0	0
		24./7.	„	3·5	0
39. Maschinenbrunnen. Röhrenbrunnen. Weite des in- neren Rohres ca. 0·50 m. Erbaut ca. 1890.	20	6./3.	Lufthahn	0·8	0
		16./3.	„	1·2	0
		22./5.	„	0·8	0
		24./7.	„	1·5	0
40. Maschinenbrunnen. Wie Nr. 39, erbaut April 1893. Erdschichten s. Tabelle I. (Nr. 38—40 sind in täglichem Ge- brauch und liefern 50 bis 200 cbm Wasser täglich; der hohe Chlor- gehalt von Nr. 38 und 40 steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Salzgehalt des Bodens bei Grolland 3 bis 4 Kilometer westlich.)	16	4./12. 93	Lufthahn	—	—
		5./3. 94	„	4·0	0
		6./4.	„	2·0	0
		10./5.	„	3·5	0
		24./7.	„	3·5	0
		30./8.	„	—	—

(Fortsetzung.)

Salpeter- säure	Oxydirbar- keit (KMnO ₄)	Chlor	Härte Grad	Rückstand 110°	Eisen (Fe)	Anmerkungen
0	22.7 ¹	40	18	440	10.0	¹ Nach Abzug der für das Eisen verbrauchten Mengen KMnO ₄ 8.1.
130	4.7	110	22	890	0	² Der Brunnen liegt 8 m vom Ackerland entfernt.
0	13.0 ³	232	9	—	—	³ Eisen war ausgefallen vor der Untersuchung.
0	—	216	—	—	—	
1.0	20.1 ⁴	88	9.5	575	6.0	⁴ Ohne Eisen 12.4.
1.0	16.7 ⁵	72	8.5	—	—	⁵ Ohne Eisen 10.5.
0	11.0 ⁶	60	—	—	—	} ⁶ Eisen war z. Th. vor der Untersuchung ausgefallen.
0	11.0 ⁶	74	14	—	—	
1.0	16.5 ⁷	50	18.5	424	16.0	⁷ Ohne Eisen 6.3.
0	11.8 ⁸	54	17	—	—	⁸ Ohne Eisen 3.7.
0	—	456	21	—	—	
0	23.0	432	—	—	—	
0	16.4	540	—	—	—	
0	16.1 ⁹	536	—	1320	—	⁹ Ohne Eisen 9.3.
0	18.6	520	—	—	—	
0	—	460	24	—	6.0	

Tabelle III. Untersuchung der beiden Brunnen des Wasserwerkes

Wasserprobe	Datum	Entnahmestelle	1. Chemisch (mgm im Liter)							
			Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Oxydirbarkeit (mgm K Mn O ₄ im Liter)	Chlor	Gesamthärte (französisch)	Rückstand bei 110°	Eisen
	Brunnen I.									
1	18./1. 11 ^h	Lufthahn der Maschine	0·5	0·2	50	—	64	—	—	—
2	30./1. 11 ^h	„	0·8	0·5	50	—	—	—	—	—
3	11 ^h	Brunnenschacht	0·1	0	50	—	—	—	—	—
4	2 ^h 30	Lufthahn	0·8	0·5	50	—	—	—	—	—
5	7 ^h	„	1·0	0·5	40	—	—	—	—	—
6	31./1. 1 ^h	„	1·0	0·55	50	—	—	—	—	—
	n. 5 stünd. Pump. entn.									
7	18./5. 2 ^h 50	„	0·8	0·5	30	—	—	—	—	—
8	3 ^h 20	„	0·7	0·5	35	27·0	64	11°	420	—
9	5 ^h	„	—	0·55	40	—	—	—	—	—
10	6./8. 10 ^h	„	—	0	—	—	29	9·5°	—	0·1
11	10./8. 4 ^h	„	1·2	0	45	—	—	9·5°	—	—
	Brunnen II.									
12	18./1. 11 ^h	„	1·0	0	20	—	35	—	—	—
13	30./1. 11 ^h	„	0·6	0	20	—	—	—	—	—
14	11 ^h	Brunnenschacht	0·2	0	50	—	—	—	—	—
15	31./1. 10 ^h	Lufthahn	0·8	0	55	—	—	—	—	—
	(nach 1 1/2 stünd. Pump.)									
16	18./5. 2 ^h 50	„	0·8	0·05	60	—	—	—	—	—
17	3 ^h 20	„	—	0	65	14·6	36	10°	310	—
18	6./8. 10 ^h	„	—	0	—	—	34	—	—	0·6
19	10./8. 4 ^h	„	0·7	0	42	—	—	11°	—	—
	Wasserpfosten.									
20	18./1. 1 ^h	Hafenstrasse	0·5	Spur	50	—	—	—	—	—
21	30./1. 3 ^h	Buchtstrasse	0·5	0·4	50	—	—	—	—	—
22	18./5. 5 ^h	Hafenstrasse	0·2	0·2	45	—	48	10°	—	—
	Grundwasser.									
23	18./5.	in 4 ^m Tiefe zwischen beiden Brunnen entnommen	0·5	0	60	28·2	36	12°	320	—

Vegesack 1894. (Reihenfolge der Erdschichten siehe Tabelle I.)

2. Bakteriologisch.				Bemerkungen.
a) Fleischwasserpeptongelatine		b) Peptongelatine		
gezählt nach		gezählt nach		
3 bis 4 Tagen.	6 bis 12 Tagen	3 bis 4 Tagen	6 bis 12 Tagen	
Anzahl d. Keime in 1 ccm	in 1 ccm	in 1 ccm	in 1 ccm	
180 ¹ , keine verflüss.	—	—	—	¹ Gelatine schwach alkalisch = Acid 16 (auf Phenolphthalein neutralpunkt geprüft).
132 ² , 0 verflüss.	—	2600, 8 verfl.	4400, 8 verflüss., ca. 800 B. font. roseum und 800 B. f. flavum	
—	—	—	—	² Gelatine stark alkalisch = Acid 8.
228 ¹ , 4 verflüss.	—	—	4800, keine verflüss., sonst wie oben.	
—	—	—	4800, wie vorstehend.	³ Nach 5 Tagen gezählt.
1760 ² , 20 verflüss.	—	—	6000, ca. 6000 B. font. ros. und 1000 B. font. flav.	
—	—	—	—	⁴ Nach 12 Tagen gezählt.
—	—	—	—	
{ 800 ² , 10 verflüss.	870, 42 verfl.	1600, 100 verfl.	5000, 100 verflüss., 500 B. font. roseum.	
{ 228 ¹ , 12 verflüss.	—	1120, 24 verfl.	3040, 24 verflüss., 400 B. font. roseum.	
—	—	—	—	
{ 26 ¹	—	—	—	
{ 180 ² , 0 verflüss.	800, 0 verfl.	1000, 0 verfl.	3000, 0 verflüss., 80 B. font. ros., 100 B. font. flav.	
230 ¹ , dav. 8 B. fluor. liq.	—	—	—	
96 ¹ , 8 verflüss.	—	1000, 120 verfl.	3000	
—	—	—	—	
—	—	200, 0 verfl.	2123, 10 B. font. flav.	
46, 3 B. fluor. liq.	—	1368	2880. keine verflüss., keine B. font. roseum, 240 B. font. flavum.	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
58, 2 B. fluor. liq.	—	—	—	
{ 90 ¹	90 ¹	800	1320 ³	
{ 180 ²	330 ²	—	—	
103 ² , 0 verflüss.	120 ² , 0 verfl.	352, 35 verfl.	1184 ⁴ , 35 verflüss., 80 B. font. ros.	
—	—	—	—	

Tabelle III. (Fortsetzung.)

Pumpzeiten der Brunnen I und II. Vegesack vom 8. Januar bis
10. August 1894.

Brunnen I: Nach Monate langer Ruhe zuerst am 18./1. 94 112 ^{cbm},
dann am 30./1. 300 ^{cbm},
 „ 31./1. 137 „
 „ 29./3. 100 „
 „ 15./4. 100 „
 10., 11., 17., 18. Mai ca. 150 ^{cbm} täglich.

Vom 18. Mai bis 29. Juli täglich ca. 150 ^{cbm}. 6. August 200 ^{cbm}.
10. August 50 ^{cbm}.

Brunnen II: 8./1. bis 18./5. täglich ca. 150 ^{cbm}. Dann:

20./5.	4./6.	2./7.	
23./5.	9./6.	7./7.	28./7. bis 4./8. und
26./5.	30./6.	10./7.	6./8. bis 10./8. täglich
		16./7.	ca. 100 bis 200 ^{cbm} .
		22./7.	
		25./7.	

