Zeitschrift: Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft

Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft

Band: 8 (1866-1867)

Artikel: Das Blei als Material für Trinkwasser-Leitungen

Autor: Rehsteiner, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-834476

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

IX.

Das Blei als Material für Trinkwasser-Leitungen.

Von

C. Rehsteiner, Apotheker.

Eine in öffentlichen Blättern öfters erscheinende Empfehlung von Bleiröhren für Wasserleitungen, sowie der von der Sanitätsbehörde mir gewordene Auftrag, über die Zulässigkeit von Blei zu Trinkwasserleitungen zu referiren, waren die Veranlassung, diesem Gegenstand nähere Aufmerksamkeit zu widmen. Derselbe dürfte auch für weitere Kreise nicht ohne Interesse sein, da Bleiröhren überall noch ebenso sehr verbreitet sind, als die Ansichten über ihre Einwirkung auf das durchlaufende Wasser bei Laien und bei Sachverständigen divergiren.

Im Jahre 1237 erhielt die Stadt London einen Schenkungsbrief von dem Gutsherrn des damaligen Dorfes Tyburn, worin er einige Quellen in der Nähe seines Gutes jener Stadt überlässt. Aus diesen Quellen wurde das Wasser durch lederne Röhren von 6 Zoll Weite nach London gebracht. Im Jahre 1285 wurden jene Lederröhren durch solche aus Blei ersetzt und die Wasserleitung mit Steinen eingefasst*).

Seit wenigstens 600 Jahren dient also das Blei zu Wasserleitungsröhren. Man sollte wohl glauben, dass nach einer

---

*) Reich, Bromatologie Bd. II. S. 33.

Erfahrung mehrerer Jahrhunderte und bei dem grossartigen Fortschreiten der Technik und der Wissenschaft über das gegenseitige Verhalten von Blei und Wasser längst ein abgeschlossenes, klares Wissen vorliege. Dass dem nicht so ist, dies vielmehr noch eine Frage voller Widersprüche bildet, davon überzeugt uns die bis auf die jetzige Zeit diesen Stoff behandelnde Literatur.

Sehen wir uns darin um, soweit dieselbe uns bekannt und zugänglich geworden.

Nach Dr. Smith sind in Manchester einige ernstliche, sogar tödtliche Vergiftungen durch Trinkwasser aus Bleileitungen vorgekommen. Nach seiner Ansicht kann $^1/_{400}$ Gran Blei per Pfund Wasser für viele Personen schädlich sein, während Andere durch $^1/_{100}$ Gran per Pfund nicht afficirt werden.

Crace Calvert in Manchester hat in Verbindung mit einer Specialkommission das dortige Wasser qualitativ und quantitativ untersucht, und er ist durch mehr als 300 Proben während des Zeitraumes von mehr als einem Jahr zu folgenden Resultaten gelangt: „Das der Stadt Manchester gelieferte Wasser, welches durch ein Speiserohr aus Blei geleitet wird, enthielt 4 Tage lang eine beträchtliche Menge Bleiverbindungen; dann nahmen letztere während 6 Wochen allmälig ab, wonach das Wasser aufhörte, Blei aufzunehmen. Wenn man aber das Wasser in dem Rohr während 12 Stunden in Berührung liess, so war seine Wirkung auf dasselbe noch sehr auffallend ($^1/_{50}$ Gran per Pfund) *).

Dr. Clark erzählt, dass auf einer Villa des Lord Aberdeen sämmtliche Dienerschaft erkrankte, wobei man sich unfehlbar überzeugte, dass das Trinkwasser, welches bleihaltig war, die Schuld an dem Uebel trug.

*) Dingler, polyt. Journal. Bd. 162. S. 222.

Ziemlich allgemein bekannt ist der Fall von Claremont, dem Landsitz in England, auf welchem die Familie des exilirten Königs Louis Philippe wohnte. Daselbst waren ebenfalls Erkrankungen vorgekommen, die Anfangs den Verdacht absichtlicher Vergiftung erregten, sich aber bald als durch den Genuss von bleihaltigem Trinkwasser entstanden herausstellten *).

Ueber ein interessantes Beispiel von der Gefährlichkeit bleiener Wasserleitungsröhren berichtet Otto in seinem „ausführlichen Lehrbuch der anorganischen Chemie“ (Bd. 3. Seite 279): Eine Röhrenleitung in Braunschweig, welche einem Hause zwei Jahre lang ein tadelloses Wasser geliefert hatte, gab im Jahr 1854 plötzlich ein Wasser, in welchem das Blei durch den Geschmack erkannt, und welches durch Schwefelwasserstoff gebräunt wurde. Die Röhren waren verzinnt.

Professor Phœbus in Giessen meint, dass der Genuss von bleihaltigem Wasser vielleicht mehr Menschen umgebracht habe, als Pest oder gelbes Fieber!

Neben den Fällen von Poitou in Frankreich und Devonshire in England zitirt unser verehrtes Vereinsmitglied Dr. Sonderegger in einer wohlbegründeten öffentlichen Warnung (St. Galler Tagblatt vom 17. Februar 1866) die Autoritäten Liebig, Tauquerel, Tardieu, Casper, Poppenheim u. A. als solche, welche Bleivergiftungen durch Trinkwasser notiren und ausführlich besprechen.

Diesen einzelnen Thatsachen gegenüber wird von Andern hervorgehoben, dass an zahlreichen Orten Bleiröhren seit vielen Jahren als Wasserleitung benutzt werden, ohne dass man dabei irgend nachtheilige Folgen für die Gesundheit bemerkt habe. — Ganz besonders bemühen sich manche Tech-

*) Bolley, chemische Technologie des Wassers. Bd. 1. S. 95.

niker des Bauhandwerkes, ihr Publikum von der vollständigen Harmlosigkeit der bequemen Bleileitungen zu überzeugen.— In einem, wie es scheint, sonst ganz gediegenen Werkchen über Wasserleitungen für das Haus (von Architekt Stegmann) lesen wir bei einer Kritik des Materials für Wasserleitungen Folgendes: „Es ist viel von der Schädlichkeit bleiener Wasserleitungsröhren für die Gesundheit der Menschen die Rede gewesen; — die Erfahrung hat jedoch gelehrt, dass die Befürchtung eine unbegründete war. — Bei der Anlegung einer Wasserleitung für Berlin sind darüber viele Versuche angestellt worden, und sie stimmen dahin überein, dass das Wasser in den bereits seit Dezember 1855 benützten Bleiröhren sowohl von aufgelösten Bleisalzen, als auch von suspendirtem metallischem Blei vollständig frei ist, und daher gegen die Verwendung von Bleiröhren zu Wasserleitungen weder sanitätspolizeiliche noch sonstige Bedenken vorliegen.“ Derselben Ansicht ist der in neuerer Zeit durch seine Lehre vom Grundwasser und dessen Zusammenhang mit der Cholera auch in weitern Kreisen bekannte Dr. Max Pettenkofer. Im Bayerischen Kunst- und Gewerbeblatt [1]) spricht derselbe über den Einfluss metallener Wasserleitungsröhren auf die Beschaffenheit des Trinkwassers. Vom chemischen Standpunkt aus theilt er die in Frage kommenden Metalle ein in solche, welche sich unter Zersetzung des Wassers auf Kosten des in ihm gebundenen Sauerstoffs oxydiren (Eisen und Zink) und solche, welche nur bei Gegenwart von freiem (atmosphärischem) Sauerstoff, oder auf Kosten des Sauerstoffes gewisser Säuren oxydirt werden (Blei, Zinn und Kupfer). Das Zink wird fast unter allen Umständen angegriffen und ist daher für Wasserleitungen unbrauchbar. „Das Blei löse sich im Wasser nur im Ver-

*) 1864. S. 682.

hältniss des in demselben enthaltenen Sauerstoffes*), wesswegen Regenwasser und der Luft ausgesetztes destillirtes Wasser das Blei am meisten angreifen. Sofern das Wasser nicht in Berührung mit Luft in den Röhren stagnirte, habe man niemals von der Anwendung des Bleies zu Wasserleitungen nachtheilige Folgen für die Gesundheit gesehen. Auch die neuesten Untersuchungen der Obersanitätsbehörde in London haben keine Anhaltspunkte geliefert, das Blei für kleine Zweigleitungen des filtrirten Themsewassers zu beanstanden."

In Dingler's polytechnischem Journal, Band 144, sind durch Sicherer die Beobachtungen von Noad und von Medlock niedergelegt. Dr. Noad in London untersuchte 3 verschiedene Wasser, welche sämmtlich das Blei stark angegriffen hatten, jedoch in ihren chemischen Bestandtheilen bedeutend von einander abwichen. Bei dem einen waren salpetersaure Salze, beim andern organische Substanzen, und beim dritten kohlensaure Alkalien vorherrschend, und diese wurden jeweilen als bleiangreifende Ursache betrachtet.

Der Chemiker Dr. Medlock in London veröffentlichte in einer englischen pharmaceutischen Zeitschrift eine Abhandlung über „die Wirkung gewisser Wasser auf Blei." Seine Beobachtungen führten ihn zu der Ansicht, dass gewöhnliches und destillirtes Wasser einzig und allein in Folge des darin enthaltenen salpetrigsauren Ammoniakes auf das Blei einwirken **).

---

*) Im Widerspruch mit den Resultaten der weiter unten mitgetheilten Versuche (Nr. 5).

**) Während ich diesem Salze die alleinige Wirkung auf Blei entschieden bestreiten muss, glaube ich immerhin, dass dasselbe in besprochener Richtung eine grössere Rolle spielt, als gewöhnlich angenommen wird. Erst in neuerer Zeit wurde man aufmerksam auf die mannigfaltigen Wirkungen dieses Salzes, welches vermöge seiner unausgesetzt thätigen chemischen Kräfte (hier oxydirend, dort redu-

Bekanntlich hat Böttger schon längst darauf hingewiesen, dass bei jedem Verbrennungsprozess in der atmosphärischen Luft ohne alle Ausnahme salpetrigsaures Ammoniak gebildet wird, dass mithin auch in der atmosphärischen Luft, sowie in den in ihr sich bildenden wässrigen Niederschlägen genanntes Salz enthalten und nachweisbar sein müsse. Dass das Ammoniak des Regenwassers nicht an Kohlensäure, sondern an salpetrige Säure gebunden ist, haben Schönbein und nachher Bohlig constatirt (Böttger's Notizblatt. 1863, Nr. 6).

In einer Sitzung unserer naturwissenschaftlichen Gesellschaft hat Herr Prof. Dr. Kaiser ebenfalls an die Entstehung der salpetrigen Säure in der atmosphärischen Luft erinnert, als ich die Bildung der salpetrigen und der Salpetersäure aus Ammoniak und Sauerstoff unter dem Einfluss von glühendem Platin durch das Experiment mittheilte (Kraut'scher Versuch). Während hiebei, durch die hohe Temperatur begünstigt, die Reaktion eine energische, rasche, leicht wahrnehmbare ist, haben wir, nach Bertholet und St. Gilles*), einen ganz analogen Vorgang, wenn Ammoniak bei Zutritt der Luft auf Kupfer einwirkt. Es entsteht dabei, wenn auch langsam und in kleiner Menge, salpetrige Säure, und zwar immer in einem konstanten Verhältniss. Zu dem Kupfer tritt immer die doppelte Menge Sauerstoff wie zu dem Ammoniak:

---

cirend) im Stande ist, durch kleine Mengen grosse, wichtige Prozesse im Haushalte der Natur einzuleiten. Auch manche bisher anders gedeutete Vorgänge im Alltagsleben (Rasenbleiche, — Rosten des Eisens etc. etc.) sind ohne Zweifel auf die chemische Aktivität des salpetrigsauren Ammoniakes zurückzuführen. Ich habe mir daher eine kurze Abschweifung erlaubt, um für einen Theil unserer Leser einige einschlagende Entstehungsweisen dieser chemischen Verbindung zu berühren.

*) Compt. rend. T. XVI. P. 1171.

$$\left.\begin{array}{l} 6\ O + NH_3 = NO_3 + 3\ HO \\ 12\ O + 12\ Cu = 12\ CuO \end{array}\right\} \text{gleichzeitig.}$$

Diese Contaktwirkung auf das Ammoniak, welche hauptsächlich dem Platin und dem Kupfer zugeschrieben wurde, zeigen nach Dingler*) wahrscheinlich auch die andern Metalle in geringem Grade, z. B. Blei und Eisen, wodurch der begünstigende Einfluss der organischen Materien auf die Löslichkeit von Blei in Wasser erklärt wird. Wenn nämlich ein Wasser stickstoffhaltige organische Substanzen aufgelöst oder suspendirt enthält, so entsteht bei deren Verwesung Ammoniak, aus diesem in soeben besprochener Weise durch die Contaktwirkung des Blei die salpetrige Säure, welche sich zum Theil mit dem Ammoniak verbinden wird und nach der Ansicht von Medlock als Ammoniaksalz bleilösend wirkt, wahrscheinlich aber auch direkt das Blei oxydirt und in grösserer Menge zur Lösung bringt.

Dieser Prozess geht in der Praxis ohne Zweifel da vor sich, wo bei gebrauchten bleienen Wasserleitungsröhren aus irgend einem Grunde der Wasserdurchfluss für einige Zeit unterbrochen wird. Die adhärirende Feuchtigkeit im Verein mit den wohl nie fehlenden organischen Substanzen können die Bildung von Ammoniak und salpetriger Säure verursachen und auf der Innenseite der Röhre lösliches Bleisalz bilden, welches sich dem ersten in der Folge durchströmenden Wasser in verhältnissmässig bedeutender Menge mittheilen wird. So erkläre ich mir die Thatsache, dass bei meinem Privatbrunnen, welcher wegen Reparatur für 3 Monate (1865) abgestellt werden musste, das Wasser beim Wiederfliessen während der ersten paar Stunden einen sehr deutlichen Bleigehalt zeigte, welcher nach und nach abnahm und endlich

*) Polytechn. Journal. Bd. 144. S. 287.

ganz verschwand. Seit dieser Zeit konnte nie mehr Blei nachgewiesen werden, obschon allmonatlich eine oder mehrere Proben genommen wurden.

Auf diese Weise ist gewiss schon öfters vorübergehend hier und dort Wasser bleihaltend geworden, z. B. bei dem früher üblichen Abstellen der Privatbrunnen bei Wassermangel in Folge anhaltender trockener Witterung.

Der direkten Einwirkung des in der Atmosphäre enthaltenen salpetrigsauren Ammoniakes dagegen schreibe ich den Umstand zu, dass die Bleiröhren, welche zu den Versuchen dienten, nach wochenlangem Unterbruch den ersten Portionen Wasser jeweilen einen ungleich grössern Bleigehalt sogleich mittheilten, als dies selbst bei längerm Liegen des Wassers nachher der Fall war, nachdem das in der Zwischenzeit gebildete Bleisalz einmal weggespült war. Auf dieselbe Ursache ist wohl die von Mehreren erwähnte Thatsache zurückzuführen, dass neue Bleiröhren dem Wasser bedeutendere Bleimengen mittheilen konnten, während dasselbe Wasser später kein Blei mehr aus derselben Röhre löste.

Kehren wir nun wieder zu unserer Rundschau in der Literatur zurück!

Eine sehr interessante Abhandlung über „Wasser in Metallröhren“ verdanken wir Dr. Kersting in Riga, welcher von der Direktion der dortigen neuen Wasserwerke den Auftrag erhalten hatte, die lautgewordenen Befürchtungen wegen der Schädlichkeit der bleienen Röhren auf ihr richtiges Mass zurückzuführen*). Er liess die 4 in Gebrauch kommenden Wasser (1 weiches Kanalwasser, 1 weiches Flusswasser und 2 harte Pumpwasser) in Röhren aus Blei, Kupfer, Schmiede-

*) Dingler, polyt. Journal. Bd. 169. S. 183.

eisen und Gusseisen kürzere und längere Zeit liegen, und bestimmte die durch das Wasser aufgenommene Bleimenge durch Vergleichung mit der durch Schwefelwasserstoff hervorgerufenen Farbe von sehr verdünnten titrirten Bleilösungen. Diese Versuche wurden ausgedehnt auf reines destillirtes Wasser, auf destillirtes Wasser mit $^1/_{100}$ salpetersaurem Kali, destillirtes Wasser mit $^1/_{100}$ salpetersaurem Ammoniak und destillirtes Wasser mit $^1/_{100}$ kohlensaurem Natron. Die Resultate dieser Versuche von Kersting resümiren sich in folgender Weise:

I) In Bezug auf die Wassersorten. Die weichen Wasser des Kanales und der Düna hatten 4 Mal mehr Blei gelöst, als die harten Pumpwasser. Da aber destillirtes Wasser noch weniger Bleigehalt zeigte, so konnte die Weichheit des Fluss- und Kanalwassers nicht den grössern Bleigehalt bedingen.

Mit Ausnahme des salpetersauren Ammoniakes tragen die salpetersauren Salze wenig oder gar nichts zur grössern Löslichkeit bei *). Wasser mit kohlensaurem Alkali dagegen greift das Blei am stärksten an, während Eisen hiedurch fast gar nicht afficirt wird. Kupfer wurde am stärksten aufgelöst durch salpetrigsaures Ammoniak, woran das Ammoniak die Ursache sein müsse, da die Salpetersäure im Kalisalz wenig wirke.

II) In Bezug auf die Metalle. Blei löste sich fast immer am wenigsten auf; im Allgemeinen wurde das Eisen am stärksten angegriffen; der Eisengehalt mit Einschluss des suspensirten Oxydes war 10 Mal so gross als der Blei- und Kupfergehalt.

---

*) Nicht übereinstimmend mit den Beobachtungen von Nevius und von Rehsteiner.

III) In Hinsicht auf die Zeit bemerkt Kersting, dass die Röhrenwasser in einer halben Stunde sehr viel weniger aufnahmen, als in 12 und 24 Stunden, dass aber nach dieser Berührungszeit der Metallgehalt im Allgemeinen nicht weiter zunahm.

Kersting hat berechnet, dass jede Person in Riga durch die neue Wasserleitung täglich $^1/_{60}$ Gran, monatlich $^1/_2$ Gran, jährlich 6 Gran Blei (entsprechend einer beinahe doppelt so grossen Quantität Bleizucker) mit dem Wasser als Speise und Trank geniesst. Aus der Abnutzung einer Bleiröhre der alten Wasserleitung berechnet er, dass jeder Bewohner von Riga seit 30 Jahren täglich $^1/_{100}$ Gran Blei zu sich genommen habe.

Varrentrapp*) bemerkt mit Recht, dass sich leicht gegen diese Berechnung Einwände erheben lassen. Es habe sich z. B. nicht alles Blei, welches sich oxydirte, in dem Wasser aufgelöst, im Gegentheil habe sich ein grosser Theil der gebildeten Bleisalze in den Reservoirs und Röhren wieder abgesetzt und sich dem Genuss entzogen. Wenn aber die Rigaer Gouvernements-Medizinalverwaltung, gestützt auf Kerstings Berechnung, sich dahin ausspreche: „dass die Bleikrankheit selten vorkomme und nur bei Einwirkung weit bedeutenderer Mengen dieses Metalls auf den menschlichen Organismus, und dass demnach jede Furcht vor der Möglichkeit einer gesundheitsschädlichen Einwirkung beim Genusse des durch das neue Wasserwerk in Riga geführten Wassers entschieden als durchaus unbegründet zurückgewiesen werden könne**), — so zeige dies nicht die richtige Auffassung der Frage. Es sei ja völlig unbekannt, ob nicht seit lange fortdauernd bei empfindlicheren Naturen manche Leiden eben

*) Dingler, polyt. J. Bd. 175. S. 286.

**) Dingler, polyt. J. Bd. 169. S. 189.

von dem Bleigenuss im Wasser herrühren. — Varrentrapp giebt in seiner Abhandlung auch mehrere geistreiche, leider nicht experimentell bewiesene Gedanken zur Erklärung der widersprechenden Angaben über die Löslichkeit von Blei in Wasser. Der Raum erlaubt nicht, darauf näher einzutreten.

Nicht übergehen dürfen wir dagegen die Versuche der berühmten Londoner Chemiker Graham, Hoffmann und Miller, auf welche Bolley in seiner vorzüglichen Technologie des Wassers (pag. 95) grossen Werth legt. Dieselben haben Folgendes festgestellt:

„1) Reines destillirtes Wasser mit feinvertheiltem Blei (dem pyrophorischen Blei aus weinsaurem Bleioxyd), während 24 Stunden zusammengebracht, löst ziemlich viel Blei auf.

2) Die Einwirkung destillirten Wassers auf kohlensaures Bleioxyd war dagegen so gering, dass nur 1 Theil Blei in 4 Millionen Theilen Wasser in Lösung gingen.

3) Destillirtes Wasser, dem 3 Volumen Kohlensäure beigemischt waren, löste nichts von dem feinvertheilten metallischen Blei auf, über dem man es 24 Stunden stehen liess.

4) Nur ein grosser Ueberschuss von CO_2, wie er wohl nur in Mineralwassern vorkommt, kann durch Bildung doppeltkohlensaurer Salze begünstigend auf die Löslichkeit des Bleies wirken*).

5) Gewisse Salze befördern die Löslichkeit des Bleies, namentlich Chloride und salpetersaure Salze.

6) Den schwefelsauren Salzen schreibt man zuweilen schützende Wirkungen zu; diese Ansicht ist unrichtig.

---

*) Bemerkenswerth bei Siphons-Röhren aus bleihaltigem Zinn!

7) Wenn irgend welche Salze Schutz gewähren, so ist es der in überschüssiger CO_2 gelöste kohlensaure Kalk.

8) Organische Materien, im Wasser enthalten, bewirken, dass das Blei stark angegriffen wird, eine Thatsache, die man an unrein gehaltenen Reservoiren sehr deutlich bemerkt."

In Dingler's polytechnischem Journal (Bd. 180. Heft 5) referirt Professor Stahlmann in Braunschweig über seine Beobachtung, dass ganz kleine, begrenzte Spuren von Ammoniak oder Ammoniaksalzen (1 bis $1^1/_2$ Tausendstel Prozent) dem Wasser die Eigenschaft mittheilten, das Blei anzugreifen, während schon eine ganz mässig erhöhte Menge, z. B. $^3/_{1000}$ Prozent Ammoniak, diese Eigenschaft wieder aufhebe. Im Fernern sagt Stahlmann, dass der Angriff des aktiven Wassers auf Blei an den Zutritt der Luft gebunden, und dass auch bei Gegenwart von freier Kohlensäure ein Abschluss der Luft der Corrosion hinderlich sei, wie auch, dass bei Abwesenheit von Kohlensäure die Berührung mit der Luft nicht genügend erscheine.

Den neuesten Beitrag zur Literatur der uns beschäftigenden Frage fand ich in Böttger's Polytechn. Notizblatt (1867 Nr. 17), wo der Herr Redaktor die Ansicht ausspricht, dass irgend ein Carbonat des Ammoniaks, entweder das anderthalb- oder das doppeltkohlensaure Ammoniak es sein müsse, welches im gewöhnlichen destillirten Wasser die Corrosion des Bleies verursacht.

Nachdem wir nun die zu Gebot stehende Literatur durchgangen haben, werden die meisten der geneigten Leser die Ansicht theilen, dass es schwierig ist, die widersprechenden Angaben in Einklang zu bringen. Um sich selbst ein Urtheil zu bilden, mussten die bisherigen Versuche kontrolirt werden.

Obschon mit schwacher Hoffnung, nach so vielen Versuchen Anderer, aus dem Labyrinth herauszukommen, betrat ich den Weg des Experimentes mit dem Vorsatz, keine Mühe zu sparen.

Zunächst entschloss ich mich, das Wasser sämmtlicher öffentlicher Brunnen der Stadtgemeinde auf Blei zu untersuchen. Dieselben, 59 an der Zahl, werden von 14 verschiedenen Quellen gespeist und besitzen bis dato ohne Ausnahme als Zweigleitung Bleiröhren*), während die Hauptleitungen zum Theil aus Holz, zum Theil aus Eisen bestehen. Einer der Brunnen hatte eine nur 1 Jahr alte, über 100 Fuss lange Bleiröhre (die alte war von aussen her vollständig corrodirt). — Die Prüfung auf Blei wurde im Verlauf eines Jahres sowohl bei diesen öffentlichen als auch bei einer Anzahl Privatbrunnen zu allen Jahreszeiten ausgeführt, und absichtlich theils nach sehr trockener Witterung bei kleinstem Wasserstand, theils nach starken Regen und Gewittern, theils bei gewöhnlichem Wasserstand. Ganz gegen mein Erwarten hat sich das Wasser dieser sämmtlichen Brunnen als durchaus frei von Blei erwiesen.

Man wird fragen, ob sich die kleinen, allenfalls vorhandenen Spuren nicht der Beobachtung entzogen haben? — wie gross die in Wasser gelöste Menge Blei sein müsse, um sicher erkannt zu werden?

Um hierauf eine Antwort geben zu können, welche Anspruch auf Zutrauen machen kann, habe ich die Empfindlichkeit der gebräuchlichen Reagentien auf Blei durch sehr verdünnte titrirte Bleilösungen geprüft.

Durch chromsaures Kali konnte $^1/_{10000}$ Blei nicht mehr

*) Bei Renovationen werden dieselben von nun an durch Eisenröhren ersetzt.

nachgewiesen werden, während Schwefelsäure noch deutliche weisse Trübung und Niederschlag von schwefelsaurem Bleioxyd, — Jodkalium einen starken gelben Niederschlag von Jodblei, — Schwefelwasserstoff eine dunkelbraune Färbung durch Schwefelblei ergaben. — Bei $^1/_{100000}$ Bleigehalt konnten weder mit Schwefelsäure noch mit Jodkalium sogleich bemerkbare Reaktionen mehr erhalten werden. Schwefelwasserstoff färbt auch diese Verdünnung deutlich braungelb. Um möglichst weit gehen zu können, wurden die Reaktionen in hohen, höchst reinen, weissen Gläsern vorgenommen, wobei in der hohen Wasserschicht mit sehr weissem Untergrund auch noch $^1/_5$ Milliontel Bleigehalt durch einen unverkennbaren gelblichen Ton nachgewiesen wurde. In keinem der erwähnten Brunnenwasser hat Schwefelwasserstoff eine ähnliche Reaktion hervorgerufen. Es kann also mit Bestimmtheit gesagt werden, dass dieselben nicht $^1/_{5000000}$ ($^1/_{50000}$ Prozent) Blei enthalten. Die Grenze der Empfindlichkeit dieser Bleiprobe kann noch bedeutend weiter hinaus gerückt werden. Bei Anwendung von grossen höchst weissen Gläsern und Vergleichung mit danebenstehendem bleifreiem Wasser manifestirt sich noch 1 Theil Blei in 10 Millionen Theilen Wasser.

Um jedoch auch eventuell vorhandene kleinste Spuren von Blei nachzuweisen und möglichst sicher zu gehen, habe ich bei 3 Brunnen je 5 Pfund Wasser mit Schwefelwasserstoff versetzt, nach 24 Stunden die überstehende klare Flüssigkeit abgegossen, das Sediment (zum grössten Theil ausgeschiedener Schwefel) durch sorgfältiges Dekantiren gesammelt und mit warmer concentrirter Salpetersäure behandelt. Vorhandenes Blei müsste sich hierin aufgelöst haben, und nach dem Verdampfen der Salpetersäure müsste das auf diese Weise concentrirte Blei durch die erwähnten Reagentien sich gezeigt haben. Das vollständig negative Resultat beweist, dass

fragliche Wasser keine Spur Blei enthielten. Dasselbe lässt sich wohl von den übrigen durch Bleiröhren strömenden Wassern annehmen, welche durch die einfache, aber so äusserst empfindliche direkte Reaktion mit Schwefelwasserstoff kein Blei erweisen.

Welches ist nun der schützende Genius, der wohl schon seit alten Zeiten Tausende für ihre Bleiröhren gleichgültige Wasserkonsumenten vor dem Genusse des metallischen Giftes bewahrt hat?

Es ist derselbe Stoff, welcher als Bestandtheil des Kesselsteines durch seine widrigen und störenden Einflüsse besonders beim grössern industriellen Betriebe so manchen probaten und nicht probaten Rezepten gerufen hat; derselbe, welcher beim Waschen mit Seife einen Theil der letztern unlöslich und unwirksam macht; — der nämliche, welcher den Köchinnen oft einen Streich spielt, wenn er ihre Erbsen hart kocht, indem er sich mit dem Legumin der Hülsenfrüchte zu einer unlöslichen Verbindung einigt und das weitere Eindringen des Wassers verhindert. — Der durch Kohlensäure im Wasser gelöste kohlensaure Kalk ist es, welcher laut übereinstimmenden ältern und neuern Erfahrungen das Wasser theilweise oder ganz verhindert, Blei aufzulösen. Während die denselben entbehrenden Regen-, Fluss- und destillirten Wasser schon nach kurzer Zeit nachweisbare Mengen Blei aufnehmen, bleibt unser kalkreiches, hartes Brunnenwasser unter Umständen bei längerer Berührung mit demselben frei davon. Von den meisten Autoren wird der kohlensaure Kalk als das einzige Schutzmittel gegen die Löslichkeit von Blei in Wasser betrachtet; nach Andern*) kommt diese Eigenschaft

*) Deicke, Vortrag über Material zu Wasserleitungen. Bestätigt durch meinen Versuch Nr. 19.

auch dem schwefelsauren Kalk oder Gyps zu, welcher bekanntlich in manchen Wassern auch einen Theil der Härte, die sogenannte permanente Härte, ausmacht.

Wie verhält es sich nun mit den Hülfstruppen des Feindes, des Bleies der Wasserleitungsröhren? Welche von den mitgetheilten Ansichten über den Einfluss auf die Löslichkeit von Blei in Wasser ist die richtige? Da sich keines unserer Brunnenwasser bleihaltend zeigte, so war die Gelegenheit nicht geboten, bei denselben direkt den Bedingungen nachzuforschen, unter denen sich Blei eventuell gelöst hätte. Es musste wieder zu Versuchen im Laboratorium geschritten werden, wobei allerdings nicht ausser Acht gelassen werden darf, dass sie den Verhältnissen der Praxis nicht in Allem entsprechen, da in den Wasserleitungsröhren selbst mancherlei Umstände mitwirken können, welche beim Experimentiren vielleicht unberücksichtigt bleiben.

Aus einer neuen Bleiplatte wurden vollkommen gleichbeschaffene Stücke von 10 □Centimeter geschnitten und dieselben mit gleichgrossen Mengen der betreffenden Wasser oder wässrigen Lösungen, sowohl in offenen, als auch in ganz angefüllten gutschliessenden Stopsengläsern zusammengebracht. Nachher wurde ein Theil der Versuche wiederholt sowohl mit einer neuen Bleiröhre, als auch mit einer ältern, welche bis vor einem Jahre als Zweigleitung eines Privatbrunnens gedient hatte. Dieselbe hatte eine Länge von acht Fuss, einen Durchmesser von 9 Linien, und hielt 36 Unzen Wasser (= $2^1/_4$ Pfund oder $1^1/_8$ Liter). Je nach 5—15—30 Minuten, 1—3—12—24 Stunden wurden Proben mit Schwefelwasserstoff auf Bleigehalt untersucht, dieser nach Kersting's Methode, durch Vergleichung mit titrirten, durch Schwefelwasserstoff gefärbten Bleilösungen approximativ bestimmt. Da die Zahlen keinen Anspruch auf analytische Genauigkeit

machen können, sondern nur zur Vergleichung der einzelnen Proben unter sich dienen, so gebe ich im Interesse der leichtern Uebersichtlichkeit statt der mir notirten Zahlen ebenfalls in vergleichender Weise die Ergebnisse der bezüglichen Reaktionen. Hiebei will ich nicht unerwähnt lassen, dass die Beobachtung und Vergleichung mit frisch geschwefelten Bleilösungen geschehen muss, da die gelbliche Farbe der Flüssigkeit schon nach 2 bis 3 Stunden schwächer und unsicher wird. Von den zahlreichen angestellten Versuchen scheinen mir folgende durch ihre Resultate erwähnenswerth:

	A. Reines Bleiblech in gutschliessenden Gläsern, *ohne Zutritt der äussern atmosphärischen Luft.* In Berührung mit:	
1	I. Brunnenwasser, reich an Kohlensäure und Kalk, arm an Chlor, ohne schwefelsaure Salze,	sowohl nach 1 Stunde, als nach 24 Stdn. lassen sich nur kleinste Spuren Blei nachweisen.
2	„ durch Kochen und Filtriren vom kohlensauren Kalk befreit,	wirkt stärker lösend auf Blei, immerhin noch weniger als reines destillirtes Wasser.
3	„ im Beindorf'schen Apparat destillirt, mit Zurücklassung von $^1/_4$.	Das erste Viertel des Destillates, Kohlensäure haltend, löst weniger Blei, als das zweite u. dritte Viertel. Die dritte Portion, das relativ reinste Wasser, ist weitaus am aktivsten.
4	II. Regenwasser, mit deutlich wahrnehmbarem Ammoniakgehalt,	löst mehr Blei als Brunnenwasser, dagegen weniger als destillirtes Wasser.
5	„ in Glasgefässen mit möglichster Sorg-	Die dritte Portion des Destillates, absolut rein, frei von Luft,

	falt über Kali destillirt, mit Zurücklassung des letzten Viertels.	Kohlensäure, salpetriger Säure, Ammoniak, ist weit aktiver auf Blei, als das zweite Viertel; am wenigsten Blei löst das erste Destillat, in welchem sich das Ammoniak des Regenwassers vorfindet.
	B. Reines Blei in *offenen* Gläsern.	
6	Brunnenwasser	hat nach 3 Stunden weder Blei in Lösung, noch abgeschieden. Nach 5 Tagen hat sich ein Minimum Bleicarbonat gebildet, in der Lösung lässt sich eine Spur Blei, kaum 1 Milliontel, nachweisen.
7	„ in Berührung mit Blei, welches mit Eichenholz zusammengekeilt ist,	corrodirt das Blei weit stärker und schneller als bei Nr. 6. — Dies ist der sich zersetzenden organischen Substanz zuzuschreiben.
8	Regenwasser, mit nachgewiesenem Ammoniakgehalt,	nach 2 Tagen Spuren Blei in Lösung, nichts abgeschieden, nach 5 Tagen nur Spuren abgeschieden.
9	Destillirtes Wasser, fractionirt aufgefangen.	Schon nach einer halben Stunde lässt sich in sämmtlichen Portionen Blei in Lösung nachweisen; bei längerm Stehen bleibt jedoch nicht mehr gelöst als im Anfang, dagegen scheidet sich bei allen das krystallinische Bleisalz aus (aus Bleioxyd, Kohlensäure und Wasser bestehend). Wiederum bemerkt man in der 2. und 3. reinern Portion nach 5 Tagen mehr Bleicarbonat, als in der 1. Portion, und mehr als im Regenwasser. Das überstehende Wasser hat nur Spuren Blei in Lösung,

		bei Weitem weniger, als in gleichem Fall bei abgehaltener atmosphärischer Luft.
	C. In der *neuen* Bleiröhre:	
10	Destillirtes Wasser, 3 Minuten in der Bleiröhre geschüttelt, dann filtrirt,	zeigt eine sehr deutliche Bleireaktion, stärker als dies nachher in soeben ausgewaschener Bleiröhre bei Berührung während 1 Stunde der Fall ist.
11	„ mit $^1/_{1000}$ kohlensaurem Ammoniak	löst nicht mehr als reines Wasser.
12	„ mit $^1/_{100000}$ Ammoniak	verhält sich wie ohne diesen Zusatz.
13	„ mit $^1/_{1000}$ Ammoniak	befördert das Lösungsvermögen sehr wenig.
14	„ mit $^1/_{100}$ Ammoniak	zeigt sich sehr aktiv gegen Blei.
15	„ mit $^1/_{1000}$ Chlorammonium	„ „ „ „ „ „
16	„ m. $^1/_{10\ 0}$ Chlornatrium	„ „ „ „ „ „
17	„ mit $^1/_{1000}$ salpetersaurem Kali	„ „ „ „ „ „
18	„ mit $^1/_{100}$ schwefelsaurem Kali	verhält sich wie gewöhnliches destillirtes Wasser; jedenfalls befördert dieses schwefelsaure Salz das Lösungsvermögen nicht.
19	„ mit $^1/_{400}$ Gyps (schwefelsaurem Kalk)	widersteht der Aufnahme von Blei beinahe ebenso gut wie Brunnenwasser; in einer Stunde löste es weniger Blei als destillirtes Wasser in einer Viertelstunde.
20	Brunnenwasser, reich an kohlensaurem Kalk	löst in der ersten Stunde wenig Blei (circa 1 Milliontel), nach 12 Stunden etwas mehr, nach 8 Tagen bei vollem Rohr ziemlich mehr (circa 5 Milliontel).

	D. In der *alten* Bleiröhre.	
21	Brunnenwasser, nach längerm Leerstehen der Röhre	zeigt schon beim Spühlen während einiger Minuten eine sehr bemerkbare Bleiaufnahme.
22	„ nach viermaligem Spülen	und frischer fünfter Füllung giebt während der ersten 5 Minuten kein Blei zu erkennen, nach einer Stunde kaum $^1/_5$ Milliontel, nach 12 Stunden bei vollem Rohr nicht viel mehr.

Ueberhaupt giebt die neue Bleiröhre unter denselben Umständen schneller und mehr Blei an Wasser ab, als die alte; ungleich schwächer sind die mit den Bleistücken in Glasgefässen erhaltenen Reaktionen, was sich aus der kleinern Berührungsfläche leicht erklärt.

Auffallend ist die auch von Andern schon erwähnte Eigenthümlichkeit, dass das Bleikarbonat sich zuerst und vorzüglich an den Stellen ausscheidet, wo Blei und Glas sich berühren.

Im Verlaufe meiner Versuche drängte sich mir die Ueberzeugung auf, dass weder salpetrigsaures oder kohlensaures Ammoniak, noch begrenzte Spuren anderer Ammoniaksalze, noch Zutritt von Luft die alleinige oder auch nur die gewöhnliche Ursache der Lösung von Blei in Wasser sind. Abgesehen von freien Säuren und von einer Reihe von Salzen, welche sämmtlich Blei in höherm Grade zu lösen vermögen, ist es vielmehr das reine Wasser, welches metallisches Blei als solches (nicht als Oxyd oder Salz) auflöst, und zwar um so mehr, je reiner das Wasser ist. Von den bereits erwähnten widersprechenden Ansichten mögen manche daher rühren, dass bis jetzt auf die Löslichkeit des metallischen Bleies in Wasser zu wenig Rücksicht genommen wurde.

Die einzige mir bekannte, oben notirte Stelle (Seite 136), welche der Lösung des Metalles in Wasser erwähnt, beschränkt dies einzig auf pyrophorisches, höchst fein vertheiltes Blei. Mein zu wiederholten Malen ausgeführter Versuch Nr. 5 zeigt, dass gewöhnliches, compaktes Blei sich ebenfalls leicht und schnell, wenn auch in kleiner Menge, in reinem Wasser löst. Reines Wasser löst mehr von dem metallischen Blei, als von kohlensaurem Bleioxyd; denn es scheidet sich letzteres als weisses Salz aus, wenn das vom Blei abgegossene klare Wasser ohne weitere Gegenwart von Blei der Luft ausgesetzt wird. Das metallische Blei ist auch löslicher in Wasser als das Bleioxyd, welches selbst bei tagelangem Schütteln mit destillirtem oder mit Brunnenwasser nichts Lösliches an dieselben abgiebt.

Es ist somit eigentlich unrichtig, wenn gewöhnlich als ausgemachte Sache angenommen wird, dass der Luftzutritt durch Sauerstoff und Kohlensäure die Löslichkeit von Blei in Wasser begünstige. Während hiebei das Wasser im Gegentheil weniger Blei in Lösung hat als ohne Zutritt von Sauerstoff und Kohlensäure, so befördern diese 2 Agentien allerdings die Corrosion des Bleies durch Wasser, indem das aufgelöste Blei als kohlensaures Salz sich niederschlägt, wodurch das Wasser in den Stand gesetzt wird, neue Mengen metallisches Blei zu lösen, welche durch Sauerstoff oxydirt und durch Kohlensäure wieder niedergeschlagen werden. Auf diese Weise vermag ein kleines Quantum Wasser eine grosse, relativ unbegrenzte Menge metallisches Blei unter der Einwirkung der atmosphärischen Luft in kohlensaures Bleioxyd umzuwandeln.

Die in neuerer Zeit wiederholt ausgesprochene Ansicht, dass das in den gewöhnlichen destillirten Wassern sich öfters vorfindende Ammoniak oder dessen kohlensaure Salze die

Ursache der Corrosion des Bleies seien, mithin ein hievon freies Wasser das Blei nicht angreife, beruht ohne Zweifel auf einem Trugschluss. Ohne Rücksicht zu nehmen auf das in Lösung sich findende Blei, wurde die „Aktivität“ oder „Indifferenz“ eines Wassers gegenüber Blei nur nach dem Plus oder Minus des durch die atmosphärische Kohlensäure präcipitirten Bleikarbonates taxirt. Der letztere Vorgang kann nun unter Umständen aufgehoben sein (z. B. bei in Wasser sich findendem Ammoniak), während die Lösung des Metalles dadurch nicht nur nicht verhindert, sondern vielmehr begünstigt wird.

Fassen wir die übrigen Resultate meiner Versuche in einen kleinen Rahmen zusammen, so ergiebt sich, mit theilweiser Bestätigung früherer Daten, Folgendes:

I. Neue Bleiröhren werden dem durchfliessenden Wasser immer im Anfang mehr oder weniger Blei mittheilen.

II. Eine vermehrte Bleiaufnahme findet auch bei ältern Röhren dann statt, wenn ihre Innenseite längere Zeit atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt war.

III. Die Löslichkeit von Blei wird im Weitern begünstigt:

a) durch die absolute Reinheit des Wassers;

b) durch Gegenwart von salpetersauren oder salpetrigsauren Salzen;

c) durch Gegenwart von reinen und kohlensauren Alkalien;

d) durch Gegenwart von Kochsalz, Salmiak und anderen salzsauren Salzen;

e) durch Gegenwart gewisser Säuren;

f) durch Gegenwart sich zersetzender organischer Materien.

IV. Der Lösung von Blei in Wasser wirken entgegen:
a) entsprechend kleine Mengen Kohlensäure;
b) bis auf einen gewissen Grad Schwefelsäure und schwefelsaure Salze, am wirksamsten gelöster schwefelsaurer Kalk;
c) Schwefelwasserstoff und Sulfide;
d) gelöster kohlensaurer Kalk.

Man ist daher auch auf den Gedanken gekommen, das Innere der Bleiröhren mit einer dünnen Decke von kohlensaurem Kalk zu überziehen, um sich ganz vor der Aufnahme von Blei zu schützen. Denselben Zweck soll Dr. Schwarz in Breslau durch Behandlung der Innenseite der Bleiröhren mit heisser Schwefelleberlauge erreicht haben, wobei sich eine oberflächliche Schicht von unlöslichem Schwefelblei bildet. Verzinnte Bleiröhren, welche sehr oft empfohlen werden, sollen nach mehrseitigen Erfahrungen nicht vor der Aufnahme von Metallen schützen *).

Um sich bei vorhandenen Bleileitungen für alle Fälle sicher zu stellen, dürften nach Kersting und Varrentrapp die durch Bequemlichkeit und Wirksamkeit sich auszeichnenden Kohlenfilter den Vorzug verdienen. Dieselben sollen einen allfälligen Bleigehalt des Wassers gänzlich zurückhalten.

Fragen wir uns schliesslich: Darf nach vorliegenden Erfahrungen dem Blei auch ferner noch seine Berechtigung als Material zu Trinkwasserleitungen streitig gemacht werden?, so geht meine Ansicht dahin: Da sich unsere Trinkwasser unter normalen Verhältnissen als bleifrei erwiesen haben, so

*) Otto, Chemie. Bd. III. Seite 279.

würde es nicht thunlich sein, die sofortige Entfernung der bestehenden Bleileitungen sammt und sonders zu verlangen. Auch ein Antrag, die Erstellung neuer Bleileitungen amtlich zu verbieten, dürfte wenig Aussicht auf Geltendmachung haben. Dagegen ist immerhin Grund vorhanden, von der Anwendung der Bleiröhren zu Trinkwasserleitungen abzurathen:

1) weil die Vortheile derselben sich leicht ersetzen lassen durch die gebogenen Verbindungsröhren von Eisen, welche jetzt für Gas- und Wasserleitungen in allen Dimensionen fabrizirt werden und allerorts vorräthig zur Auswahl bereit liegen;
2) weil in der Wasserleitung sowohl als im Trinkwasser selbst unbemerkte Aenderungen vorkommen können, welche für die Auflösung von Blei günstig sind, während die Bedingungen und die Bleiaufnahme wahrscheinlich und meistens der Beobachtung der Konsumenten längere Zeit sich entziehen können;
3) es muss vor der Benutzung der Bleiröhren zu Trinkwasserleitungen gewarnt werden, weil wahrscheinlich ein noch so kleiner Bleigehalt des Trinkwassers auf die Dauer dem menschlichen Organismus schädlich ist. Ein Urtheil hierüber wie billig dem ärztlichen Stande überlassend, berufe ich mich auf das Votum unsers sachverständigen Vereinsmitgliedes, Herrn Sanitätsrath Dr. Sonderegger, welcher die erwähnte öffentliche Warnung in folgender Weise schliesst:

   „Wenn Bleivergiftungen durch Trinkwasser nicht so häufig vorzukommen scheinen, dass die öffentliche Meinung über die Frage klar geworden wäre, so hat das seinen Grund darin, dass nicht alle Wasser und alle Wasserleitungen gleich günstige Bedingungen zur Blei-

vergiftung darbieten, besonders aber darin, dass viele chronische Vergiftungen gar nicht als das erkannt werden, was sie sind. Wie mancher „schlechte Magen“ und wie manche ruinirte Nerven mögen Folgen unbemerkter Vergiftungen sein? Hat man nicht auch die Krätze als eine Blutkrankheit behandelt, bis endlich das bekannte Schmarotzerthierchen als deren Ursache gefunden wurde? An welchen sonderbaren Fiebern sind wohl ehedem die Leute gestorben, welche jetzt an Trichinen sterben?

Daraus, dass man viele chronische Bleivergiftungen übersieht, folgt noch gar nicht, dass sie nicht vorhanden seien, und es ist unverantwortlich, sich überhaupt einer Gefahr durch Bleiröhren auszusetzen, während Eisen denselben Dienst fast eben so billig und ganz sicher thut.

Der Mensch wendet ungemein viel Arbeit und Geist daran, Geld zu erwerben, aber noch äusserst wenig, auch glücklich und gesund dabei zu sein.“