

II.

Untersuchungen

des

Wassers der Isar

und

einiger ihrer Nebenflüsse.

Vortrag

des Herrn Dr. Willemer,

städtischen Chemikers,

gehalten im

botanischen Verein Landshut

am 12. November 1895.*)

*) Dieser Vortrag sollte kein erschöpfendes Referat über die noch im Gange befindlichen Untersuchungen sein, deren Ergebnis seiner Zeit andern Ortes zur Veröffentlichung gelangen wird, sondern es war nur beabsichtigt, grössere Kreise auf diese Untersuchungen aufmerksam zu machen, und musste daher auch der Vortrag gemeinfasslich gehalten werden.

Als ich das letzte Mal die Ehre hatte, vor Ihnen zu sprechen, hatte ich mir die Aufgabe gestellt, Sie mit den Eigenschaften des Wassers im allgemeinen bekannt zu machen. Ich entwickelte Ihnen die älteren Ansichten über die Natur desselben, erläuterte dann seine wahre Zusammensetzung, wie sie jetzt erkannt ist; besprach im allgemeinen das Vorkommen des Wassers in der Natur und gab Ihnen schliesslich eine Darstellung des analytischen Ganges bei Wasseruntersuchungen, diejenigen Punkte hervorhebend, auf die es bei der Beurteilung von Wasser, sowohl in hygienischer als technischer Beziehung besonders ankommt. Die Aufgabe, die ich mir heute gestellt, ist, wenn sie sich auch an die vorjährige vielfach anlehnt, eine spezielle, sie betrifft nur Mitteilungen über die Zusammensetzung des Wassers unserer Isar und einiger ihrer Nebenflüsse, allerdings auf Grund ganz eingehender und sorgfältigster Beobachtungen, die seit vorigem Jahre durch die hohen Kgl. Regierungen von Ober- und Niederbayern angeordnet wurden und deren praktischer Zweck die Überwachung des Flusses sein soll, mit Bezug auf die Münchener Schwemmkanalisation.

Sie alle wissen, wie gross der Kampf seiner Zeit in dieser Angelegenheit gewesen, umsomehr darf ich voraussetzen, dass Sie meinen Mitteilungen einiges Interesse entgegenbringen werden.

In meinem allgemeinen Vortrage über das Wasser habe ich Ihnen die Grundlagen der Beurteilung desselben in hygienischer Beziehung zwar schon entwickelt, doch muss ich heute hierauf zurückgreifen, um allgemein verstanden zu werden.

„Tales sunt aquae, quale terra est per quam fluunt“, diese Stelle findet sich schon bei Plinius und beweist, dass den Alten schon nicht entgangen war, dass das Wasser auf seinem Wege auf und in der Erde mit denjenigen Stoffen sich beläd, die es

gerade vorfindet, das heisst, sie löst, sie in sich aufnimmt. Auch war schon lange erkannt, dass gewisse seiner Eigenschaften von der Anwesenheit solcher Stoffe herrühren. Bei den Mineralwassern springt ja diese Abhängigkeit am prägnantesten in die Augen. Wasser, das auf seinem Wege mit Salzlagern oder kochsalzhaltigem Gyps, mit Bittersalz oder Glaubersalz zusammentrifft, beläd sich mit diesen Salzen und wir nehmen ihre Anwesenheit schon leicht durch den Geschmack wahr. Aber auch andere, nicht so leicht schon durch den Geschmack nachweisbare Salze enthalten so ziemlich alle Wasser: es sind neben anderen hauptsächlich die Carbonate des Kalks und der Magnesia, oder nach älterem Sprachgebrauch der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Bittererde, die fast überall, besonders aber für unser hydrographisches Gebiet eine Rolle spielen. Das Wasser aber als allgemeines Lösungsmittel für alle Körper löst nicht nur uns willkommene Salze der Alkalien und der alkalischen Erden auf, sondern wahllos alles, was ihm in den Weg kommt, ohne Rücksicht auf menschliche Wünsche oder Bedürfnisse und nur beschränkt durch die Natur der aufzulösenden Körper, ob sie leicht, schwer oder sehr schwer löslich sind. Von absoluter Unlöslichkeit kann hier eigentlich gar nicht gesprochen werden. Auch organische Stoffe lösen sich im Wasser zumal und in beträchtlicher Menge, wenn dieselben auf dem Wege der organischen Rückbildung des chemischen Zerfalls, der Mineralisierung sich befinden. Pflanzen bilden dabei die bekannten Humuskörper, die unserem gut gedüngten Gartenboden seine schwarze Farbe verleihen und die Bäche bräunlich bis kaffeebraun färben, wenn sie durch moorige torthaltige Wiesen fliessen. Tierische Substanzen, die auf demselben Wege zur Mineralisierung sich befinden, also auf dem Wege der Verwesung, der Fäulnis, beleidigen unsere Sinnesorgane mehr wie die genannten, ihre gasförmigen Zersetzungsprodukte machen sich durch viel üblere Gerüche bemerkbar, die Folge ihres viel höheren Stickstoffgehaltes, sowie eines höheren Gehaltes an Schwefel und Phosphor.

Im grossen Haushalte der Natur ist nun schon dafür gesorgt, dass die Bäume nicht in den Himmel wachsen, d. h.

für unsern Fall, dass die Faktoren, die faulende Stoffe zu beseitigen streben, wenigstens in der Regel ebenso energisch an dieser Beseitigung arbeiten, als andererseits solche Stoffe anfallen, sei es durch die Dejektionen von Mensch und Tier, sei es durch den Tod tierischer oder pflanzlicher Organismen.

Wo das Verhältnis zwischen dem Menschen oder der Tierwelt im allgemeinen, und dem Boden, auf dem sie leben, noch ein mehr natürliches ist, wo also — und man wird dieses als Massstab ansehen können — auf einer gegebenen Fläche nicht mehr Menschen oder Tiere leben, als diese Fläche zu ernähren imstande ist, sind sicher und stets die Atmosphärien: Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure der Luft, Sonnenschein und Regen, vor allen die Bakterien imstande, die Dejektionen, die Ausscheidungen der animalischen Welt rasch zu zerstören, d. h. zu mineralisieren, ohne dass eine schädliche oder auch nur belästigende Wirkung von ihnen ausgehen kann.

Wer den Süden kennt, weiss, dass dieses ursprüngliche und natürliche Zerstreuen der Dejektionen, der Fäkalien auch heute noch dort in Übung steht und vor etwa 100 Jahren selbst in Städten fast ausschliesslich in Gebrauch war. Erzählt doch Goethe in seiner italienischen Reise, dass, als er in Desenzano am Gardasee den Hausknecht des Wirtshauses nach dem Aborte fragte, von diesem zur Antwort bekam: *là basso nel cortile*, und als er eine entsprechende Lokalität nicht fand, erhielt er auf wiederholtes Fragen die erstaunte Antwort: *là basso — dappertutto può servirsi, dove vuole*.

Bei uns in Deutschland mit einem entwickelteren, ich will nicht sagen Schamgefühl, aber doch Schicklichkeitsgefühl, sind Aborteinrichtungen in heutigem Sinne wenn nicht früheren Ursprungs, doch jedenfalls viel allgemeiner in Gebrauch. Aber diese Einrichtungen, insoweit ihre häufigste Form, das Ansammeln in Gruben, in Betracht kommt, sind der Natur und ihrer Wirkungsweise geradezu entgegengesetzt und feindlich. Heben wir unsere Dejektionen en masse in Gruben auf, so entziehen wir sie gerade den Einflüssen, die sie zu zerstören trachten, wir konservieren sie in gewissem Sinne, wenigstens bis zu einem gewissen Grade. Allerdings gehen auch in unseren

Gruben Fäulniserscheinungen vor sich, aber es bilden sich Mangels genügenden Sauerstoffes, wohl auch Mangels zusageender Bedingungen für das Leben, wenigstens gewisser Bakterien intermediäre Zersetzungsprodukte, während der Zerfall in die Endprodukte organischer Stoffe hauptsächlich Kohlensäure und Wasser aufgehalten und verzögert wird. — Das Natürliche wäre also Zerstreung, Verteilung der zu zerstörenden Substanzen, was aber in dem naiven italienischen Sinne, von dem ich vorhin gesprochen, bei uns natürlich nicht angängig erscheint, zumal in grossen Städten.

Grosse Städte sind eben selbst Einrichtungen in gewissem Sinne contra naturam, nur die Kultur ermöglicht ihre Existenz, die Kultur muss uns also auch wieder Mittel an die Hand geben, ihre schädigenden Einflüsse zu paralysieren.

Aus diesen Gründen trat nun an die grossen Städte die Aufgabe heran, sich ihrer Abfallstoffe auf eine der Natur und ihrem Wirken angepasste Weise zu entledigen und neben anderen Versuchen, auf die ich mich hier nicht weiter einlassen kann, schlug man vor, das Wasser der Flüsse direkt zu ihrer Fortführung, zu ihrer Verdünnung, zu ihrer Zerstörung zu benützen. Es lässt sich nicht verkennen, dass gerade in diesem Vorschlage ein Anlehnen an die Arbeitsweise der Natur erblickt werden muss. Chemische Prozesse vollziehen sich immer in quantitativen Relationen, verdünnen wir die zu zerstörenden Stoffe, vergrössern wir ihre Oberfläche, so vermehren wir die Angriffspunkte, an denen die Kräfte, die an der Zerstörung beteiligt sind, einsetzen können. Allerdings müssen eben auch quantitative Relationen thatsächlich eingehalten werden, d. h. es dürfen die Abfallstoffe ein gewisses Verhältnis den purifizierenden Einflüssen gegenüber nicht überschreiten. Die Zulässigkeit des Verfahrens ist also nur von Fall zu Fall zu entscheiden, es ist eine Verdauungsfrage des Flusses, und generalisiert darf in keinem Falle werden.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen wende ich mich nun zu meiner heutigen speziellen Aufgabe, Ihnen zu zeigen, ob auf experimentellem Wege bisher überhaupt ein Einfluss der Münchener Einleitungen auf den Zustand des Wassers im

Flüsse nachzuweisen gewesen ist. Die Stoffe, die in Betracht kommen, sind folgende:

1. Die suspendierten Stoffe, im Wasser schwimmende kleine Teilchen organischer und unorganischer Materie;
2. der Abdampfrückstand, oder die Summe aller im Wasser gelösten Bestandteile;
3. der Gehalt an Chlor resp. Kochsalz (NaCl.);
4. der Gehalt an Salpetersäure;
5. der Sauerstoffverbrauch, als Massstab der im Wasser gelösten organischen Stoffe;
6. die Bakterien.

Ich wende mich zuerst zur Besprechung der suspendierten Stoffe. Derjenige Teil der Münchener Einleitungen, selbstverständlich auch anderer Schmutzstoffe, die in den Fluss gelangen, der nicht direkt und sofort im Wasser löslich ist, wird in dem Wasser des Flusses zum Teil suspendiert, d. h. schwimmend erhalten bleiben, und nur grössere Teile, wenn sie spezifisch schwerer sind, werden zu Boden sinken. Eine Bestimmung der suspendierten Teile ihrer Menge nach geschieht in der Weise, dass ein Liter Wasser geschöpft und dieses Wasser durch ein gewogenes Filter filtriert wird. Die Teilchen sammeln sich auf dem Filter und können nach dem Trocknen gewogen werden. Die Menge dieser schwimmenden Stoffe ist eine sehr wechselnde und im Flusse selbst oft schon sehr gut wahrnehmbar. Bei niederen Wasserständen ist diese Menge sehr klein und beträgt nur einige Milligramm per Liter. So wurden in den Monaten Januar und Februar, dann September und Oktober nur 8, 5, 14 und 6 mgr konstatiert; in diesen Monaten erschien denn auch das Wasser im Flusse gesehen von schön blaugrüner bis grüner Farbe und einer Klarheit, dass man selbst an tieferen Stellen noch den Boden des Flusses erblicken konnte. Geschöpft erscheint das Wasser dieser niedrigen Pegelstände rein weiss und klar. Steigt das Wasser, tritt stets eine Vermehrung der suspendierten Teile ein und zwar eine den Wasserständen proportionale. Das Wasser erscheint jetzt schon im Flusse stark getrübt und von grauer Farbe, wenn das Hochwasser alpinen Ursprungs ist, oder nur wenig getrübt und von hell-

brauner Farbe, wenn das Steigen des Wassers durch das Steigen der uns benachbarten Nebenflüsse, besonders der Amper, oder durch den Einfluss lokaler Regengüsse bedingt ist. Sie können die proportionale Vermehrung der suspendierten Stoffe sehr schön auf der graphischen Darstellung verfolgen, die ich Ihnen hier vorlege: die schwarze Kurve stellt die Pegelstände dar, die rote Linie die Menge der suspendierten Teile. Die rote Linie steigt und fällt mit der schwarzen mit nur einer kleinen Divergenz im Juni 95 und einer allerdings sehr bedeutenden Abweichung im Oktober 1894. An diesen beiden Terminen waren eben die hohen Wasserstände, 80 und 90 cm Ländpegel, durch Amperhochwasser bedingt und deshalb erscheinen die suspendierten Teile vermindert. Die Mittelwasserstände von 40—60 cm Ländpegel führen circa 20—40 mgr suspendierte Stoffe im Liter, bei alpinem Hochwasser übersteigt die Menge 200 mgr. Schon der Umstand, dass die suspendierten, schwimmenden Teilchen bei Hochwasser sehr vermehrt und bei Niederwasser so sehr vermindert erscheinen, deutet darauf hin, dass sie mit den Münchener Einleitungen absolut nichts zu thun haben können, denn sonst müsste es sich gerade umgekehrt verhalten. Die täglichen Einleitungen an Schmutzstoffen bleiben ja die gleichen und dieselben müssten natürlich bei Niederwasser im Flusse vermehrt auftreten und nicht vermindert. Wohl könnte man hier einwerfen, die suspendierten Teile erscheinen vermindert bei Niederwasser, weil die geringere Geschwindigkeit des Wassers ein Niedersinken derselben gestattet, aber die nähere chemische Untersuchung dieser schwimmenden Teilchen beweist eklatant ihre Unabhängigkeit von den Münchener Einleitungen. Glüht man nämlich das Residuum aus einigen Litern, so erhält man gegen die Wägung in bloß getrocknetem Zustande fast keine Differenz, d. h. also sie enthalten sehr wenig organische Substanzen, sondern bestehen fast nur aus den mineralischen Bestandteilen des Flussgeschiebes, nämlich aus Calcium- und Magnesium-Carbonat, Thon und Sand in feinsten Verteilung, so fein, dass sich diese Stoffe im Wasser nach Wochen langem Stehen noch schwimmend erhalten; das Wasser wird erst nach sehr langer Zeit blank und

behält lange einen leichten Schleier. Der Gehalt an organischen Substanzen beträgt nur circa 2 bis 10 Prozent, lägen fein verteilte Kloakenstoffe vor, müsste eine viel höhere Ziffer für die organischen Substanzen gefunden werden. In den geringen Mengen der suspendierten Teile bei Niederwasser kommen stets Diatomeen vor, die bei länger dauernden niederen Wasserständen sich am Boden des Flusses ansiedeln. Höhere Wasserstände schwemmen diese Ansiedelungen wieder ab und die suspendierten Teile höherer Wasserstände sind von Diatomeen frei oder doch fast frei. —

Lässt man ein gemessenes Quantum Wasser in einer Schale völlig zur Trockne eindunsten, so erhält man einen mehr oder weniger grösseren Rückstand von weisser oder grauer Farbe, der uns also den Gehalt des Wassers an Stoffen darstellt, die in ihm gelöst waren. Der Hauptsache nach besteht dieser Rückstand bei Wassern aus unserer Gegend aus Kalk und Magnesiumsalzen mit geringeren Mengen von Gyps, Kieselsäure, organischen Substanzen, Chloriden etc. Alle Wasser geben nun zwar einen solchen Abdampfrückstand, Wasser aber, die Gelegenheit hatten, sich mit Abtrittstoffen, besonders Urin zu beladen, geben davon mehr als andere, nicht verunreinigte. Dass die Art der Salze dieses Rückstandes dann auch eine andere ist, habe ich in meinem letzten Vortrage des näheren ausgeführt, heute interessiert uns zunächst nur ihre Gesamtmenge.

Wenn nun feststeht, dass durch den Einlauf von Kloakenstoffen der Abdampfrückstand, also die Summe aller im Wasser gelösten Stoffe sich vermehrt, so könnte aus einer Vermehrung gegen das Wasser des oberen Flusslaufes auf solche Einläufe als Ursache geschlossen werden. Und wenn wir weiter nachweisen könnten, dass der Abdampfrückstand bei Niederwasserständen grösser ist als bei Mittel- und Hochwasserständen, so wäre auch dieses, wenigstens vorläufig, als ein weiteres belastendes Moment aufzufassen.

Eine Vermehrung des Abdampfrückstandes findet nun allerdings in beiden Richtungen statt. Thatsächlich liefert die Isar bei Freising um 15—20 mgr Abdampfrückstand mehr als oberhalb München; aber — und nun kommt das Merkwürdige —

der Abdampfrückstand steigt weiter flussabwärts noch weiter an und beträgt in Landshut stets noch um circa 20 mgr mehr als in Freising. Wollte man nun für das Steigen des Abdampfrückstandes bis Freising die Münchener Einleitungen verantwortlich machen, wie es ja sehr nahe läge, wie will man dann aber erklären, dass das Wasser weiter flussabwärts nicht wieder ärmer an Abdampfrückstand wird, es findet ja doch eine stets weiter fortschreitende Verdünnung durch die Nebenflüsse und Bäche, die Regenwasser etc. statt.

Man sieht leicht ein, dass hier ein anderer Faktor im Spiele sein muss und der Umstand, dass das Isarwasser bei Niederwasserständen mehr Abdampfrückstand liefert, als bei höheren Wasserständen im Sommer, der übrigens schon im Jahre 1892 beobachtet wurde, kann nicht zu einer Belastung der Münchener Einleitungen herangezogen werden, er erklärt sich zwanglos durch den geringeren Zufluss Regenwassers im Winter, auch beweist die nähere Untersuchung der Abdampfrücksände, dass im Sommer alle einzelnen Bestandteile proportional ab- und im Winter proportional zunehmen, insbesondere gilt dieses vom Kalk und der Magnesia, die ja doch mit den Einleitungen sicher nichts zu schaffen haben.

Die geringsten Mengen Abdampfrückstand werden also bei hohen Wasserständen beobachtet. Der höchste Wasserstand in der Untersuchungsperiode war der Stand vom 21. März mit + 1,18 m Ländpegel, der tiefste der vom 28. Februar mit - 0,05 m. Für den tiefsten Stand wurden 286,0 mgr, für den höchsten nur 186,6 mgr per Liter ermittelt, also fast um die Hälfte weniger. Die Härte des Isarwassers bei diesem Hochwasser entsprach nur 8,4⁰, gegen 13,45 im Februar. Gewiss sehr weit auseinandergelagerte Werte. Auch für die Abdampfrücksände habe ich eine graphische Karte angelegt, die auf den ersten Blick das bis jetzt Entwickelte zur Anschauung bringt und zwar für alle Einzeluntersuchungen, mit einziger Ausnahme wieder der Oktoberuntersuchung von 1894, die auch für die suspendierten Teile, wie oben mitgeteilt, sich anormal verhielt. In allen anderen Fällen bemerken Sie bei Ansteigen

der schwarzen Linie der Pegelstände ein Fallen der roten Linie, d. h. der Mengen der Abdampfrückstände. —

Ausser den gelösten mineralischen Bestandteilen, die das Isarwasser wie jedes andere natürliche Wasser enthält, sind in ihm auch Stoffe organischer Natur gelöst und wir wissen, dass gerade diese immer da sehr vermehrt in jedem Wasser auftreten, wo Abfälle oder animalische Ausscheidungen dasselbe verunreinigen. Wir bestimmen diese organischen Bestandteile, von denen wir nicht viel wissen, die wir aber im allgemeinen als in chemischem Zerfall, in Desorganisation, auf dem Rückwege zur anorganischen Natur begriffene Verbindungen aufzufassen haben, durch das Mass, die Menge des Sauerstoffs, der nötig ist, sie vollständig in unorganische Substanzen, Kohlensäure und Wasser überzuführen. Den zu diesem Prozess nötigen Sauerstoff entnehmen wir einem sehr leicht Sauerstoff abgebenden Körper, der Übermangansäure. Ein analoger Schluss, wie bei der Betrachtung der suspendierten Stoffe in der Isar, wird uns unbedingt zu der Voraussetzung führen: Stammen diese organischen Stoffe aus den Münchener Einleitungen, bestehen sie aus Urin oder durch die Fäulnis löslich gewordenen Darmdejektionen, Spülwasser u. dgl., so muss auch hier unbedingt ihre Menge bei Niederwasser eine grössere sein, als bei hohen Wasserständen; denn vermehrte Wasserzuflüsse müssen das damit verunreinigte Wasser ja doch verdünnen, also relativ reiner erscheinen lassen. Die bisherigen Untersuchungen haben ergeben, dass das gerade Gegenteil der Fall ist, wie Ihnen die Kurven auf diesem dritten Blatte zur Anschauung bringen: dreimal erhebt sich die schwarze Linie der Pegelstände zu hohen Wasserständen mit 0,80, 1,00 und 1,18 m Ländpegel und jedesmal macht die rote Linie, die den Sauerstoffverbrauch markirt, die aufsteigende Bewegung mit aller Entschiedenheit mit, d. h. also: die hohen Wasserstände führen mehr organische Substanzen, sind also verunreinigter als die niederen Wasserstände. Kleinere Unterschiede im Pegelstande machen sich allerdings hier nicht so geltend, Sie dürfen nicht vergessen, dass auch unsere genauesten chemischen Bestimmungen keine mathematisch absoluten sind, dass ferner auf

dem Blatte ein Quadrat $\equiv \frac{1}{4}$ mgr Sauerstoffverbrauch gesetzt wurde, also eine winzig kleine Grösse repräsentiert und so kann es kommen, dass das Wasser einmal in einem Monat 10 cm höher steht, der Sauerstoffverbrauch aber um 1 oder $\frac{2}{10}$ mgr niedriger gefunden wurde. Auch bei der Probeentnahme spielen ja manche Zufälligkeiten mit, über die man nicht immer Herr ist; im allgemeinen steht aber bis jetzt die Thatsache fest: Je mehr Wasser die Isar führt, um so reicher ist es an gelösten organischen Substanzen. —

Die stickstoffhaltigen organischen Körper, hier also besonders der Harnstoff des Urins, liefern als Endprodukt ihrer Mineralisierung Salpetersäure, und man hat somit in der quantitativen Bestimmung dieser ein sehr bequemes Mittel, auf das Mass einer vorher stattgehabten Verunreinigung mit stickstoffhaltigen organischen Substanzen zu schliessen. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass die stickstoffhaltigen und also Salpetersäure liefernden organischen Körper überall in der Natur vorkommen, überall zerstreut sind und dass deshalb jedes Fluss- und Bachwasser, ja jedes Quellwasser Salpetersäure führt, von kaum nachweisbaren Spuren bis zu einem Gehalt von 5 mgr per Liter und mehr. Brunnenwasser enthalten oft ganz enorme Mengen und noch vor ein paar Jahren waren Brunnen im Landshuter Stadtbezirk mit 500 mgr im Liter gerade keine allzugrosse Seltenheit und in einzelnen Fällen wurden sogar circa 1000 mgr, also 1 gr per Liter gefunden. Die Bestimmung der Salpetersäure im Isarwasser findet jedesmal in dem auf circa 30 cc. eingedampften Residuum von 2 Liter statt, nach der ungemein exakten Methode von Schulze-Tiemann, nach der die Salpetersäure zu Stickoxydgas, einem farblosen Gase, reduziert wird, welches unter Natronlauge in einem Eudiometer aufgefangen und gemessen wird. Aus dem Volum des Gases berechnet sich die Menge der Salpetersäure, der es entstammt.

Die Mengen von Salpetersäure, die in der Untersuchungs-epoche gefunden wurden, schwanken zwischen 1,67 und 4,31 mgr im Liter. Die graphische Darstellung weist aus, dass in der Mehrzahl der Untersuchungen die Menge der Salpetersäure im Liter

steigt mit fallendem Wasser und fällt mit steigendem, dass sie sich also umgekehrt verhält, wie die suspendierten und organischen Stoffe und analog dem Abdampfdruckstande. Hier könnte man also am ehesten an einen Zusammenhang mit den Münchener Einleitungen denken, um so mehr, als die Menge der Salpetersäure oberhalb Münchens wesentlich kleiner ist. Bis zur März-Untersuchung war ich auch unbedingt geneigt anzunehmen, dass es mir gelungen sei, einen solchen Zusammenhang nachgewiesen zu haben, die Märzuntersuchung jedoch liess eine solche Annahme nicht mehr aufrechterhalten. Ich hatte bis dahin nur die absoluten Mengen Salpetersäure im Liter in Betracht gezogen und nur für diese gilt, was ich oben gesagt, dass sie steigt mit fallendem, fällt mit steigendem Wasser. Der durch Hochwasser der Amper herbeigeführte hohe Isarwasserstand vom März hätte nun gegen den so niedrigen Stand des Februars eine bedeutende Abnahme der Salpetersäure im Liter, fast bis zu ihrem Verschwinden bringen müssen, die Rechnung hätte verlangt, dass auf Grund der Februar-Untersuchung circa 0,3 mgr Salpetersäure hätten gefunden werden müssen. Gefunden wurden 3,8, also fast 13mal so viel, als der Rechnung entsprach. Im Februar passierten in der Sekunde circa 50 cbm Wasser, im März 770 cbm und der Salpetersäuregehalt in beiden Fällen war im Liter fast der gleiche, 4,31 im Februar, 3,80 im März. Es war somit klar, dass die in der Isar gefundenen Mengen Salpetersäure jedenfalls noch anderen Quellen ihren Ursprung verdanken müssen, als den Münchener Einleitungen.*) Ich teilte deshalb in meinem Bericht an die K. Regierung mit, dass es, wenn man einen genauen Einblick in alle diese Verhältnisse bekommen wolle, wünschens-

*) Nach den allerjüngsten Untersuchungen scheint die Salpetersäure im Winter auch bei mittleren Wasserständen konstant höher zu sein, als bei den gleichen Wasserständen im Sommer, eine Beobachtung, die ich schon früher gemacht, aber nicht besonders beachtete. Diese Erscheinung ist um so auffallender, als doch im Winter die nitrifizierende Arbeit der Bakterien jedenfalls eine sehr reduzierte ist. Vielleicht hängt diese Erscheinung mit der geringeren Flussvegetation im Winter zusammen, die zu dieser Jahreszeit keine oder nur wenig Salpetersäure für sich in Anspruch nimmt.

wert, ja geradezu notwendig sei, auch die Wasser der Zuflüsse der Isar zu studieren, und die hohe K. Regierung hat dieser Anregung gerne stattgegeben.

Über die betreffenden Untersuchungen, wenigstens über einige, die schon ausgeführt, werde Ihnen am Schlusse meines Vortrages berichten. —

Die grosse Rolle, die das Kochsalz im menschlichen Haushalte spielt zu Genuss und anderen Zwecken, ist die Ursache, dass alle unsere Abwässer, Spülwasser und dergleichen einen reichlichen Gehalt an diesem Salze besitzen und auch unsere Ausscheidungen, zumal der Urin, sind sehr reich an ihm. Die Ausscheidungen unserer pflanzenfressenden Haustiere führen dagegen hauptsächlich Kalisalze. Wo also Abwasser in Wasserläufe gelangt, wird der Gehalt des Wassers an Kochsalz steigen und bei einem einigermaßen hohen Gehalt an diesem Stoffe, zumal in Brunnenwasser, können wir stets sicher die Diagnose auf Verunreinigung mit Hauswasser, Küchenspülicht oder menschlichem Urin stellen, oder mit anderen Worten: der Kochsalzgehalt eines Wassers ist ein Indikator für stattgehabte Verunreinigung. An sich ist dieser Kochsalzgehalt selbst in den Mengen, in denen er oft in Brunnen vorkommt, natürlich ganz harmlos. Es ist nun klar, dass eine Stadt wie München sehr beträchtliche Mengen Kochsalz in ihren Kanälen zur Isar sendet und es ist von Interesse, festzustellen, ob sich dieser Kochsalzgehalt beziehungsweise ein Mehr an Kochsalz gegen den Oberlauf des Flusses oder auch gegen frühere Beobachtungen erkennen lässt. Gerade der Kochsalzgehalt des Wassers eignet sich zu solchen Vergleichen ganz besonders, da er nicht oder doch am wenigsten wieder durch andere Prozesse aus dem Wasser abgeschieden wird, wie organische Stoffe, die durch Oxydation zerstört oder ausgefällt und sedimentiert werden können. Das gesamte Kochsalz aber, wie es München der Isar übergibt, bleibt unverändert und in der gleichen Menge im Flusse und nur die Flussvegetation könnte vielleicht einen jedenfalls nur sehr geringen Anteil eliminieren. Dazu kommt noch, dass wir imstande sind, auch sehr kleine Mengen dieses Salzes sehr genau analytisch zu bestimmen.

Hat nun der Kochsalzgehalt des Isarwassers seit dem Jahre 1892 früheren Untersuchungen gegenüber zugenommen? Die früher von mir erhaltenen Werte für Landshut betragen bis zu 3 mgr Chlor = 5 mgr Kochsalz. Genau die gleiche Menge wurde im Niederwasser des Februars 95 wieder gefunden, eine Vermehrung gegen früher hat also absolut nicht stattgefunden, wenigstens keine nachweisbare. Dazu kommt, dass auch oberhalb Münchens der Chlorgehalt schon bei Niederwasser bis zu 1,7 mgr = circa 3 mgr Kochsalz beträgt und dass der Chlorgehalt bei Freising einmal einige $\frac{1}{10}$ mgr höher, das anderemal einige $\frac{1}{10}$ mgr niedriger als bei Landshut gefunden wird. —

Ich habe bisher diejenigen Stoffe besprochen, die als Indikatoren einer stattgehabten Wasserverunreinigung in hygienischem Sinne in Betracht kommen, und die zwei Hauptbestandteile des Isarwassers sowie jedes Wassers unserer Gegend, den Kalk und die Magnesia, ausser Betracht gelassen. Diese Stoffe haben ja auch mit der zu studierenden Frage eigentlich nichts zu thun, aber ich wollte doch bei Gelegenheit dieser Untersuchungen einmal ein genaues Bild gewinnen über die vollständige Zusammensetzung des Wassers der Isar. Es musste sich nämlich an diesen Stoffen, weil sie in viel grösserer, in 20- bis 30facher Menge vorhanden sind als jene, ein sehr schönes und zuverlässiges Bild über die Schwankungen der Wasserzusammensetzung gewinnen lassen mit Rücksicht auf die verschiedenen Pegelhöhen, also die Wassermengen des Flusses. Um mich möglichst kurz zu fassen, drücke ich die Menge beider, des Kalks und der Magnesia, durch eine Bezeichnung aus und spreche deshalb blos von der Härte des Wassers. Je reicher an Kalk und Magnesia ein Wasser ist, desto härter ist es. Es war nun gar nicht anders zu erwarten, als dass die Härte des Wassers mit fallendem Wasser zunehmen und mit steigendem Wasser wegen der Verdünnung des Flusswassers mit reinem Regen- oder Schneewasser fallen musste, aber es war doch immerhin von Interesse, die Grösse dieser auf- und absteigenden Bewegung ziffermässig festzustellen. Beim niedersten Wasserstand der Isar im Februar 95 wurde

bei einem Pegelstand von 5 cm unter 0 die Härte mit 13,45 deutschen Graden gefunden, d. h. ein Liter Wasser enthielt 134,5 mgr Kalk und Magnesia, die letztere durch Multiplikation mit 1,4 auf den chemischen Wirkungswert des Kalkes erhoben. Schon drei Wochen später, am 21. März hatte die Isar ihren höchsten Standpunkt in der Untersuchungsperiode, nämlich 118 cm über 0. Die Härte betrug jetzt nur 8,4 deutsche Grade, oder 84 mgr. Kalk und Magnesia im Liter zusammen. Sie sehen, das sind Differenzen von circa 60 Prozent. Einem Mittelwasserstand der Isar von 50—80 cm. Ländpegel entspricht ungefähr die Härtezahl 11, die sehr genau (10,9 wäre das Mittel) zwischen 13,45 und 8,4 die Mitte hält.

Mehr gefürchtet in weiten Kreisen bei Wasserverunreinigungen als die bisher besprochenen Indikatoren werden heutzutage, wenn auch vielfach zu Unrecht, die Bakterien, die Spaltpilze, die trotz ihrer Kleinheit, durch die sie uns gar nicht, aber wegen ihrer Zahl, durch die sie uns gewaltig imponieren, unser Interesse nach vielen Seiten hin erregen.

Es wurde im vorigen Winter von anderer Seite hier die Ansicht vertreten, dass die bakteriologische Untersuchungsmethode uns besseren Aufschluss über die vorwürgige Frage geben würde, als die chemische Methode. Nach unseren bisherigen Erfahrungen ist dieses nicht der Fall. Schon Pettenkofer und Prausnitz anerkannten, dass die Bakterien das schwankendste Moment in der ganzen Frage seien und auch die von mir für Landshut und Dr. Deichstetter für Freising und München ausgeführten Untersuchungen der letzten 1 $\frac{1}{2}$ Jahre lassen bisher nur wenige, aber doch einige charakteristische Relationen erkennen, die sich aber bisher alle als keineswegs belastend für die Einleitungen darstellen.

Sie bemerken auf der hier vorliegenden Bakterienkurve ein zweimaliges bedeutendes Ansteigen der roten Linie im August bis über 5000, im März gar bis fast 39000 Bakterien im cc. Diesem Ansteigen der roten Linie entspricht ein starkes Ansteigen der schwarzen Linie, des Pegelstandes, die Bakterienzahl steigt also mit steigendem Wasser, bei Hochwasser sogar ganz enorm. Wollte man für die Höhe des Bakteriengehaltes

der Isar wenn auch nur in bescheidenem Umfange die Münchener Kanäle verantwortlich machen, müsste offenbar ein umgekehrtes Verhältnis stattfinden: die Zahl der Bakterien müsste kleiner werden mit der grösseren Wassermenge. — Aber nur für sehr grosse Differenzen im Wasserstande wurde bisher ein solches Verhältnis erkannt, kleinere Differenzen verwischen sich völlig oder geben umgekehrte Werte. So stiegen im September 94 die Bakterien von 800 auf 2500 trotz gleichem Wasserstande und stiegen sogar in anderen Monaten trotz fallendem Wasserstande, allerdings nur in sehr engen Grenzen. Es kommen eben hier noch eine ganze Reihe anderer Faktoren in Betracht, die noch nicht alle genügend geklärt sind und deren Besprechung mich hier zu weit führen würde.

Nur einen, wahrscheinlich den wichtigsten will ich kurz erwähnen, es ist der Einfluss der Belichtung. Schon das gewöhnliche zerstreute Licht, noch mehr das direkte Sonnenlicht schädigt das Wachstum resp. die Vermehrung der Bakterien und bringt die Lebenden zum Absterben. Diese Thatsache, auf die auch von anderer Seite schon aufmerksam gemacht wurde, wurde stets auch an den Bakterien der Isar beobachtet. Früh morgens ist ihre Zahl am grössten, sie nehmen ab um mittag, bei wolkenlosem Himmel im Sommer noch bis gegen 5 Uhr abends, von da an steigt ihre Zahl wieder. Bei bewölktem Himmel ist in der Regel um 1 Uhr mittags die niederste Ziffer gefunden worden. Diese Abnahme tritt nicht nur regelmässig, sondern auch mit auffällig hohen Zahlenwerten auf. So waren die um 9 Uhr vormittags ermittelten circa 39000 Bakterien des Märzwassers mittags 1 Uhr auf 25000 gefallen, um sich abends 5 Uhr wieder auf die fast gleiche Ziffer des vormittags zu erheben. Im Juni wurden morgens 6000, mittags 3000 und abends 4 Uhr 1400 gefunden, im Juli für die entsprechenden Tageszeiten eines und desselben Tages: 10000, 5000 und 1500. Ganz die nämlichen Beobachtungen hat Dr. Deichstetter für Freising und München gemacht. Noch ein Umstand spricht unbedingt für eine andere Herkunft der grossen Zahl der Bakterien im März, als aus den Münchener Einleitungen. In Freising hatte nämlich Deichstetter morgens

nur 26000, mittags 16000 und abends 13000 konstatiert, also in Freising, das doch dem Einleitungsorte um circa 36 Kilometer näher liegt, wesentlich weniger, als ich in Landshut. Auch oberhalb Münchens wurden in diesem Monate über 11000 (gegen sonst circa 800) gefunden. Wir beobachten also bei Hochwasser ein allgemeines Steigen der Bakterienzahl und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass diese gewaltige Menge von Spaltpilzen in die Isar eingeschwemmt wurden von den Nebenflüssen, von dem schmelzenden Schneewasser und dem Regenwasser, aus der Ackerkrume, den gedüngten Wiesen und anderen Stellen, also lauter Nahrungszentren für Bakterien. Auf die auffällige Vermehrung der Salpetersäure in diesem Monate habe ich zwar schon aufmerksam gemacht bei der Besprechung dieses Indikators, doch mag hier noch erwähnt werden, dass diese Menge noch in ganz anderem Lichte erscheint, wenn wir nicht den Gehalt eines Liters, sondern den Gesamtgehalt des Flusses betrachten. Es passierten im Februar circa 50 cbm Wasser in der Sekunde, im März 770, das Liter Wasser enthielt im Februar 4,31, im März 3,80 mgr Salpetersäure, es passierten also per Sekunde im Februar nur 215 gr, im März 2926 gr Salpetersäure, also mehr als $2\frac{1}{2}$ Ko per Sekunde mehr als im Februar.

Die interessanten und divergierenden Ergebnisse einiger Monatsuntersuchungen waren, wie Ihnen schon mitgeteilt, die Veranlassung, auch die Nebenflüsse der Isar einer Reihe von Untersuchungen zu unterstellen. Die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen sind zwar noch sehr vereinzelt, immerhin gewähren sie doch schon manchen Einblick und der Einfluss der Nebenflüsse auf die Isar ist nicht zu verkennen. Es ist klar, dass es vor allen Dingen nötig war, auch die Wassermengen kennen zu lernen, die die Nebenflüsse zur Isar senden und da hierüber noch keine Beobachtungen und Messungen vorlagen, mussten solche Aufnahmen vorausgehen, oder vielmehr sie wurden gelegentlich der Probeentnahmen ausgeführt. Herrn Stadtbaurat Preisser, der mich bei diesen Arbeiten gütigst unterstützte, sage ich hier meinen besten Dank.

Der bedeutendste Zufluss der Isar ist die Amper. Ihre

Wassermenge, die etwa $\frac{1}{2}$ Kilometer oberhalb der Eisenbahnbrücke bestimmt wurde, beträgt für Mittelwasserstand (der Stand der Isar am Bestimmungstage war $+ 65$ cm) 50 cbm per Sekunde, bei einer Geschwindigkeit von 1,28 m per Sekunde. Es sind dieses ganz beträchtliche Wassermengen, führt doch die Isar bei Niederwasser (o Pegel) auch nicht mehr. Bei Mittelwasser beider Flüsse beträgt das Wasser der Amper etwa $\frac{1}{7}$ des Wassers der Isar bei Landshut, ein Verhältnis, das sich noch viel weiter verschieben kann, wenn bei kleinerem Isarwasserstand Amperhochwasser einströmt. Ein solcher Fall war im März dieses Jahres gegeben und der Einfluss der Amper, der schon äusserlich das Wasser der Isar schwach kaffeebraun gefärbt erscheinen lässt, machte sich deutlich bemerkbar in dem hohen Gehalt an organischen Stoffen und dem relativ hohen Gehalt an Salpetersäure. Gleichzeitig hatten aber die vielen Regengüsse und die Schneeschmelze eine Verdünnung des im Wasser gelösten Kalkes und der Magnesia zur Folge und so wurde, trotzdem das Ampermittelwasser etwas härter ist als das Isarwasser, für letzteres in diesem Monat die geringste Härte gefunden.

Von geringerem Einfluss auf die Isar sind die Sempt mit der Strogen und die Pfettrach. Sempt und Strogen liefern etwa 3 cbm Wasser per Sekunde, die Pfettrach nur circa einen halben.

Vergleicht man die Menge der für die Wasserverunreinigung besprochenen Indikatoren bei den fünf Wasserläufen untereinander, so ergibt sich: An organischen Substanzen sind bei Mittelwasserständen die Amper mit 2,3 und die Pfettrach mit 2,7 Sauerstoffverbrauch reicher als die Isar mit circa 1,5 bei Mittelwasser. Nur das Hochwasser der Isar ist reicher an gelösten organischen Substanzen, aber auch nur, wenn es hauptsächlich der Amper seinen Ursprung verdankt.

Der Chlor- beziehungsweise Kochsalzgehalt der Isar ist in der Regel niedriger als der der Nebenflüsse, nur sehr niedere Wasserstände erhöhen ihn unmerklich, der grösste Chlorgehalt mit 3,6 mgr im Liter wurde bisher in der Pfettrach gefunden.

Der Salpetersäuregehalt der Isar, der bei Mittelwasser

2—3 mgr beträgt, ist ebensogross wie der der Amper und kleiner als der Pfettrach, der Sempt und der Strogen. Bei sehr niederen Wasserständen, aber auch im Frühjahr bei Hochwasser steigt dieser Gehalt bis auf bisher beobachtete 4,31 mgr, aber auch diese Menge bleibt noch weit zurück gegen die Strogen mit 5,46 und die Sempt mit 5,92 mgr.

Die Bakterienzahl in der Isar ist wahrscheinlich in der Regel doppelt so gross als in den Nebenflüssen. In diesen beträgt sie in den meisten Fällen 800—1500, in jener 1200 bis 2300. Doch kommen auch hier vereinzelt ebenso bedeutende Erniedrigungen bis zu 700 als auch bedeutende Erhöhungen bis zu 39000 vor, letztere jedoch wieder nur bei Hochwasser. Auch die Jahreszeit scheint hier ausser der schon besprochenen Tageszeit einen Einfluss auszuüben, so scheint sich besonders der September, der ja bekanntlich für gewisse Infektionskrankheiten (Cholera) auch ein sehr kritischer Monat ist, durch Bakterienreichtum auszuzeichnen. Weiter gehende Schlüsse lassen sich jedoch aus den wenigen Beobachtungen, zumal für die Nebenflüsse, bis jetzt nicht ziehen.

Nicht vom Standpunkte des Hygienikers aus, aber von allgemeinem Interesse ist noch die Wahrnehmung, dass auch das Isarwasser wenigstens in den Sommermonaten weicher ist, als das Wasser der genannten vier Nebenflüsse. Seine Härte in diesen Monaten beträgt fast genau 11° , mit Schwankungen nur zwischen 10,81 bis 11,09. Das Wasser der Amper — und ich bedauere, hier ein lokales Vorurteil zerstören zu müssen — wurde am 9. Juli mit 11,44 gefunden, ist also etwas härter, noch härter ist das Wasser der Sempt, 13,25, es folgt die Strogen mit 14,38 und endlich die Pfettrach mit 14,97. Nur das Winterwasser der Isar bei etwa 0 Ländpegel ist härter, etwa 13—13,4, also zwar härter als die Amper im Sommer, aber immer noch weicher als die anderen drei.

An sich ist ja dieses Verhältnis dem Fachmanne nichts Neues, je grösser der Fluss, je länger sein Lauf, um so weicher sein Wasser, ceteris paribus natürlich und der Grund dieser Erscheinung ist ja sehr durchsichtig. Die die Härte bedingenden Karbonate des Kalks und der Magnesia sind nur mit Hilfe

von Kohlensäure im Wasser löslich, die Bodenluft und das Grundwasser sind relativ reich an Co^2 , also kann in der Tiefe des Bodens viel Kalk und Magnesia gelöst werden, also ist das Grundwasser hart. In den Flüssen tritt Kohlensäureverlust auf durch Erwärmung, Bewegung und Luftaufnahme, es scheiden sich also die vorher gelöst gewesenen Karbonate ab: das Wasser wird weicher.

Zieht man nun zum Schlusse das Facit aus der Summe aller Einzelbeobachtungen, so ergibt sich:

1. Die suspendierten Teile im Isarwasser sind ihrer Menge nach bei Nieder- und Mittelwasserständen nicht grösser, sogar oft kleiner, als in den vier Nebenflüssen. Bei Hochwasser steigt die Menge, ihre chemische Zusammensetzung entspricht genau dem gröberen Flussgeschiebe.

2. Die Abdampfdruckstände sind nur bei sehr niederen Wasserständen etwas höher, als der Abdampfdruckstand der Amper, aber immer niedriger als die Abdampfdruckstände der Strogen, Sempt und Pfettrach.

3. Die gelösten organischen Stoffe, im Sauerstoffverbrauch ausgedrückt, sind am höchsten bei hohen Wasserständen, die Nieder- und Mittelwasser der Isar sind stets daran ärmer als Amper und Pfettrach und etwa ebenso reich als Sempt und Strogen.

4. Der Chlor- bzw. Kochsalzgehalt ist für alle fünf Flüsse nahezu gleich und an sich verschwindend klein.

5. Der Salpetersäuregehalt in der Isar ist selbst bei den niedersten Wasserständen immer noch kleiner oder nur unmerklich grösser als bei den Nebenflüssen, sehr merklich kleiner als bei der Strogen und Sempt.

6. Alle genannten Indikatoren sind überhaupt nur in sehr geringen Mengen vertreten, beispielsweise sind Chlor und Salpetersäure im Münchener Normalwasser aus reinem Untergrund in circa der vier- bis fünffachen Menge enthalten.

7. Keiner der genannten Indikatoren hat bis jetzt trotz des schon sehr vermehrten Zuflusses von Kanalwasser eine nachweisbare Vermehrung gegen früher erfahren.

8. Der Bakteriengehalt der Isar ist zwar bis jetzt in der

Regel grösser gefunden worden als in den Nebenflüssen, ein besonderes Ansteigen der Bakterien tritt aber gerade bei Hochwasser ein, hängt also sicher nicht mit den Einleitungen zusammen. Auch ist hier zu einer Urteilsabgabe das Untersuchungsmaterial für die Nebenflüsse noch viel zu dürftig.

9. Pathogene Bakterien oder auch nur verdächtige Kolonien wurden bisher niemals beobachtet. Die Bakterien sind die gewöhnlichen Wasserbakterien, hauptsächlich weisse sowohl als pigmentbildende festwachsende Kokken mit sehr wechselnden Mengen von weissen und grünen fluoreszierenden peptonisierenden Bazillen.

Ich darf somit auch heute meinen Vortrag mit denselben Worten des gemeinschaftlichen Gutachtens — erstattet von Professor Dr. Buchner und mir — vom vorigen Jahre schliessen: „Durch die Einführung der Schwemmkanalisation in München ist bis jetzt keine durch unsere chemischen oder bakteriologischen Methoden nachweisbare Verunreinigung der Isar verursacht worden.“



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht des Naturwissenschaftlichen Vereins Landshut](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Willemer

Artikel/Article: [II. Untersuchungen des Wassers der Isar und einiger ihrer Nebenflüsse. Vortrag des Herrn Dr. Willemer, städtischen Chemikers, gehalten im botanischen Verein Landshut am 12. November 1895. 75-96](#)