

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inw.

4684

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298934

Die
Münchener Hochquellenleitung

aus dem
Mangfallthale.

Nebst Beiträgen zur Untersuchung des Trink- und
Nutzwassers.

Von
Heinrich Trillich

II. Assistent an der k. Untersuchungsanstalt für Nahrungs- und Genussmittel
zu München.



Mit 3 Karten.

J. N. = 17864

München 1890.

M. RIEGER'sche

Universitäts-



Buchhandlung.

Gustav Himmer,

k. b. Hoflieferant.

Theatinerstrasse 15.



42251:114
II 4684

Akc. Nr. 3004/50

Seiner Vaterstadt München

widmet diese Arbeit

München, im Oktober 1889

Heinrich Trillich.

Vorwort.

Die Hochquellenleitung, welche 1883 vollendet wurde, führt der k. b. Haupt- und Residenzstadt München Quellwasser des Mangfallgebietes zu. Eine Beschreibung der fertigen Leitung, wie auch eine einheitliche Untersuchung des Wassers ist bisher noch nicht veröffentlicht worden.

Ich unternehme es daher, das mir zu gebote stehende Material der Oeffentlichkeit zu übergeben, umsomehr als über die Qualität des Wassers in der Bevölkerung noch vielfach irrige Anschauungen herrschen und als auch meine Untersuchungen Verhältnisse ergeben haben, welche für die „Chemie des Wassers“ in wissenschaftlicher und technischer Beziehung von Interesse sind.

Aus diesem Grunde wurde der Veröffentlichung auch die Untersuchung über die Bestimmung der Kohlensäure im Trinkwasser angeschlossen.

Die Bemerkungen über die Geschichte und die Beschreibung der Leitung wurden theils den Berichten der „Kommission für Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr“, theils den Berichten des städtischen Bauamtes entnommen, theils verdanke ich dieselben dem gefälligen Entgegenkommen des städtischen Oberingenieurs für Wasserversorgung, Herrn M. Dietrich.

Diesem Herrn, wie auch Herrn Oberbaurat Zenetti, sowie Herrn Dr. E. Egger, Vorstand der grossherzogl. hessischen Untersuchungsanstalt für Rheinhessen in Mainz und Herrn Dr. R. Sendtner, I. Assistent der k. Untersuchungsanstalt in München, welche mir gütigst viele Originalzahlen überliessen, spreche ich auch an dieser Stelle meinen Dank aus.

München im Oktober 1889

Heinrich Trillich.

Benützte Litteratur.

Berichte über die Verhandlungen und Arbeiten der vom Stadtmagistrate München niedergesetzten Kommission für Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr. München. 1874—1880.

Münchener Gemeindezeitung. Jahrgang 1880—1889

Tiemann-Gärtner. Anleitung zur chemischen und mikroskopisch-bakteriologischen Untersuchung des Wassers. Braunschweig 1889.

Mohr-Classen. Lehrbuch der Titrimethode Braunschweig 1888.

Inhalts-Uebersicht.

	Seite	
Vorwort	V	
I. Teil. Geschichte und Beschreibung der Leitung.		
Die frühere Wasserversorgung Münchens	1	
Beschaffenheit der Brunnenwässer Münchens	5	
Vorarbeiten zu einer neuen Wasserversorgung	7	
Beschreibung der Hochquellenleitung aus dem Mangfallthal	14	
Geschichte der fertigen Leitung	17	
Kontrolle der Leitung.	21	
II. Teil. Untersuchungen des Wassers der Leitung.		
Physikalische Eigenschaften	24	
Lebende Organismen	28	
Chemische Untersuchung und Zusammensetzung	31	
Zeitliche Veränderungen des Wassers:		
a) in verschiedenen Jahreszeiten	39	
b) Zusammensetzung der Quellen	41	
c) im Rohrnetz	42	
d) in Hausleitungen	43	
e) ausserhalb der Leitungen		
α) durch Stehen	45	
β) „ Kochen	48	
γ) unter Hochdruck	52	
Verhalten zu den Leitungsmaterialien	57	
Vergleich mit anderen Münchener Wässern	59	
III. Teil. Ueber die Bestimmung der Kohlensäure im Trinkwasser.		
a) Bestimmung der Gesamtkohlensäure:		
1. Fällen der Kohlensäure und Bestimmung im Niederschlag	63	
2. Bestimmung direkt durch Auskochen des Wassers	68	
b) Bestimmung der Monokarbonatkohlensäure:		
1. Titrimethoden	70	
2. Methoden der Berechnung. (Indirekt. Best.)	71	
c) Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure:		
1. Methode von Pettenkofer	72	
2. Bestimmung durch Auskochen	84	
3. Sonstige Methoden	85	
d) Bestimmung der freien Kohlensäure:		
1. Methoden der Berechnung. (Indirekt. Best.)	86	
2. Bestimmung durch a. Titriren	88	
b. Austreiben aus dem Wasser	94	
c. Behandeln des Wassers mit Marmor	95	
e) Zusammenstellung der Methoden		98
Anhang.		
Ortspolizeiliche Vorschriften	101	
Wasserleitungs-Ordnung	105	

I. Geschichte der Quellenleitung aus dem Mangfallthal.

Die Stadt München wurde von alten Zeiten her mit Wasser hauptsächlich durch gegrabene Brunnen versorgt. Besonders der am linken Ufer der Isar liegende Stadtteil, die eigentliche Stadt München, war ganz auf das in Zieh- oder Pumpbrunnen gehobene Grundwasser angewiesen, während die tief gelegenen Teile der Vorstädte Giesing und Au auch Quellen zur Verfügung hatten, die am Steilrande des rechten Isarufers hervortraten und welche z. T. schon im 16. Jahrhundert gefasst und in die Stadt München geleitet wurden. („Freyflüsse“.)

Sowohl die alte Stadt München, als auch der tief gelegene Teil der Vorstadt Au ist von Bächen durchflossen, deren Wasserkräfte schon frühzeitig zur Anlage von Pumpwerken benützt wurden, welche das Grundwasser in grösserer Menge hoben und in längeren oder kürzeren Leitungen den einzelnen Stadtteilen zuführten. So entstanden eine Reihe von Brunnenwerken, welche sich teils im Besitz der Stadt, teils im Besitz des k. Hofes befanden, und welche in ihrem Wasserbezug teils auf das im Stadtuntergrund befindliche Grundwasser, teils auf die benannten Quellen (Freyflüsse) angewiesen waren und zur Zeit der Bachauskehr still standen.

In der rasch wachsenden Stadt konnte man sich nach 1850 der Erkenntnis nicht mehr verschliessen, dass die bisher übliche Wasserentnahme aus dem Untergrunde der Stadt selbst den sanitären Anforderungen der Neuzeit nicht mehr

entsprach. Besonders war es von Pettenkofer, welcher auf die starke Verunreinigung des Bodens hinwies, der nun sieben Jahrhunderte hindurch die Exkremeute der Tiere und Menschen, die Abfälle der Haushaltungen und der Schlachthäuser aufgenommen hatte und aus dem das Wasser zum Genuss und zu Nutzzwecken gehoben wurde.

Es wurden daher auf v. Pettenkofer's Vorschlag die neu entstandenen Stadtteile, das Gärtnerplatzviertel, die Ludwigs- und die Maxvorstadt und ein Teil der inneren Stadt mit einer einheitlichen Leitung versehen, welche ihr Wasser den oberhalb Münchens gelegenen Thalkirchner Quellen, das ist der vom linken Isarufer dem Flusse zufließende Grundwasserstrom, entnahm, das allen an gutes reines Trinkwasser zu stellenden Anforderungen entsprach. Das Wasser wurde in Gallerien gesammelt und durch ein am grossen Stadtbach liegendes Pumpwerk, das Pettenkofer Brunnhaus, so hoch gehoben, dass es in den verschieden hoch gelegenen Stadtteilen noch zum freien Ausfluss kam.

Diese Leitung trat im November 1865 in Wirksamkeit und lieferte bei günstigem Quellenstande 150 Sekundenliter, bei ungünstigem etwa 90 sek. lit. Wasser; das Wasser kam unter 10—35 m Druck je nach der Höhenlage des Stadtteils zum Ausfluss.

Schon vorher hatte der k. Hof (1852) gleichfalls seine Leitung vergrössert, welche ihr Wasser den Quellen am rechten Isarufer entnahm und welches durch ein neues, das Pfisterbrunnhaus in die benötigte Höhe gepumpt wurde. Besonders wurde ein neuer Stollen mit Quellengallerie in den Brunnthaler Anlagen angelegt, nach welchem die ganze Leitung Brunnthalerleitung genannt ist.

Das Cholerajahr 1873 brachte die Frage der Reinigung des Untergrundes, und einer einheitlichen Wasserversorgung wieder in Fluss und veranlasste den Magistrat, an dessen Spitze Bürgermeister Dr. v. Erhardt stand, zu einer diesbezüglichen Programmaufstellung am 3. März 1874, der am 28. April das Gemeindegremium beitrug.

Damals besass München (mit einer Einwohnerzahl von 170 000 Menschen)

7 städtische Brunnerwerke (Pettenkofer- Muffat- Glockenbach- Katzenbach- Bruderhaus- Obere Lände- Auer- Brunnerwerk) und die erwähnten Freiflussleitungen und 6 königl. Brunnerwerke (Herzog Max- Karlstor- Jungfernthurm- Residenz- Hofgarten- Pfisterbrunnhaus). Ausserdem eine grosse Anzahl von Pumpbrunnen.

Die städtischen Brunnerwerke lieferten

zusammen 285 Sekundenliter

Die königlichen Brunnerwerke lieferten

zusammen 101.2 „

somit zusammen 386.2 Sekundenliter oder 33 367,6 cbm pro Tag, so dass also unter Ausserachtlassung der zahlreichen Pumpbrunnen auf den Kopf der Bevölkerung 196 l pro Tag trafen.

Tatsächlich sank aber diese Leistung der Brunnerwerke bei ungünstigem Quellenstande um mehr als ein Drittel, ausserdem entbehrten die Brunnerwerke des nötigen Drucks, um das Wasser in alle Stockwerke zu bringen.

Es wurden desshalb im Jahre 1880 und 81 Provisorien geschaffen und wesentliche Verbesserungen in den verschiedenen Brunnerwerken vorgenommen, so erhielt das Pettenkofer Brunnerwerk 2 neue Brunnen von je 4 und einen von 3 m.

Dem Muffatbrunnerwerke wurden durch eine 1500 m lange Heberleitung ungefähr 50 sl gutes und reines Wasser mehr zugeführt und die Filter-Brunnen aufgegeben.

In der Geyerstrasse wurde eine Wasserkraft gemietet und durch Anlage eines eigenen Pumpwerkes Giesing versorgt.

Auch das Brunnhaus am Glockenbach erhielt unter Auflassung der Filterbrunnen einen neuen Brunnen und konnten durch diese Verbesserungen allerdings mit niedrigeren Druckverhältnissen folgende Wassermengen gefördert werden:

Pettenkofer Brunnenwerk	240	Sekundenliter mit 18 m Druck.
Muffat	76	„ 30 „ „
Glockenbach	45	„ 25 „ „
Katzenbach	22	„ 20 „ „
Bruderhaus	7	„ 20 „ „
Obere Lände	9	„ 20 „ „
Auer	2	„ 25 „ „
Geyerstrasse	8	„ 25 „ „

Ausserdem wurde für den Schlacht- und Viehhof noch ein eigenes Pumpwerk mit 25 Sekundenliter und 10 m Druck errichtet.

Im Ganzen standen also durch diese Verbesserungen (von letzterem Brunnenwerk abgesehen) 409 Sekundenliter gegen 285 Sekundenliter, mit Einschluss der k. Brunnenwerke also 510 Sekundenliter, d. h. eine vollauf genügende Wassermenge zur Verfügung.

Hingegen konnte die Anforderung, welche man an den Druck einer modernen Wasserleitung stellt, nicht erfüllt werden.

Des Weiteren kam hinzu, dass die Qualität der Wasser sich mehr und mehr verschlechterte und dass die Ausdehnung der Stadt auch eine Beeinflussung des reinen Thalkirchnerwassers nahe legte.

Auf Veranlassung von Herrn Geheimrat von Pettenkofer wurden in den Jahren 1864—1872 durch die Herren A. Wagner*) und Aubry*, Untersuchungen des Pumpbrunnenwassers in einzelnen Stadtteilen durchgeführt, welche ergaben, dass das Wasser stellenweise stark verunreinigt war, dass die Beschaffenheit der einzelnen Wasser stark wechselte, und dass auch die Verunreinigung von Jahr zu Jahr in allen Teilen der Stadt zunahm.

Im Jahre 1875 wurde unter Leitung von Dr. Renk durch die Apotheker Münchens eine Reihe von Pumpbrunnenwässern untersucht (Berichte III.), wonach sich

*) Zeitschrift für Biologie. II. 289. III. 85. VI. 285. IX. 145.

in 1 l ergaben 300—2200 milligramme gelöste Stoffe

7 — 47	„	Chlor
0 — 256	„	Salpetersäure
28 — 77	„	Organische Stoffe.

Die Zusammensetzung der einzelnen Wasser wechselte ebenfalls stark je nach der Jahreszeit und sonstigen Umständen und erwiesen sich auch hier die meisten Brunnen mehr oder minder stark verunreinigt.

Auch die Leitungswasser kamen wiederholt zur Untersuchung, ich teile die Ergebnisse, welche mir teilweise von Herrn Dr. Sendtner überlassen wurden, nachfolgend mit:

Tab. I.

1. Thalkirchner Leitungswasser:						
Pro 1 lt mg	1860	1866	1870	1880	1883	1889
Rückstand	244	260	269	304	262	—
Chlor	—	9	—	9	9	—
Salpetersäure	5	8	5	11	8	—
Sauerstoffverbrauch zur Oxydation	0.5	—	—	—	0.6	—
2. Brunnthaler Wasser.						
Pro 1 lt mg						
Rückstand	462	424	—	376	—	400
Chlor	—	—	—	16	—	11
Salpetersäure	12	12	—	32	—	47.2
Sauerstoffverbrauch	0.2	—	—	1.0	—	0.9

Beide Wasser zeigen somit eine geringe Zunahme der Verunreinigungen und erwiesen sich ausserdem in ihrer Zusammensetzung während eines Jahres etwas schwankend.

3. Sonstige Leitungswasser.

Brunnhaus: Pro 1 lt mg		Rückstand	Chlor	Salpetersäure	Sauerstoffverbrauch
Muffat	1860	332	—	12	0.25
Hofgarten	1871	495 (1875 507)	—	12.7	0.32
Herzog Max	1871	760	—	83.0	—
„	1875	733	—	—	—
Muffat	1875	—	15	47	41 (org. Subst.)
Westenriederstr.	„	—	17	54	—
Blumenstr.	„	—	25	79	—
Glockenbach	„	—	37	145	58 „ „
„	1882	466	20	Spuren	1.7 (Sauerst.-verb.)

Leider weisen diese Analysen teilweise nicht unerhebliche Lücken auf, da sie nicht nach einheitlichen Grundsätzen ange- stellt sind, im Allgemeinen aber geht aus diesen Unter- suchungen hervor, dass der Boden Münchens 1875 teilweise hochgradig mit Zersetzungsstoffen imprägnirt war und dass deshalb ein Teil der Wasser nicht den Anforderungen ent- sprach, welche die Gesundheitspflege an reines Wasser stellt.

In Folge der Beschlüsse des Magistrats und des Ge- meindekollegiums wurde 1874 eine Kommission von Ver- tretern des Magistrats und Sachverständigen gebildet, welche die Wasserversorgungsfrage, die Kanalisation und Abfuhr zu erörtern hatte und welche ihre Arbeiten in eigenen Berichten (IV) niederlegte.

Insbesondere wurde für die Wasserversorgung ein Programm aufgestellt, wonach 150 l Wasser pro Tag und pro Kopf für eine Bevölkerungsziffer von 300 000 Seelen ge- fordert wurden, d. h. 45 000 cbm pro Tag.

Ferner sollte das zu gewinnende Wasser klar, farb- und geruchlos und frei von Trübung sein, am Ursprung eine Temperatur von 7.5—8° R haben und pro Liter nicht mehr

als 300 mg Abdampfrückstand und 5 mg Salpetersäure enthalten. Die Härte sollte 18 deutsche Grade nicht übersteigen, das Wasser von organischen fäulnissfähigen Stoffen frei sein und von Gasen nur Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff enthalten.

Diesen Anforderungen entsprachen die bisher gebrauchten Münchener Wässer nicht, selbst das reinste Thalkirchnerwasser überschritt den Grenzwert von 5 mg Salpetersäure um das Doppelte.

Die Vorarbeiten zur Wasserversorgung wurden dem Herrn Baurat B. Salbach in Dresden übertragen. (28. VI. 1874). Im Laufe der Untersuchungen erschien es wünschenswert, noch einen zweiten Techniker zu Rate zu ziehen und wurde hierzu Herr Thiem gewählt. Ausser den beiden, von diesen Herren ausgearbeiteten Projekten wurden aber noch einige andere eingereicht, abgesehen von Vorschlägen, welche in der Tagespresse und in Versammlungen auftauchten.

Im Ganzen wurden eingereicht:

1. von Baurat Salbach, Dresden: Mangfallthalquellenprojekt
11. Sept. 1876.
2. „ Direktor Schmick, Frankfurt: Kesselbergprojekt
Dez. 1876.
3. „ Ingenieur A. Thiem, München: Gleisenthalprojekt
Nov. 1876.
4. „ städt. Ing. J. Brandt, München: Forstenriederpark-
projekt 23. August 1877.
5. „ Ing. Del Bondio, München: Isarthal, linke Seite
29. Mai 1879.

Ausserdem waren in Vorschlag gebracht worden: Isarwasser, Wolfratshausener Quellen, Isarthal (rechte Seite), Quellen bei Dietramszell und Diessen, Walchensee u. a.

Von allen diesen Projekten wurde das auf Anregung des Herrn Oberbergdirektor Dr. Gümbel von Baurat Salbach entworfene Projekt, die Quellen des Mangfallthales, insbes.

die Quellen bei Darching (Mühlthal) und bei der Reisachmühle, Kaltenbach, Kasperlbach und Heidebach, zur Wasserversorgung zu fassen, als am entsprechendsten befunden und wurden demgemäss die Quellen vorsorglich angekauft (22. Dez. 1874 u. 10. Sept. 1875). Es wurde jedoch vor der endgültigen Beschlussfassung die Vornahme andauernder Quantitätsmessungen, die chemische Untersuchung der Wässer und Untersuchung auf Sinterbildung angeordnet, was einen Zeitraum von 6 Jahren erforderte, während welcher Zeit die anderen Projekte ausgearbeitet und geprüft wurden.

Es konnte jedoch durch letztere dem Mangfallthalquellenprojekt der Boden nicht entzogen werden, nachdem die in der Zwischenzeit angestellten Untersuchungen zur Zufriedenheit ausgefallen waren.

Es wurden nämlich teils im hygienischen Institut München, teils von Herrn Univ.-Professor Dr. L. A. Buchner genauere chemische Untersuchungen angestellt, nachdem das Stadtbauamt Bestimmungen über die Wassermenge, Härte und Temperatur der Quellen fortlaufend gemacht hatte.

Auch ein in der Franziskanerbrauerei durch Herrn Joseph Sedlmayr angestellter Brauversuch fiel zu voller Zufriedenheit aus.

Die Resultate der chemischen Untersuchungen sind in nachfolgender Tabelle II zusammengestellt, eine Reihe von Zahlen wurde mir von den Analytikern, den Herren Dr. Egger und Dr. Sendtner in liebenswürdigster Weise überlassen. Auch von Herrn Prof. A. Wagner in München wurden Untersuchungen ausgeführt, dieselben sind jedoch nicht zur Veröffentlichung gekommen und geht nur aus einer Arbeit im bayr. Industrie- und Gewerbeblatt 1877 Seite 355 hervor, dass das Wasser des Kasperlbaches, des Kaltenbaches und der Heidebäche in den Jahren 1875—77 nach diesen Untersuchungen ziemliche Schwankungen zeigte.

Tab. II.

In 1 liter mg.	Rück-stand	Kalk	Mag-nesia	Chlor	Sauerstoff-verbrauch	Härte deutsche Grade
Analysen von Buchner:						
Kaltenbach	240	107	24	1.2	—	14.06
Oestl. Heidebach	230	106	23.8	2.1	—	13.97
Westl. „	230	106	23.8	1.5	—	13.97
Kasperlbach	290	140	33.0	—	—	18.62
Analysen vom hyg. Inst.						
Kasperlbach	245	—	—	4.0	0.4	—
Kaltenbach	220	—	—	4.0	0.4	—
Stollen Ia	272	90.8	—	10.8	1.2	—
„ Ib	272	94.3	—	9.9	1.0	—
Östl. Heidebach	251	85.6	—	5.6	0.2	—
Westl. „ I	282	95.0	—	5.6	0.2	—
„ „ II	286	102.5	—	3.7	0.5	—
Quelle bei Talham	260	97.5	—	8.5	0.2	—
„ II „ „	252	102.7	—	4.7	1.5	—
Stollen Ia	284	110.8	—	5.6	1.0	—
„ Ib	296	112.5	—	7.5	1.0	—
„ II	275	—	—	9.0	1.9	—

Ammoniak und Salpetrige Säure waren nie nachweisbar, Salpetersäure trat nur vereinzelt und dann in Spuren auf.

Des Weiteren fand Buchner in den von ihm untersuchten Wässern:

Pro 1 lt. mg.	In Wasser wieder lösliche Stoffe des Abdampfrückstandes	Freie u halbgebundene Kohlensäure	Kiesel-säure	Schwefel-säure
Kaltenbach	45	200	7.4	15.7
Östl. Heidebach	45	170	0.8	8.0
Westl. „	20	170	15.0	2.5
Kasperlbach	23	300	—	—

In der Bevölkerung wurde häufig die Meinung laut, es solle die Mangfall selbst eingeleitet werden, was durch die einfache, aber fälschliche Bezeichnung „Mangfalleitung“ verursacht wurde. In der That handelte es sich aber um Quellen des Mangfallgebietes, welche durch Stollen abgefasst und der Stadt zugeleitet werden sollten.

Dass diese Wässer eine andere Zusammensetzung als das Wasser der Mangfall zeigen, geht aus dem Vergleich der folgenden Analysen hervor. Flusswasser enthält weniger kohlen sauren Kalk als Quellwasser derselben Formation und zeigt im Laufe eines Jahres ziemliche Schwankungen im Gehalt an gelösten Stoffen und besonders an suspendirten Bestandteilen.

Zum Vergleich füge ich die Analyse von Isarwasser bei, das nach dieser Analyse von Emmerich¹⁾ eine ähnliche Zusammensetzung wie das Mangfallwasser zeigt. Die weiter angeführten Analysen von Isarwasser bei Hochwasser und bei andauernder Trockenheit lassen erkennen, wie die Zusammensetzung von Flusswasser schwanken kann:

In 1 liter mg	Rückstand	Suspendirte Stoffe	Kalk	Chlor	Sauerstoffverbrauch	Härte
Kasperlbach	260	0	101.0	4.7	0.5	—
Mangfall	221	nicht bestimmt	71.9	4.7	0.5	—
Isar bei Trockenheit	210	1.6	69.6	1.4	0.8	10.9
„ „ Hochwasser	195	9.9	67.7	0.7	1.8	—

Aus dem Vergleich der Zahlen der Tab. II geht nun allerdings hervor, dass die einzelnen Quellen in ihrer Zusammensetzung nicht unbeträchtliche Schwankungen zeigten, wie auch Herr Professor Wagner gefunden hatte, der desshalb von einer Fassung dieser Quellen abriet.

Da aber die Proben an den natürlichen Ausflusstellen entnommen werden mussten, so lag doch die Vermutung nahe, dass nach Beseitigung eines Luftzutrittes Wässer von

1) Emmerich-Brunner, Die chemischen Veränderungen des Isarwassers während seines Laufes durch München. Zeitschrift für Biologie. 1878. Seite 190.

gleichmässiger Zusammensetzung erhalten werden müssten, eine Vermutung, welche sich durch die Analyse der Stollenwässer bestätigte.

Vergleicht man die Zahlen der Tab. II ferner mit den geforderten Grenzwerten, so geht hervor, dass das Wasser der verschiedenen Mangfallthalquellen den gestellten Anforderungen entsprach.

Nachdem erkannt worden war, dass dem Projekte Salbachs keine verlässigen Messungen zugrunde lagen, drang die Subkommission auf die Ausführung solcher und begann durch die Ingenieure des Stadtbauamtes selbst solche vorzunehmen. Vor allem wurde der Ergiebigkeit der Quellen ein hervorragendes Augenmerk geschenkt, nachdem damals schon die üblen Erfahrungen, welche man in Wien mit einer Hochquellenleitung in dieser Richtung gemacht hatte, bekannt waren.

Was die Niederschlagsmengen im Quellgebiet anlangte, so wurden dieselben 1878

zu 1340.98 mm gegenüber
 757 „ in München und
 1082 „ in Tegernsee gefunden.

Dass in der That ein wasserreiches Gebiet gefunden war, das ein Herabsinken unter die Mindestwassermenge (520 Sekundenliter) nicht befürchten liess, zeigten die vom September 1875 bis Oktober 1879 in 14tägigen Zwischenräumen ausgeführten Messungen.

Es gaben nämlich in diesem Zeitraum

Kasperlbach	280.7	sl	mindeste u.	668.62	sl	grösste Menge
Heidebäche	105.05	„	„	819.67	„	„
Gotzinger Quellen	71.56	„	„	209.10	„	„
Kaltenbach	105.05	„	„	654.13	„	„

im Ganzen 562.36 sl mindeste u. 2351.52 sl grösste Menge

Trotzdem also bereits die mindeste Wassermenge um 42.36 sl über den Bedarf hinaus geht, so mussten doch noch mindestens 484 sl zugerechnet werden, welche durch die kleineren, aber fassbaren Quellen geliefert werden konnten, so dass

also im Mindesten 1048 Sekundenliter zur Verfügung standen und für die einstweilige Wasserversorgung also nur die günstigsten Quellen ausgewählt zu werden brauchten.

Diese Messungen der Ergiebigkeit, der Niederschlagsmengen und der Höhen führten zu der Erkenntnis, dass die von Baurat Salbach vorgeschlagenen Quellen bei Talham für die Wasserversorgung Münchens ihrer starken Ergiebigkeitsschwankungen wegen in zweite Linie zu stellen seien und dass die Zuleitung der Quellen zum Hochreservoir und die Anlage desselben erheblich günstiger ausgeführt werden könne, als dies von Salbach projektirt war.

Auch von Baurat Salbach wurde in 4 Nachträgen das Projekt mehrfach beleuchtet und eingehender behandelt, als dies im ersten Bericht geschehen war — immerhin aber stellten sich die Voranschläge für die Projekte Salbachs erheblich höher als die Subkommission sie für ihr Projekt berechnete. Die Voranschläge Salbachs schwankten von 11 340 000 bis 8 100 000 Mark, während das Projekt der Subkommission bei gleicher Leistungsfähigkeit nur 5 785 475 Mark veranschlagte.

Am 17. December 1879 legte die Subkommission, bestehend aus den Herren

Dr. W. Gümbel, k. Oberbergdirektor und Professor,

G. Erhard, k. Bankinspektor,

F. Eckart, Gemeindebevollmächtigter,

Ph. Schanzenbach, Magistratsrat,

A. Zenetti, Stadtbaurat,

ihren Bericht über die Wasserversorgung Münchens vor, worin sie unter eingehender Würdigung der Projekte Isarthal—Gleisenthal—Buchendorf—Kesselberg—Mangfallthal zur Wasserversorgung das Projekt Mangfallthal in einer von dem Projekte Salbachs abweichenden Ausführung empfahl.

Was vor allem die Wassermengen anlangte, so ergaben das Projekt Kesselberg bedeutende Schwankungen der 12 Quellen, so dass 520 sl teilweise keinenfalls erreicht wurden.

- das Projekt Gleisenthal ein rasches Leerpumpen der Grundwasserbehälter und nicht genügenden Zufluss.
- „ „ Isarthal a) (beiderseitig) bei Einziehung aller verfügbaren Quellen nur 158.3 sl, also mit Beibehaltung der 3 grossen Brunnenwerke Münchens mit 282 sl im Ganzen 440.3 sl.
- „ „ Isarthal b) (linksseitig) bedeutende Schwankungen und unzureichende Mengen.
- „ „ Mangfallthal 1048 sl.
- („ „ Buchendorf hatte überhaupt keine Messungen.)

Die Kosten anlangend stellten sich, abgesehen vom eigentlichen Betrieb, insbesondere dem Betriebe der Pumpen, sowie vom Umbau der bestehenden Brunnenwerke, welche mit Ausnahme der beiden Hochquellenprojekte alle andern Projekte erforderten, die Projekte folgendermassen:

Projekt Kesselberg	10 500 000 M.	
„ Buchendorf	4 800 000 „	(nur Schätzung!)
„ Gleisenthal	—	
„ Isarthal a	6 282 000 „	
„ „ b	3 800 000 „	(zu nieder gegriffen!)
„ Mangfallthal	5 785 475 „	

Was die Wasserqualitäten anlangt, ergaben die überall klaren, farblosen Wasser nach Analysen von Professor Feichtinger

	In 1 lt mg	Rückstand	Wieder in Wasser löslich:	Bemerkungen
Kesselbach	27. 12. 77	326	148	} Chlor, Salpetersäure u. Schwefelsäure vorhanden, meist Calcium u. Magnesium - Carbonat
„	19. 7. 78	265	102	
Gleisenthal	14. 7. 78	236	33	
„	7. 10. 78	272	48	
„	21. 7. 79	264	44	

Das Wasser der Grosshesseloher Quellen wurde im hygienischen Institut untersucht und ergab in 1 liter

270 mg Rückstand

3 „ Chlor

86.8 „ Kalk

155.0 mg freie u. halbgebundene Kohlensäure
4.0 „ Salpetersäure.

„Die Vorzüge des Mangthalquellenprojektes bestehen „somit nicht allein in dem grossen Reichthum an Quellen, „deren Wassermenge das programmässige Quantum weit „übertragt, sondern auch in deren glücklicher Höhenlage, „welche dieselben mit natürlichem Gefälle nach München „bringt und daher jede maschinelle Einrichtung erspart.“

Am 24. Febr. 1880 genehmigte denn auch der Magistrat, am 24. März 1880 das Kollegium der Gemeindebevollmächtigten 6 000 000 Mark zur Ausführung der Wasserversorgung Münchens mit Quellen des Mangfallthales nach dem von der Subkommission vorgelegtem Projekt. Da Herr Baurat Salbach die Ausarbeitung des Detailprojektes und des Kostenvoranschlags für sich beanspruchte, die Gemeindevertretung hingegen auf Grund des Projektes der Subkommission zur Ausführung der Leitung schritt, so führte dies zu einem Prozess, der schliesslich durch einen Vergleich beigelegt wurde.

Beschreibung der Leitung.

Die Ausführung der Leitung gestaltete sich nach dem Plane der Subkommission folgendermassen:

Von den 6 Quell-Gruppen des linken Mangfallthales sind die zwischen der Maxlmühle bis zum Kasperlbach liegenden als Stammanlage gefasst, nämlich

Quellgruppe II zwischen Maxl- und Weiglmühle und

„ III: Kasperlbach, mit Gesundbrunnen und Pechlerbach, die südlicheren Quellgruppen sind zum Teil vorsorglich angekauft, um bei einer nötigen Vergrösserung der Leitung gefasst werden zu können.

Die Messungen ergaben für die genannten beiden Quellgruppen eine Ergiebigkeit von mindestens 581 Sekundenlitern, somit mehr als im Programm gefordert war, nämlich 520 sl.

Ausserdem stand zu erwarten, dass durch die Fassung

die Wassermenge noch vermehrt werden könne, eine Voraussetzung, welche sich vollauf bestätigte. (Siehe Tafel I.)

Die Entfernung dieser Quellen von München beträgt 40–45 kilometer, ihre Höhenlage 100 m über der eisernen Schwelle am Mittelportal der Frauenkirche, dem Normalfixpunkt Bayerns, welcher 518.9 m über dem Spiegel des adriatischen Meeres liegt. Da das höchst gelegene Gebiet in Giesing 536 m, in Sendling 535 m über der Meereshöhe, oder 17.1, bzw. 16.1 meter über dem Normalfixpunkt liegt, so war auch in den hochgelegenen Stadtteilen je nach der Lage des Hochreservoirs ein genügender, natürlicher Druck zu erwarten.

Zur Fassung der Quellen dient ein 1440 m langer Kanal mit einem Gefälle 1:2000 und dem Querschnitt 1.5×1.0 m, (und 325 m Eisenrohrleitung von 800 mm lichter Weite, Pechlersiphon) der die Quellen an ihren natürlichen Ausgangsstellen aufnimmt. Im Gehänge des Mangfallthales wird dieser Kanal zu einem Ableitungsstollen aus Ziegelmauerwerk in einer Länge von 2835 m, mit dem Gefälle 1:5000 und dem eiförmigen Querschnitt 2.0×1.33 m.

Den Höllgraben, ein Trockenthal bei Valley, kreuzt die Leitung mittelst Eisenrohr von 800 mm lichter Weite als Siphon in einer Länge von 400 m und geht als Stollen von 2485 m Länge mit dem Profil und dem Gefälle des ersten unter Hohentilching zum Teufelsgraben, dem scharf eingeschnittenen Mangfallthal bei Grub. Derselbe wird von der Leitung als Siphon in einem Eisenrohr von 800 mm Durchmesser und 1000 m Länge gekreuzt und führt nun längs der Strasse zur Grubmühle, von dort längs der Bahn nach Peiss und von dort zum Hochreservoir bei der Bahnstation Deisenhofen und zwar als Betonkanal mit Backsteinwänden in verschiedener Ausführung:

a) Von Grub bis zur Kreuzung der Römerstrasse bei Göggenhofen:

3160 m, Gefälle 1:2500 und 1:250, Profil $1.50 \times 1.3 \times 0.6$ m,

Durchschnittliche Tiefe unter der Oberfläche 2 m.

b) Von Göggenhofen bis zum Hochreservoir:

19600 m Länge, Gefälle 1:1000, Profil 1.35×0.7 m, Durchschnittliche Tiefe 3 m, bei Dürnhaar 4 m.

Durch die Ortschaft Otterloh führt ein Eisenrohrstrang von 900 mm Durchmesser und 300 m Länge.

Das Hachingerbachthal (Gleisenthal) wird mit 2685 m Eisenrohr von 750 mm Durchmesser gekreuzt.

Das Hochreservoir liegt an der Waldgrenze des Grünwalder Forstes bei der Eisenbahnstation Deisenhofen, 9 km von der Stadt entfernt und 65 m über dem erwähnten Fixpunkt.

Das Reservoir ist aus Backsteinbau mit Beton hergestellt, ist 2 m tief in die Erde eingegraben, hat einen Wasserstand von 3 m Tiefe, und ist oben mit Erde und Rasen bedeckt. Es besteht aus 2 Kammern, die Seitenlänge einer jeden beträgt 82 m; der Gesamtfassungsraum ist 37500 cbm.

Das Ueberwasser wird durch einen offenen Kanal erst längs der Bahnlinie Holzkirchen—München, dann quer durch den Grünwalder Forst zur Isar geführt.

Vom Hochreservoir führt eine doppelte Druckleitung aus 700 mm weiten Eisenröhren zur Stadt, d. h. bis zur Kreuzung der Tegernseer Landstrasse und der Pfarrhofstrasse in Giesing, die Länge jedes einzelnen Stranges beträgt etwa 8000 m, die Gesamtlänge 18247,45 m, die durchschnittliche Ueberdeckung 1.5 m. Von dort beginnt das Stadtrohrnetz, das aus Röhren von 100—700 mm Durchmesser und 1.5 m Ueberdeckung besteht. Die Isar wird an 4 Stellen immer unterhalb der Brücken mittelst Eisendückern von 700 mm Durchmesser unterfahren.

Die gesammte Länge der Leitung vom Beginn des Sammelkanals bis zur Kreuzung der Tegernseer Landstrasse und Pfarrhofstrasse ist 39000 m (39 km.) (Siehe Höhenkarte und Plan der Leitung.)

Zur Ausführung wurde die Arbeit in 2 Theile zerlegt und zwar wurde

1. Quellfassung, Zuleitung zum Hochreservoir und Ausführung desselben der Firma A. Aird und Marc, später A. Aird in Berlin am 27. Juni 1881,

2. Druckleitung und Stadtrohrnetz der Firma Ph. Holzmann und C. in Frankfurt a/M. (30. April 1881) als Mindestnehmenden zur Ausführung übergeben.

Die Oberaufsicht über die Arbeiten in Abteilung 1. wurden dem städt. Baubeamten Herrn H. Frauenholz, jene über Abteilung 2. dem städt. Ingenieur Herrn M. Dietrich übertragen, die Oberleitung über das gesammte Werk hatte die bereits genannte Subkommission.

Die Arbeiten nahmen im Frühjahr 1881 ihren Anfang und waren 1883 im Wesentlichen beendigt, so dass am 1. August 1883 die Leitung eröffnet werden konnte.

Bei der Uebernahme durch die Gemeinde hatte die Druckleitung eine Länge von 18247 m, das Rohrnetz war 153769.07 m lang, in dasselbe waren 1149 Hydranten und 732 Absperrschieber eingesetzt — die Ausführung der sämtlichen Arbeiten war eine vorzügliche.

Im März 1884 zeigten sich jedoch im Ableitungsstollen I Defekte, die zur Herstellung einer zweiten Ableitung zwischen Sammelkanal und II. Ableitungsstollen jenseits des Höllgrabens, welcher durch einen Aquaduct überschritten wird, führten, welche am 22. Dezember 1885 genehmigt wurde. Diese II. Ableitung wurde in einer Länge von 2178 m, wovon 480 meter 1200 mm weite gusseiserne Röhren, 920 mm Stollen mit einem Profil in Eiform vom $1,90 \times 1,25$ m und 778 m Gusseisenrohre von 900 mm LW., im Jahre 1885/6 vom Stadtbauamte um 585 000 M. gebaut. Durch diese Anlage war auch eine Reparatur des Stollens I möglich, die um 100 000 M. im Jahre 1886 durchgeführt wurde. Durch diese Doppelanlage gelang es, bedeutend mehr Wasser zuzuleiten, als beabsichtigt wurde, nämlich statt 37 500 cbm täglich über 56 000 cbm.

Das Wasserwerk konnte somit 1886 als vollendet angesehen werden. Die Baukosten stellen sich folgendermassen:

	Voranschlag	Wirkl. Kosten
Grunderwerb und Abteilung 1	2 829 568 M.	3 027 253 M.
Entleerungsleitung	60 000 „	37 945 „
Abteilung 2	2 800 000 „	2 808 402 „
Bauleitung u. Unvorhergesehenes	310 432 „	481 943 „
	<u>6 000 000 M.</u>	<u>6 355 543 M.</u>

II. Ableitung und Reparatur von

Ableitungsstollen I	685 000 „
---------------------	-----------

Gesamtkosten	<u>7 040 543 M.</u>
--------------	---------------------

Ueber die Veränderungen am Bestande der Leitung veröffentlicht das Stadtbauamt in der Gemeindezeitung jährlich Berichte, welchen die untenstehenden Zahlen entnommen sind.

Die für die Sicherung der Rentabilität des Unternehmens nötigen Minimalbezüge und Wasserpreise wurden von Herrn I. Bürgermeister Dr. v. Erhardt berechnet und am 15. Nov. 1882 bekannt gegeben. Die jährlichen Ausgaben waren ab 1891, von welchem Jahre aus man die Fertigstellung erwartete, zu 396 743 M. berechnet, so dass zur Deckung für den Wassergast ein Mindestbezug von 2 cbm täglich um 36 M. pro Jahr sich ergab. Unter diesen Bedingungen wird, wie es sich jetzt schon zeigt, die ganze grossartige Einrichtung sich selbst bezahlt machen und eine grosse Einnahmsquelle der Zukunft werden.

Die nötigen Bestimmungen und ortspolizeilichen Vorschriften wurden nach mehrfachen Aenderungen am 3. Aug. 1883, nach abermaliger Aenderung am 18. Jan. 1884, sowie am 24. Januar 1888 erlassen. Die endgültige Verordnung ist im Anhang beigegeben.

Der Wasserbezug durch die Abnehmer erfolgt nach zweierlei Systemen, entweder mittelst Aichhahn oder mittelst Wassermesser. Auch das Recht der „Ewigsteften“, wonach von 1555—1804 die Gemeinde gegen einmalige Zahlung einer bestimmten Summe sich verpflichtete, dem Inhaber des Rechtes, auf ewige Zeiten täglich 1 Steften

Wasser = 2 bayr. Mass pro 1 Minute zu liefern, wurde nach mehrfachen Verhandlungen im Jahre 1889 endgültig geregelt, indem die Gemeinde bei Bezug nach dem Wassersystem 2 cbm pro Tag, bei Bezug nach dem Aichsystem aber 3 cbm für den Steften liefert, in letzterem Falle aber der Besitzer auf den Auslauf in allen Stockwerken verzichten muss.

Endlich trat auch die Stadtgemeinde Schwabing als Wassergast ein und schloss ihre Wasserversorgung an die Münchener an. (20. Okt. 1888.)

Im Nachstehenden gebe ich noch eine Zusammenstellung der Aenderungen an der Wasserleitung von 1883 bis 1888.

Jahr	Stadtrohrnetz	Hydranten	Schieber	Angeschlossene Anwesen	% der Gesamtzahl
1883	153 769 m	1149 Stück	732 Stück		
1884	157 645	1186	762	4232	
1885	160 884	1208	781	4686	= 51.1%
1886	164 882	1241	816	5137	
1887	173 713	1314	867	5682	
1888	184 912	1411	930	6238	

Nach der Art des Wasserbezuges waren vorhanden und bezogen pro Tag:

Jahr	Aichhähne			Wassermesser			Ewigsteften.	
	Zahl	cbm. tägl.	cbm. durchschn.	Zahl	cbm. ges.	cbm. Durchsch.	Zahl	cbm.
1884	1917	6896	3.597	2315	9925	4.287	—	—
1885	1703	5885	3.455	2983	13751	4.609	382	884
1886	1448	4777,5	3.299	3689	16731	4.536	382	871
1887	1157	3892,5	3.364	4525	21066	4.655	382	855
1888	965	3275	3.394	5273	24580	4.661	382	845

Es macht sich eine deutliche Abnahme der Aichhähne geltend, welche gegenüber den Wassermessern die Nachteile haben, dass die Menge des Wasserzufflusses nicht beliebig geregelt werden kann, und die Anlage einer Reserve

am Dachboden oder Verzicht auf das Auslaufen in allen Stockwerken nötig ist. Ausserdem zeigt sich bei den Wassermessern ein grösserer durchschnittlicher Verbrauch an Wasser als bei den Aichhähnen, was zweifellos mit dem leichteren, angenehmeren Bezug zusammenhängt, der stets eine Steigerung des Konsums zur Folge hat. Allerdings ist auch zu bemerken, dass auf den Durchschnittsverbrauch die Grosskonsumenten, Brauereien etc., die alle mit Wassermessern versehen sind, einen beträchtlichen Einfluss ausüben.

Die täglich zur Verfügung stehende Wassermenge ist 56000 cbm oder 648 l in der Sekunde mit einer Druckhöhe von 30—60 m. oder 3—6 Atmosphären, gegen 285 Sek. liter der 7 alten städtischen Brunnerwerke.

Die Messungen der Niederschlagsmengen im Quellengebiet wie auch der Ergiebigkeit der Quellen wurden seit November 1884 in 14tägigen Zwischenräumen fortgesetzt; ich habe die Ergebnisse der Quellenmessungen in der Kurventafel I zusammengestellt.

Es ist hiezu zu bemerken, dass die Leistungsfähigkeit der Leitung zu 600 sek. lit. die geforderte Meistleistung von 520 sek. lit. noch weit übertrifft, so dass also selbst ein Herabsinken unter 600 sek. lit. einen Wassermangel in der Stadt nicht im Gefolge hätte.

(Dabei alle Einwohner, 300 000 von der Leitung versorgt gedacht, was ja tatsächlich noch lange nicht der Fall ist.)

Die städtischen Brunnerwerke wurden nach Massgabe ihrer Entbehrlichkeit theils verkauft, theils niedergedrissen, theils für spätere Zwecke (elektrische Beleuchtung) aufbewahrt. In Stand blieben von allen städtischen Leitungen nur der Auer Freifluss, und zur Aushilfe ist das Pettenkoferbrunnwerk mit dem neuen Rohrnetze verbunden, ausserdem aber die kgl. Leitungen und eine grosse Anzahl von Brunnen.

1885 besass München	9162	Anwesen		
mit Mangfallquellenleitung	4686	„	=	51.1 %
„ Auer Freifluss	89	„	=	1.0 %
„ Hofleitungen ¹⁾	871	„	=	9.5 %
„ Pumpbrunnen ²⁾	3516	„	=	38.4 %

Diese Verhältnisse dürften sich 1888 nur wenig geändert haben, mit Ausnahme einer Verminderung der Pumpbrunnen durch Ausdehnung der Leitung in neue Strassen; der grösste Teil der Mehrung dürfte auf Neubauten zu setzen sein. Tatsächlich ist also München noch weit davon entfernt, einheitlich mit Wasser versorgt zu sein.

Es wäre jedoch falsch, obiges Verhältnis der Anwesen auch auf die Einwohnerzahl anwenden zu wollen, da gerade die stark bevölkerten Stadtteile beinahe durchgehends mit Leitungswasser versorgt sind und die 38,4 % mit Pumpbrunnen versehenen Anwesen meist kleine, wenig besetzte Anwesen der Vorstädte vorstellen.

So werden z. B. durch die k. Hofleitungen in 871 Anwesen 23 302 Einwohner versorgt, für die anderen Leitungen war eine solche Ermittlung leider nicht tunlich.

Kontrolle der Leitung.

Für das Quellengebiet und das Hochreservoir sind eigene, dort wohnende Wächter aufgestellt, welchen auch die Begehung der zwischenliegenden Leitung obliegt.

1) v. Pettenkofer. Die Thyphusbewegung in München von 1851 bis 1887. Neueste Nachrichten 1889. Sep. Abdruck.

2) und Anwesen ohne Brunnen.

Der Wassermesserstand im Hochreservoir kann auch in der städtischen Kontrollstation auf der Kalkinsel mittelst elektrischer Uebertragung abgelesen werden.

Zur Kontrolle des Druck- und Stadtrohrnetzes, sowie der Messapparate sind ein Rohrmeister mit mehreren Rohrwartern, sowie Wassermesserwarte und Wasserbetriebsinspektoren als Unterbeamte des städtischen Oberingenieurs für Wasserversorgung aufgestellt.

Instruktionen für dieselben wurden am 9. Juli 1889 erlassen. (M. Gemeindezeitung 1889. No. 67 Beilage.)

II. Untersuchungen über das Wasser der Quellenleitung aus dem Mangfallthal.

Vom Magistrat der k. Haupt- und Residenzstadt München wird jährlich eine chemische Untersuchung des Leitungswassers durch die Untersuchungsanstalt für Nahrungs- und Genussmittel veranlasst. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden bisher in den Wasserversorgungsberichten in der Münchener Gemeindezeitung veröffentlicht.

Abgesehen von diesen Untersuchungen, welche ich in amtlicher Eigenschaft auszuführen hatte, habe ich seit 1884 eine fortlaufende Kontrolle des Wassers und verschiedene Untersuchungen über dasselbe ausgeführt.

Die Quellen des Mangfallthales entstammen dem oberbayerischen Alpenvorlande, welches ein auf tertiärem Mergel (Flinz) ruhendes wasserführendes Alluvial- und Diluvialgeröll (Kalkschotter) darstellt, das häufig verbacken als diluviale „Nagelfluh“ auftritt. Die Gemengteile der Nagelfluh sind Kalk, Dolomit und mergelhaltige Kalkrollstückchen, die auch von Mergel und kieseligen Substanzen begleitet sind.

Je nach dem Vorwalten des einen oder andern Gemengteiles wird daher die chemische Zusammensetzung der Nagelfluh eine schwankende sein; im Allgemeinen bilden den Hauptbestandteil die Karbonate von Kalk und Magnesia; der Gehalt an ersterem schwankt von 60—96⁰/₁₀₀, der an letzterem von 36—2⁰/₁₀₀, ausserdem finden sich noch Kieselsäure, kiesel-saure Salze, Thonerde und Eisenoxyd in wechselnden, geringen Mengen vor. Die Quellen des Mangfallgebietes müssen daher dieselbe chemische Zusammensetzung besitzen, wie andere reine Quellen dieses Alpenvorlandes; z. B. die

Quellen im Isarthal. Während aber diese Quellen in bebautem Land häufig mehr oder minder verunreinigt sind, z. B. das Grundwasser unter München, entstammen die Quellen des Mangfallthales einem jungfräulichen Boden, der hauptsächlich von Wald bestanden ist.

In der That zeigten auch die Analysen, welche mit dortigen Wässern angestellt wurden (Tab. II), dass das Wasser von Abfällen des menschlichen Haushaltes rein ist.

Äussere Eigenschaften.

Schon die äusseren Eigenschaften kennzeichnen das Wasser als ein sehr reines. Während Pumpbrunnenwasser aus dem Münchener Untergrunde oft gelb und sogar braun gefärbt und getrübt ist oder Flocken und lebende Organismen enthält, ist das Wasser der Mangfallquellenleitung stets vollkommen farblos und klar und frei von Flocken oder tierischen und pflanzlichen Bewohnern oder sonstigen suspendirten Stoffen. Diese Eigenschaften, wie sie schon Prof. Buchner und Geheimrat von Pettenkofer 1878 rühmen, hat das Leitungswasser seit 1883 stets bewahrt.

Die Reaktion des Wassers muss, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist, eine schwach alkalische genannt werden. Die Prüfungen der Reaktion wurden aus später zu erörternden Gründen auch auf gekochtes und unter Hochdruck behandeltes Wasser und auf die Lösung des Abdampfrückstandes ausgedehnt.

Tab. III.

Indikator	Wasser direkt	Wasser gekocht	Wasser gekocht unter Hochdruck	Lösung des Rückstandes
Lakmüstinktur	alkalisch	alkalisch	alkalisch	alkalisch
Lakmuspapier	schwach alkalisch	schwach alkalisch	„	„
Rosolsäure	alkalisch	stark alkalisch	„	„
Kochenille	„	„ „	„	„
Phenol-				
phtaleïn	sauer	„ „	schwach alkalisch	„
Methylorange	alkalisch	„ „	alkalisch	„

Herr Obermedizinalrat Professor Dr. Buchner schreibt den von ihm untersuchten Wässern ebenfalls alkalische Reaktion zu, ebenso Herr Professor Wagner. Die Prüfungen erfolgten jedoch nur mittels Lakmus und Kurkuma. Eine Ausnahme von der alkalischen Reaktion macht das Wasser gegen Phenolphthalein, gegen welches es schwach sauer reagiert. Das gekochte Wasser hingegen reagiert stark alkalisch gegen Phenolphthalein, ebenso die Lösung des Abdampfrückstandes, dagegen reagiert das unter Hochdruck behandelte Wasser viel schwächer alkalisch.

Die Temperatur des Wassers wurde bei den Probenahmen zur chemischen Analyse stets beobachtet. Die Messungen wurden hinter dem Haupteinlauffahn des hygienischen Instituts ausgeführt.

12. VI.	1886	11.2° C	18. V.	1887	10.2° C	16. IV.	1888	9.0° C
26. VIII.	„	11.5	21. VI.	„	11.2	18. V.	„	10.0
6. IX.	„	11.6	19. VII.	„	11.8	6. VII.	„	10.7
15. XII.	„	10.0	4. X.	„	11.0	6. VIII.	„	11.3
14. II.	1887	8.0	18. XI.	„	9.2	20. X.	„	10.0
1. III.	„	7.5	30. I.	1888	8.0	6. XI.	„	10.0
30. III.	„	8.5	17. II.	„	7.0	11. XII.	„	9.0
20. IV.	„	9.0	21. III.	„	8.0			

Die beobachteten Schwankungen von 7.5 bis 11.8 betragen somit 4.3° , gegenüber einer Schwankung von -18° bis $+31^{\circ}$ C = 50° der Lufttemperatur.

Im Programm wurde für die Temperatur am Ursprung $7\frac{1}{2} - 8^{\circ}$ R = $9 - 10^{\circ}$ C gefordert, wobei die Schwankung nur 1° betragen sollte. Es geschah dies deshalb, weil man aus der Erfahrung weiss, dass Sickerwasser (vom Regen) seine Temperatur je nach der Jahreszeit und der Menge des Niederschlages ändert, während eine gleichbleibende Temperatur den Quellen oder tieferem Grundwasser zukömmt. Die Messungen an den Quellen haben denn auch die geforderten Resultate ergeben, da die Schwankung nur 1.7° betrug und 1° wohl zu nieder gegriffen war.

Aber auch das Wasser der Leitung behält an Punkten, an denen ein steter Durchfluss frischen Wassers stattfindet,

seine Temperatur fast bei, wie aus obigen Messungen hervor- geht. Auch das Wasser der Münchener Pumpbrunnen zeigt ähnliche Schwankungen (7 bis 11° C). Diese am hygienischen Institut ausgeführten Messungen können jedoch nicht auf das ganze Leitungsnetz als massgebend ausgedehnt werden. Zwar ist das Netz nach dem Kommunikationssystem hergestellt, allein bei der Ausdehnung der Stadt waren doch „tote Enden“ unvermeidlich. In diesen „toten Enden“ findet eine nur mangelhafte Wassererneuerung statt und es kann daher hier das Wasser in höherem Grade durch die Temperatur des Bodens beeinflusst werden.

In der Tat wurden aus dem Publikum bald Klagen über eine zu hohe Temperatur des Wassers laut und selbst in Magistratssitzungen wurde das Wasser als „eher zum Baden als zum Trinken tauglich“ erklärt. Es wurde daher beschlossen (31. VII. 1885), die „toten Enden“, deren die Leitung 81 besass, regelmässig auf ihre Temperatur zu beobachten, gleichzeitig dieselben möglichst zu vermindern und in andern Städten Erhebungen über diese Fragen anzustellen.

Ein ausführlicher Bericht darüber wurde am 1. Mai 1886 erstattet.¹⁾

Die Messungen an den verschiedenen Punkten der Leitung erschienen in graphischer Darstellung als Beilagen der Wasserversorgungsberichte von 1887 und 1888²⁾.

Nach Umrechnung in Celsiusgrade ergibt sich hieraus folgende Tabelle:

	1886		1887		1888	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Hochreservoir	8.75	8.13	8.75	8.25	8.75	8.38
Wassermesserstation	12.13	7.00	11.00	7.25	—	—
Entleerung Pfarrhofstrasse	9.38	7.75	9.38	7.00	9.38	7.88
„ Landsbergerstr.	10.75	7.38	10.38	1.88	13.75	2.00
Endhydrant Ismaningerstr.	17.50	2.50	18.13	1.88	14.38	1.50
„ Plinganserstr.	15.63	1.75	16.88	2.00	14.75	2.50
„ Türkengraben	16.25	1.13	20.00	1.88	14.13	1.25

1) Münchener Gemeindezeitung. 1886, No. 38 Beilage.

2) Münchener Gemeindezeitung 1887 No. 62, 1888 No. 64.

Im Hochreservoir bleibt somit die Temperatur des Wassers Jahr aus, Jahr ein fast völlig gleiche — die Schwankungen betragen noch nicht 1° , dasselbe wurde 1888 an den Quellaussagen beobachtet. Auch an den Punkten des Stadtröhrennetzes, an denen ein rascher Durchfluss des Wassers stattfindet, (Entleerung Pfarrhofstrasse, Wassermesserstation) sind die Schwankungen nicht sehr bedeutend und ähnlich denen, welche ich im hygienischen Institut fand.

In den „toten Enden“ hingegen treten je nach der Jahreszeit beträchtliche Schwankungen ein, die im Sommer das Wasser schal machen, im Winter es fast zum Gefrieren bringen.

Es ist daher unbedingt notwendig, die „toten Enden“ aufzugeben und entweder durch Zirkulationsleitungen oder durch Entleerungen in die Kanäle eine stete Wassererneuerung herbeizuführen.

In der Forstenriederstrasse laufen seit April 1888 2,66 sl ständig ab, die beobachteten Schwankungen waren von $3.75 - 12.50^{\circ} \text{C}$.

In der Schleissheimerstrasse laufen seit Juni 1888/9 4.35 sl ständig ab, die Schwankungen waren bisher von 6.25 bis 11.25°C .

Der Türkengrabenstrang endlich wurde mit Schwabing verbunden, worauf die Schwankungen im Winter 1888/9 fast ganz verschwanden (ca. 6.2°C).

Es ergibt sich daraus, dass die Schwankungen um so geringer werden, je grösser der Durchfluss ist.

Ein grosser Teil der Klagen des Publikums findet aber nicht in der Anlage der Leitung seine Erklärung — denn die Leitung liefert das Wasser trotz der 40 km Entfernung nur um 3 Grad wärmer als es am Ursprung ist — sondern in der Anlage der Hausleitungen. In Häusern mit Wassermessern oder Reserven steht das Wasser oft stundenlang in engen Röhren oder kleinen Reserven und ist der Lufttemperatur vollkommen ausgesetzt. Dass dann im Winter die Röhren bei mangelhaftem Schutz einfrieren oder dass

das Wasser im Sommer bis 25⁰ C warm wird, darf nicht wunder nehmen, dagegen hilft nur ein steter Abfluss am obersten Punkte der Leitung.

An öffentlichen Brunnen wurden 1888 folgende Schwankungen beobachtet:

Am Viktualienmarkt bei Haus Nr. 11	6.50 ⁰ C bis	11.63 ⁰ C
„ Petersplatz	6.00	„ 12.38
„ Sendlingerthorplatz	7.38	„ 10.50
An der Ecke Nymphenburger-Erzgiessereistr.	5.00	„ 11.75

Mit Ausnahme des Brunnens am Sendlingerthorplatz, eines Zierbrunnens mit wechselndem Wasserverbrauch sind die Brunnen kleine fortwährend laufende Röhrenbrunnen und daher geeignet, ein Bild des Einflusses einer kürzeren engeren Rohrleitung zu geben.

Uebrigens lässt sich der Mangel auch in Hausleitungen leicht beheben, indem man das in den Röhren stehende Wasser erst abfließen lässt, man hat dann in kürzester Zeit Wasser, das Sommer wie Winter nur geringe Temperaturschwankungen zeigt.

Zweifellos ist das leichter zu machen, als die früheren Zustände herbeizuwünschen, wo man das Wasser erst pumpen, dann in die Wohnung tragen oder ziehen und dort oft tagelang in Eimern aufbewahren musste, wo auch das Wasser dann „lack“ oder warm wurde.

Lebende Organismen im Wasser.

Um zu ersehen, ob die zu fassenden Wasser lebende Organismen enthielten, wurde 1874 von Herrn Privat-Dozent Dr. C. O. Harz eine mikroskopische Untersuchung ausgeführt, wonach sich im Wasser Keime von Chlorophyll-Algen Diatomeen und chlorophyllfreien Organismen, insbes. Wasserbakterien, aber in äusserst geringer Zahl vorfanden.

Im hygienischen Institut sind wiederholt bakteriologische Untersuchungen des Leitungswassers nach dem Koch'schen Verfahren vorgenommen worden.

Aus den hierüber bereits veröffentlichten Arbeiten ist Folgendes zu entnehmen:

C. Leone¹⁾ fand, dass das Wasser im Rohrnetz der Leitung fast bakterienfrei ist, indem es in 1 ccm nur 5 Mikroorganismen enthält (am Einfluss in das Institut). Lässt man aber das Wasser einige Zeit stehen, so vermehren sich die Bakterien ganz ungeheuer und nehmen nach längerer Zeit wieder ab. So fand Leone

beim Einlauf nach 1 Tag	in 1 ccm	5 Mikroorganismen
„ 2 Tagen	„ „ „	100 „
„ 3 „	„ „ „	10 500 „
„ 4 „	„ „ „	67 000 „
„ 5 „	„ „ „	315 000 „
„ 10 „	„ „ „	mehr als 500 000 „
„ 30 „	„ „ „	300 000 „
„ 180 „	„ „ „	120 000 „
		95 „

Diese Vermehrung der Bakterien tritt ein, gleichgültig ob das Wasser bewegt ist oder ruhig steht.

Dr. C. Kraus²⁾ fand in 1 ccm des in das Institut einlaufenden Wassers 20—30 Mikroorganismen, welche bei der Kultur in Nährgelatine aniso-diametrische Kolonien von gelblich grüner Farbe bildeten und erst am 6.—7. Tage die Gelatine verflüssigten.

Ausserdem fand sich in geringer Zahl eine Stäbchenart vor, welche gelbe runde oder ovale Kolonien mit Fischschuppen ähnlicher Zeichnung bildete und die Gelatine nicht verflüssigte.

Als Dr. Kraus pathogene Spaltpilze (Typhusbazillen, Cholerabazillen, Milzbrandbazillen) in grosser Zahl (10 000—60 000 pro 1 ccm) in das Wasser brachte, ergab sich, dass schon nach 3—5 Tagen (die Kommabazillen schon nach

1) Archiv für Hygiene. 4. Band. 168.

2) Archiv für Hygiene. 6. Band. 242.

i Tag) die pathogenen Spaltpilze durch die gewöhnlichen Wasserbakterien total vernichtet waren.

In Münchener Grundwasser finden sich in 1 ccm 180—1500 Spaltpilze, so dass das Mangfallquellenwasser selbst nach 24stündigem Stehen noch nicht den Bakteriengehalt des gewöhnlichen Münchener Brunnenwassers erreicht hat.

H. Buchner fand im Juli bis August 1885 pro ccm Wasser der Mangfallquellenleitung	7—	180	Bakterien
„ Brunnthaler Leitung	32—	1500	„
eines Pumpbrunnens (alte Isarkaserne)	44—	8000	„
„ „ (Hofgartenkaserne)	60—	10000	„

In den Quellen der Brunnthaler Leitung fanden sich pro ccm keine oder 5 Bakterien vor.

Das frische Leitungswasser ist daher fast absolut bakterienfrei, die im Wasser enthaltenen Pilze sind unschädlich und vernichten etwa in das Wasser gelangte Krankheitskeime in kürzester Zeit.

Aus den Untersuchungen der verschiedenen Forscher geht ein ziemlich verschiedener Bakteriengehalt des Leitungswassers (nach Leone 5, nach Buchner bis 180) hervor. Schon Buchner macht die Bemerkung, dass es nicht unwesentlich sei, wie lange das Wasser im Rohr gestanden habe, und wenn man Leones Versuche betrachtet, so geht daraus in der Tat hervor, dass dadurch beträchtliche Schwankungen bedingt sein können, selbst wenn das Wasser längere Zeit ausläuft.

Dass aber die Bakterien ursprünglich nicht im Wasser, sondern an den Wandungen der Wasserfassungen haften und von dort aus in das Wasser gelangen und sich erst vermehren können, geht unzweifelhaft aus einer Arbeit von Fränkel (Zeitschrift für Hygiene 1889. S. 23) hervor. Danach „tritt Grundwasser als solches keimfrei in die Brunnen und nimmt etwaige Verunreinigungen in der Gestalt von Mikroorganismen erst innerhalb der letztern auf.“ Konnte nun Fränkel dies schon für den verunreinigten Untergrund Berlins nachweisen, so ist es um so sicherer der Fall bei dem reinen Grundwasser

des Mangfallthalseitengebietes, das in Gestalt von Quellen ausströmt.

Die vorgefundenen Bakterien können sich daher nur im Gebiet des Freilaufes oder der Leitung entwickelt haben, und besonders günstig sind hiezu die „toten Enden“, in denen das Wasser wenig strömt; ein Umstand mehr, welcher die möglichste Beseitigung dieser Endstränge ohne Wasserabfluss notwendig macht.

In Teilen der Leitung mit rasch strömendem Wasser aber kann in Folge der niedern Temperatur und der beständigen Erneuerung des Wassers eine bemerkliche Vermehrung etwa darin befindlicher Bakterien nicht eintreten.

Chemische Untersuchung.

Die chemische Untersuchung des Wassers habe ich nach den allgemein gebräuchlichen gewichtsanalytischen Methoden ausgeführt — nur in betreff der Kohlensäurebestimmungen mussten mehrere der angegebenen Methoden geändert werden. Die Untersuchung des Wassers gab Anlass, die Methoden der Kohlensäurebestimmung eingehend zu prüfen und habe ich diese Arbeiten eigens zusammengestellt. (Teil III)

Die qualitative Untersuchung des Wassers ergab die Anwesenheit folgender Stoffe:

1. Gase: Sauerstoff. Stickstoff. Kohlensäure.
2. Salze mit den Basen: Calciumoxyd. Magnesium-
Kalium- Natriumoxyd.
„ „ „ Säuren: Kohlensäure. Kieselsäure.
Schwefelsäure. Chlor-
wasserstoff (und zeitweise
geringe Spuren Salpeter-
säure.

3. Organische Stoffe.

Ammoniak- und Salpetrigsaure Salze, wie auch Eisen waren nie nachweisbar.

Die quantitative Bestimmung der Einzelbestandteile ergab folgende Resultate:

Tabelle V.

In 1 liter Milligramme. (Härte in deutschen Graden).

Datum der Untersuchung	Abdampf- rück- stand	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Si O ₂	SO ₃	N ₂ O ₃	Cl	CO ₂ frei und halb- geb.	Härte		
											gesamt	bleib.	
1883	Dr. Emmerich	292	116.6	32.1	—	—	—	—	—	—	16.3	—	
1884		315 ⁽²⁾	108.4	30.4	—	—	—	—	4	—	15.0	—	
24. IX. 1885		286	108	35.0	—	5.5	5.1	2.0	4	—	15.5	—	
19. X. „		274	109	29.5	—	5.2	4.1	—	4.5	—	15.03	—	
24. III. 1886		278	110	33.8	0.9	2.2	6.0	5.1	—	4.1	133.8	15.7	4.8
3. II. „		278	112	32.4	—	—	7.5	—	4.6	135.4	15.7	—	
25. IV. „		280	106	31.7	—	—	4.8	1.6	4.6	136.1	15.0	4.9	
6. VII. „		283	110	33.8	1.1	1.9	4.6	5.0	1.6	4.1	133.8	15.7	4.7
15. VII „		284	108	33.8	—	—	—	2.0	4.1	—	15.53	—	
29. XII. „		282	111	35.0	2.1	2.3	6.4	7.1	—	4.7	135.1	16.02	5.2
4. VIII. 1887		282	114	32.8	2.10	2.30	6.5	2.8	—	4.0	136.5	16.00	5.0
29. II. 1888		281	112	33.1	0.9	2.0	8.0	4.1	—	4.0	136.2	15.80	4.5
19. V. „		282	112	33.1	1.2	2.10	6.0	5.2	—	4.0	133.9	15.80	(4.6)
Mittel		281	110	32.9	1.7	2.1	6.0	5.2	0.7	4.1	135.4	15.61	4.85
1. III. 1889.		281	114	31.7	0.8	1.0	5.0	4.8	1.0	4.0	134.0	15.8	4.4

Zur Oxydation der organischen Substanzen wurde verbraucht Sauerstoff

am	6. VI.	1886	0.7 mg
„	4. VIII.	1887	0.6 „
„	29. II.	1888	0.6 „
„	1. III.	1889	0.5 „

Diese Zahlen beziehen sich auf die vom Stadtbauamt übersandten Wässer.

Bei den andern Untersuchungen, zu denen Wasser vom Haupthahn des hygienischen Instituts diente, waren zur Oxydation der organischen Substanzen gewöhnlich pro 1 lt 0.2—0.3 mg Sauerstoff benötigt.

Dieses Resultat stimmt gut überein mit dem Glühverlust des Trockenrückstandes, wenn man die verloren gegangene

Kohlensäure ersetzt durch Behandeln des Glührückstandes mit Ammonkarbonat, der Glühverlust betrug dann 2—3 mg pro l.

Wurde die Kohlensäure jedoch nicht ersetzt, so ergab sich je nach der Stärke und Zeitdauer des Glühens ein Verlust von 20—40 mg pro 1 lt.

So fand Emmerich 1884 einen Glühverlust von 33—36 mg pro l und auch eine neuerlich im Laboratorium des Herrn Prof. Bunte ausgeführte Analyse ergab 40 mg Glühverlust.

Die Härtebestimmungen sind gewichtsanalytisch, d. h. durch Bestimmung von Kalk und Magnesia und Umrechnung der letzteren auf Kalk, ausgeführt. Titrirungen mit Seifenlösung nach Clark ergaben

10.6 deutsche Grade Gesamthärte gegen 15.8 durch Gewichtsanalyse,
 4.0 deutsche Grade bleib. Härte gegen 4.8 durch Gewichtsanalyse,
 somit Resultate, welche die oft gemachte Wahrnehmung, dass die Seifentitrirung ungenaue und falsche Werte gibt, nur zu sehr bestätigen.

Die weitere Analyse, welche in Karlsruhe im Auftrage des Vereins deutscher Gas- und Wasserfachmänner ausgeführt wurde, ergab pro 1 lt

278	mg	Rückstand (bei 110° C getrocknet.)
116.6	„	Kalk
5.2	„	Chlor
6.0	„	Schwefelsäure
keine		Salpetersäure
kein		Ammoniak
keine		Salpetrige Säure
0.6	„	Sauerstoffverbrauch für organische Substanzen.

Die mittelst Seifenlösung bestimmte Härte betrug 10.9 deutsche Grade.

Die Uebereinstimmung mit meinen Analysen ist also eine sehr gute.

Sauerstoff- und Stickstoffgehalt der im Wasser absorbierten Luft.

Die Bestimmung des Luftgehaltes erfolgte nach der Methode von Bunsen¹⁾; zum Auffangen der durch Kochen aus dem Wasser ausgetriebenen Gase bediente ich mich des Apparates von Tiemann und Preusse²⁾. Die Bestimmung des Sauerstoffs führte ich in der Hempelschen Bürette durch Absorption mittelst Pyrogallussäure aus³⁾.

Zwei übereinstimmende Versuche ergaben:

1 liter Wasser von 11.3⁰ C Temperatur enthielt:

20.12 ccm Luft,	gemessen bei 6 ⁰ u. 760 mm Druck.
6.46 „ Sauerstoff	„ „ „
13.66 „ Stickstoff	„ „ „

Die im Wasser gelöste Luft bestand also, abgesehen von der Kohlensäure, aus

32.09⁰/₁₀₀ Sauerstoff und
67.91 „ Stickstoff.

Ferner führte ich Sauerstoffbestimmungen nach dem jodometrischen, von L. W. Winkler⁴⁾ angegebenen neuen Verfahren aus, das ich als äusserst einfach und sehr genau nur empfehlen kann.

Uebereinstimmende Versuche ergaben für 1 liter Wasser von 11.3⁰ C Temperatur

6.93 ccm Sauerstoff, gemessen bei 6⁰ und 760 mm Druck.

Bekanntlich liefert das Verfahren der Sauerstoffbestimmung mit Pyrogallussäure etwas zu niedere Werte, setzt man daher den nach Winkler gefundenen Wert als richtig ein, so enthält 1 liter Wasser von 11.3⁰

1) Bunsen, Gasometrische Methoden. II. Aufl. Seite 18.

2) und 3) Tiemann-Gärtner, Seite 277.

4) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1888. Seite 2843.

20.12 ccm Luft,	gemessen bei 6° und 760 mm Druck
6.93 „ Sauerstoff	„ „ „
13.19 „ Stickstoff	„ „ „

oder die im Wasser gelöste Luft besteht aus

34.44 ⁰ / ₀ Sauerstoff und
65.59 ⁰ / ₀ Stickstoff.

Diese letztere Zahl (34.4⁰/₀) stimmt überein mit den Ergebnissen Bunsens

(34.9⁰/₀)

Winklers (34.5⁰/₀)

Pettersons und Sondéns¹⁾ (33,8⁰/₀)

Aber auch die erstere Zahl (32.09⁰/₀) steht in Uebereinstimmung mit den Resultaten früherer Forscher, welche nach der Pyrogallussäuremethode arbeiteten. So fanden

Regnault 32.0⁰/₀,

König und Krauch 32.2⁰/₀, Sauerstoff.

Jedenfalls ist das Leitungswasser vollkommen mit Luft gesättigt und zwar genau in dem durch den Absorptionskoeffizienten von Sauerstoff und Stickstoff bedingten Verhältnis.

Wie aus Tab. V. hervorgeht, zeigen die Analysen eine fast vollkommene Uebereinstimmung und dürften die Differenzen meist noch in die Versuchsfehler fallen.

Die Zusammensetzung vom 19. Mai 1888, welche sich vom Mittel der in den verschiedensten Monaten angestellten Versuche nur wenig entfernt, kann als Norm des Leitungswassers betrachtet werden und liegt auch den folgenden Schlüssen zu grunde.

Um die Richtigkeit der Analyse zu kontrollieren, habe ich die Sulfate bestimmt, welche sich aus dem Abdampfrückstand durch Behandeln mit Schwefelsäure ergeben, ich fand pro 1 l 383.0 mg, während die Rechnung 385.2 mg ergibt. Die Uebereinstimmung ist also eine genügende.

In Tabelle V sind die einzelnen Basen und Säuren, wie sie sich aus der Analyse ergaben, zusammengestellt. In dieser

1) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1889. Seite 1439.

Form sind sie jedoch nicht im Wasser enthalten, sondern vielmehr zu Salzen vereinigt. Wissenschaftlich ist die gegebene Darstellung die beste, da bei der Vereinigung zu Salzen immer ein gewisser Spielraum gelassen ist.

Immerhin aber ist es möglich, aus dem sonstigen Verhalten des Wassers eine Zusammenstellung zu erhalten, welche erst ein wahres Bild von den gelösten Stoffen des Wassers gibt.

Ich werde den Nachweis erbringen, dass folgende Zusammensetzung die meiste Wahrscheinlichkeit für sich hat:

Es enthält 1 l des Leitungswassers:

1.9	mg	Kaliumchlorid (Chlorkalium)
3.9	„	Natriumchlorid (Chlornatrium)
0.9	„	Magnesiumchlorid (Chlormagnesium)
9.7	„	Magnesiumsulfat (schwefelsaure Magnesia)
62.2	„	Magnesiumkarbonat (kohlen- saure Magnesia)
200.0	„	Calciumkarbonat (kohlen- saurer Kalk)
6.0	„	Kieselsäure
2.0	„	Organische Stoffe.

Zusammen 286.6 mg feste Bestandteile (282 mg gefunden),
ferner 133.9 mg freie und halbgebundene Kohlensäure und
20.12 ccm Luft, (gemessen bei 0° und 760 mm
Druck), worin 6.93 ccm Sauerstoff (= 34.44%)
613.18 „ Stickstoff (= 65.56%).

Die Salpetersäure, welche sich manchmal in geringen, aber deutlich nachzuweisenden Mengen im Wasser vorfind, ist im Ansatz ausser acht gelassen.

(Nach der Methode von Schultze-Tiemann wurde höchstens 1 mg pro 1 l erhalten.)

Ich komme nun zu den Beweisen für die obige Zusammensetzung.

Buchner sagt in seinem Bericht: (I. 44.) „Der im Wasser wieder lösliche Teil des Abdampfrückstandes reagiert mehr oder minder stark alkalisch auf Kurkumapapier, was von einem

Gehalt des Wassers an kohlen-saurem Natron herrührt. Die Gegenwart von etwas kohlen-saurem Natron im Wasser erteilt demselben manche Vorzüge . . . ein solches Wasser ist nämlich frei von permanent löslichen Calcium- und Magnesiumsalzen. . . .

Da fragliche Wasser kohlen-saures Natron enthalten, so können sie demnach keine permanent harten Wasser sein; sie haben nur eine vorübergehende Härte, welche beim Erwärmen in dem Masse aufgehoben wird, als die mit der Hälfte der freien Kohlen-säure aufgelösten Karbonate des Kalks und der Magnesia niedergeschlagen werden.“

Auch Herr Prof. Wagner¹⁾ tritt für einen Gehalt der Mangfallthalwässer an kohlen-sauren Natrium ein und sieht in demselben die Ursache des Sinterns bei Luftzutritt und der von ihm beobachteten Zersetzung der Porzellanglasur und der Glasur der irdenen Töpferwaren. Es gelang ihm, wie schon vorher Pettenkofer die unter gewöhnlichen Umständen nicht sinternden Münchener Grundwasser zur Sinterbildung zu bringen, wenn er dem Wasser kohlen-saures Natron zusetzte. Pettenkofer fand jedoch, dass diese zuzusetzende Menge Natriumkarbonat bedeutend grösser genommen werden musste, als sich dieses Salz im Mangfallquellenwasser vorfand, dass also der geringe Gehalt an kohlen-saurem Natron nicht die Ursache des Sinterns sein könne.

Die von Buchner und Wagner ausgesprochene Ansicht, dass Wasser, welches alkalisch reagire, kohlen-saures Natron enthalten müsse, ist auch die Ansicht anderer Sachverständiger (Mohr²⁾-Tiemann-Kubel u. s. w.), leider kann ich derselben jedoch auf Grund meiner Untersuchungen nicht beistimmen und wurden unterdess auch von anderer Seite diesbezügliche Erfahrungen veröffentlicht.³⁾

Das Münchener Leitungswasser enthält kein

1) Bayr. Industrie- und Gewerbeblatt 1877. 355.

2) Mohr-Classen. Titrimethode 1886.

3) F. Muck, Journal für Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung. 1887. 159.

kohlensaures Natrium, es besitzt eine bleibende Härte und die alkalische Reaktion ist durch Magnesiumkarbonat hervorgerufen.

Der Hauptgrund ist vor allem der, dass die Menge der vorhandenen Alkalien nicht einmal zur Bindung des Chlors, viel weniger der Schwefelsäure und ausserdem eines Teiles der Kohlensäure ausreicht.

Im Rückstand, d. h. in dessen im Wasser löslichen Teil könnte schon gar kein kohlensaures Natron enthalten sein — und trotzdem reagiert die Lösung gegen alle Indikatoren alkalisch.

Gerade der Gehalt der Wässer an Magnesiumkarbonat ist früher nicht berücksichtigt oder unterschätzt worden, indem man Magnesiumkarbonat mit Calciumkarbonat zusammenwarf, während es sich tatsächlich wie Natriumkarbonat verhält.

Unter bleibender Härte versteht man die Mengen Kalk und Magnesia (in Kalk umgerechnet), welche beim Kochen des Wassers gelöst bleiben (auf 100 000 Teile Wasser berechnet). Nach Buchner's Anschauung könnte bleibende Härte gar nicht vorhanden sein — in der Tat beträgt sie aber 4.6 deutsche Grade — d. h. ebensoviel, als Magnesia vorhanden ist ($33.1 \times 1.4 = 4.63$) — ein Beweis dafür, dass das Magnesiumkarbonat nicht ausfällt und etwaige Magnesiumneutralsalze (Chlorid, Sulfat) nicht zersetzt wurden, wie dies bei Gegenwart von kohlensaurem Natrium der Fall sein müsste.

Die alkalische Reaktion des Wassers lässt sich ebenso gut durch Gegenwart von Magnesiumkarbonat als von Natriumkarbonat erklären, umgekehrt aber liegen keine Beweise für die Gegenwart von Natriumkarbonat vor.

Ich werde auf diesen Gegenstand nochmals zurückkommen bei den Untersuchungen über das Verhalten des Wassers beim Kochen.

Des Weitern möchte ich hier folgendes betonen: Das Wasser reagiert alkalisch gegen Rosolsäure, d. h. es entfärbt

dieselbe nicht, könnte also nach Pettenkofer¹⁾ keine freie Kohlensäure enthalten. Tatsächlich berechnet sich aber ein geringer Gehalt an solcher:

Freie und halb gebundene Kohlensäure	133.9 mg
halbgebundene	120.6 „
bleibt freie Kohlensäure	13.3 mg

Diese 13.3 mg würden sich also der Entdeckung durch Rosolsäure entziehen. Ich habe bei meinen Untersuchungen über Kohlensäure im Trinkwasser diesem Punkt besonderes Augenmerk geschenkt und kann hier darauf verweisen.

Nach dem Resultat der chemischen Analyse enthält daher das Leitungswasser im Liter durchschnittlich 0.282 grm (282 mg) feste Bestandteile und zwar hauptsächlich kohlen-sauren Kalk und kohlen-saure Magnesia, welche durch Kohlen-säure im Wasser gelöst sind. Ausserdem finden sich in dem Wasser geringe Spuren von Chloralkalien und Erdalkalineutral-salzen.

Das Wasser enthält keinerlei in Zersetzung begriffene organische Substanzen oder Zersetzungsprodukte derselben und stellt den Typus eines reinen Wassers des bayerischen Alpen-vorlandes dar.

Veränderungen des Wassers.

a) Veränderungen in verschiedenen Jahres-zeiten.

Schon aus Tabelle V. ergibt sich, dass das Wasser in den Jahren 1884—1888 seine Beschaffenheit nicht verändert hat. Ich habe jedoch alle Monate eine Bestimmung der gelösten Stoffe ausgeführt, um etwaigen Schwankungen zu begegnen.

¹⁾ Sitzungberichte der math. phys. Klasse der k. b. Akad. d. Wissensch. 1875. Heft I.

Diese Untersuchungen ergaben: In 1 l mg feste Stoffe:
Tabelle VI.

M o n a t	1885	1886	1887	1888
Januar	—	.	.	284
Februar	—	278	280	270
März	—	278	284	276
April	—	282	288	286
Mai	—	—	279	282
Juni	—	288	274	282
Juli	—	280	284	284
August	—	284	282	282
September	—	280	—	282
Oktober	—	274	279	280
November	286	276	278	284
Dezember	275	268	—	284
Mittel	280.5	278.8	281.1	281.3

Das Gesamtmittel beträgt 280.8 mg.

Das Minimum ist 268 mg, das Maximum 288 mg, so dass sich eine Schwankung von 20 mg. pro l ergeben würde. Diese Schwankungen können jedoch teilweise auf Kosten der Versuchsfehler gesetzt werden — so dass man 280—282 mg im liter als normalen Gehalt des Wassers an festen Bestandteilen wird ansehen dürfen.

In den Jahren 1885—1888 schwankten die Niederschlagsmengen sehr bedeutend, von 5.7 mm im Januar 1887 bis 287.9 mm im Juni 1886, der Gehalt des Quellwassers an gelösten Stoffen blieb jedoch stets ein fast gleicher.

Ebenso wenig änderten sich die Einzelbestandteile, wie die zu verschiedenen Jahreszeiten ausgeführten Gesamtanalysen (Tab. V.) beweisen.

Das gleiche ergibt sich, wenn man die früheren Untersuchungen, soweit sie Quell- oder Stollenwasser betreffen, zum Vergleich herbeizieht.

b) Zusammensetzung der Quellen.

Um zu ersehen, ob alle Quellen gleiches Wasser liefern, wurde im Auftrag des Magistrats im Januar 1887 eine Untersuchung von 4 Quellwassern, im Februar 1889 eine solche von 2 Wässern ausgeführt: Es ergab sich folgendes Resultat: Pro 1 l mg:

Tabelle VII.

	Quell- stollen II Gesund- brunn	Quell- stollen IX.	Quell- stollen X.	Kasperl- bach	Quell- stollen I Febr. 1889.	Quelle IV. II. Ablei- tung Febr. 1889.
Rückstand	304 0	276 0	266 0	268	268	286
Kalk	130.0	112.0	114.0	120.8		
Magnesia	38.2	34.6	33.9	26.7		
Freie Kohlensäure	Spuren	keine	keine	keine		
Freie + halbgeb. Kohlensäure	163.6	153 0	165.3	136 9	120.2	131.0
Kieselsäure	8.4	5.8	5.8	11 8		
Schwefelsäure	5.8	6 0	6.0	6 5		
Chlor	4.2	4.0	4.0	4.2	4.5	4.0
Salpetersäure	1.8	0.0	0.0	0.0	Spur	Spur
Sauerstoffverbrauch	—	0.5	0.7	1.0	0 5	1.3
Gesamthärte	18.35	16 04	16.15	15.82		
bleibende Härte	6.68	4.70	5.90	4.82		

Die einzelnen Quellen waren sonach nicht völlig gleich zusammengesetzt. Im Wasser des Quellstollens II waren salpetersaure Salze deutlich nachweisbar.

Die Mengen der freien + halbgebundenen Kohlensäure sind in obiger Tabelle wie auch in Tab. V berichtet, indem die in der Gemeindezeitung abgedruckten nach einer Methode gewonnen waren, welche viel zu hohe Zahlen lieferte.

Immerhin ist aber die Menge der freien + halbgebundenen Kohlensäure im Wasser an den Quellen eine grössere, als in der Stadt, so dass der Schluss gerechtfertigt ist, dass das Wasser auf dem Laufe zum Reservoir etwas Kohlensäure verliert. Im Wasser des Quellstollens II war sogar freie Kohlensäure mittelst Rosolsäure nachweisbar.

Hingegen ist die Härte ziemlich die gleiche an den

Quellen und in der Stadt — ein Beweis, dass Sinterbildung durch Ausfallen von kohlenurem Kalk in der Leitung nicht stattfand.

Die Veränderungen des Leitungswassers auf dem Wege von den Quellen zum Reservoir bestehen also lediglich darin, dass etwas freie Kohlensäure verloren geht, sonst bleibt die Beschaffenheit des Wassers völlig gleich.

c) Veränderungen im Rohrnetz.

Des Weitern wurden im Auftrag des Magistrats jährlich Untersuchungen des Wassers an verschiedenen Stellen der Druckleitung angestellt.

Tabelle VIII.

Ort der Entnahme	1886 Febr.			1887 Aug.			1888 Aug.			1889 März		
	Rückstand	freie + halbgeb. Kohlensäure	Sauerstoff verb.	Rückstand	freie + halbgeb. Kohlensäure	Sauerstoff verb.	Rückstand	freie + halbgeb. Kohlensäure	Sauerstoff verb.	Rückstand	freie + halbgeb. Kohlensäure	Sauerstoff verb.
Hochreservoir Einlauf	282	135.1	0.4	282	145.0	0.5	282	140.3	0.7	284	173.3	0.5
Hochreservoir östl. Kammer	—	—	—	—	—	—	282	137.6	0.6	292	173.3	0.5
Hochreservoir west. Kammer	—	—	—	—	—	—	280	135.0	0.5	282	164.0	0.5
Tegernseer Landstr. 1. Hydr.	282	134.7	0.3	282	—	0.6	278	135.6	0.5	276	167.0	0.5
Wassermesserstation	284	„	0.2	280	—	0.4	280	131.0	0.5	284	170.3	0.5
Heumarkt 13 (S. Jakobsplatz 13)	290	„	0.5	280	—	0.6	278	129.7	0.6	284	174.3	0.5
Schommerstr. 14 b.	290	„	0.5	282	—	0.4	280	129.7	0.5	284	168.9	0.6
Landsbergerstrasse	282	„	0.6	282	—	0.5	276	130.3	0.5	284	167.3	0.6
Ismaningerstrasse	276	„	0.5	278	—	0.5	278	131.0	0.8	280	167.0	0.5
Plinganserstrasse	284	„	0.5	282	139.0	0.5	272	135.0	0.5	278	173.3	0.6
Türkengraben	258	124.5	0.5	284	139.0	0.5	278	130.0	0.5	280	170.3	0.6

Abgesehen vom Kohlensäuregehalt und dem Wasser in einzelnen „toten Enden“ herrschte somit während der Versuche im ganzen Rohrnetz eine gleiche Zusammensetzung des

Wassers. Nur in einzelnen toten Enden war eine Verminderung des gelösten Calciumkarbonats und der halbgebundenen Kohlensäure, sowie eine Vermehrung der organischen Substanzen zu beobachten.

Der Gehalt des Wassers an freier + halbgebundener Kohlensäure in der Stadt ist etwas geringer als der im Hochreservoir, die Differenzen liegen aber fast noch innerhalb der Fehlergrenzen der Methode.

Auch die übrigen Bestandteile waren in allen Wasserproben in der gleichen Menge enthalten, so dass der Schluss gerechtfertigt erscheint:

Das Leitungswasser besitzt im Rohrnetz der ganzen Stadt, von einzelnen Endhydranten abgesehen, eine gleiche chemische Zusammensetzung.

d) Veränderungen in Hausleitungen.

Ich habe nun auch noch das Verhalten des Wassers in Hausleitungen untersucht. Die Versuche ergaben, dass das Wasser noch weiter etwas Kohlensäure verliert, dann kohlen-sauren Kalk ausscheidet und endlich bei sehr langem Stehen (2—3 Monate) in engen Leitungsröhren viel kohlen-sauren Kalk verliert und zugleich viel organische Stoffe enthält.

So gab eine Versuchsreihe im hygienischen Institute am 4. Juni 1888:

In 1 l Wasser von	Gesamtkohlensäure	freie + halbgeb. Kohlensäure
Einlauf im Keller	255.9	134.6
Reserve am Dachboden	255.9	134.6
Laboratorium VI. (fast steter Durchlauf)	253.9	121.6
„ V. „ „ „	254.4	121.6
„ I. (2 Monate gestanden)	223.4	115.6

Aehnliche Resultate gaben die Versuche in Hausleitungen: es muss daher für möglichst oftmalige Erneuerung des Wassers in den Röhren gesorgt werden.

Oeffnet man den Hahn einer längere Zeit nicht benützten Rohrleitung, so wird erst etwas mit Kohlensäure gemengte Luft, dann ein Gemisch solcher mit Wasser brausend ausge-

stossen und das erst abgelaufene Wasser ist perlend von Kohlensäure und trübe von ausgeschiedenem kohlensaurem Kalk und enthält in Eisenröhren auch etwas Eisenoxydhydrat als gelbes Pulver suspendirt.

Aus Bleiröhren geht, falls sie ganz neu sind, unter solchen Umständen auch etwas Blei in Lösung. Es empfiehlt sich daher, dieses Wasser wegzuschütten und ungefähr 5 Minuten lang Wasser abzulassen; das nachfolgende Wasser ist wieder von bester Beschaffenheit.

Der Sauerstoff- und damit auch der Luftgehalt des Wassers ist in der Druckleitung überall derselbe und beträgt im Mittel 6.93 ccm Sauerstoff von 0° C und 760 mm Druck pro 1 lt Wasser. (10—11° Temperatur.)

Ich habe die Veränderung des Sauerstoffgehaltes in der Leitung im hygienischen Institut verfolgt und fand:

am Einlauf	7.92 ccm Sauerstoff red.
an Laboratoriumshähnen, die direkt an die Leitung angeschlossen sind:	6.92 „ „
10 cm unter dem Wasserspiegel in der Reserve am Dachboden	6.86 „ „
an Laboratoriumshähnen, die unter dem Druck von der Reserve aus stehen	6.94 „ „
Nach 3 stündigem Stehen in offenen Gefäßen	5.93 „ „
Nach 3 tägigem Stehen in offenen Gefäßen	5.05 „ „

Beim Stehen des Wassers tritt eine ziemlich beträchtliche Verminderung des Sauerstoffgehaltes ein, eine Tatsache, die wol auch auf die Entwicklung von Bakterien zurückzuführen sein dürfte.

In der Leitung selber ist das Wasser mit Sauerstoff (resp. Luft) gesättigt. Brunnenwasser aus dem Brunnen des hygienischen Instituts enthielt an den gleichen Tagen nur

2.30 ccm Sauerstoff (reduz.) pro 1 lt; also nur den dritten Teil gegenüber dem Leitungswasser.

Veränderungen des Wassers ausserhalb der Leitung.

Ich komme nun zu den Veränderungen, welche das Wasser ausserhalb der Leitung durch Stehen, Kochen oder Behandeln unter Hochdruck erleidet.

a) Veränderungen durch Stehen.

Lässt man im Sommer, bei einer 20° C überschreitenden Temperatur das Wasser in offenen Gefässen stehen, so bemerkt man in 6–12 Stunden die Wandungen des Gefässes von Luft-Perlen besetzt, an denen sich weisse Häutchen abgelagert haben, so dass das Glas ganz trübe erscheint. Diese Erscheinung wurde so gedeutet, dass das Wasser sehr viel „Kalk“ enthalte. In der Tat sind die weissen Häutchen kohlenaurer Kalk — aber die Menge des im Wasser enthaltenen kohlenauren Kalks ist trotzdem nicht grösser, als im reinsten Münchener Wasser aus anderen Quellen, sondern meist kleiner.

Im Mangfallquellenwasser ist aber aller Kalk als kohlenaurer enthalten und durch Kohlensäure gelöst, in den Münchenern Wassern jedoch sehr viel auch als schwefelsaurer oder salpetersaurer Kalk.

Trotz allem besteht aber ein Unterschied in dem Verhalten zwischen dem kohlenauren Kalk des Leitungswassers und dem des Münchener Wassers, indem ersterer ausfällt, wenn sein Lösungsmittel, die Kohlensäure, entweicht, was gerade beim Leitungswasser sehr leicht möglich ist — letzterer jedoch in Lösung bleibt.

So gelang es von Pettenkofer nicht, aus Thalkirchner Wasser durch Durchleiten von Luft kohlenauren Kalk abzuschneiden — was der Fall war, wenn er Luft durch das Wasser des Kasperlbaches leitete.

Ausserdem sieht aber der ausgeschiedene, weisse kohlenaurer Kalk dadurch sehr voluminös aus, dass er die Luft

blasen, die in der Wärme aus dem Wasser aufsteigen, als feinstes Häutchen umgibt.

Dass der Kalkgehalt des Leitungswassers kein höherer ist als der der Münchener Wässer, geht aus folgender Zusammenstellung hervor:

Tabelle IX.

Wasser:	deutsche Härtegrade: Gesamthärte:	mg Kalk (CaO) in 1 l:
Mangfallquellen	15.80	112.0
Thalkirchner Leitung	15.82	115.5 (II. 93.0)
Auer Freifluss	16.94	120.0
Brunnthaler Leitung	17.65	124.0
Stadtgerichtsbrunnen	17.65	116.0
Findlingstr. Grundwasser	25.6	192.0
Isarwasser	10.00	78.3

Bei Temperaturen unter 20° bemerkt man diese Erscheinung nicht — es bleibt dann die im Wasser gelöste Luft darin enthalten — es bilden sich keine Gasperlen und der sich ausscheidende kohlensaure Kalk schlägt sich langsam und unmerklich am Boden und an den Wandungen des Gefäßes nieder.

In Flaschen, deren Mündung zur Abhaltung von Staub lose mit Watte verstopft ist, kann das Wasser bei Temperaturen unter 20° Monate lang stehen, ohne dass sich Veränderungen zeigen, höchstens treten in stark belichteten Flaschen grüne Algen in sehr geringer Zahl auf.

Wenn das Wasser der steten Berührung und Durchmischung mit Luft ausgesetzt ist, also wenn es z. B. frei über Felsen oder Moos strömt, so verliert es seine freie und seine halbgebundene Kohlensäure, und der seines Lösungsmittels beraubte kohlensaure Kalk fällt unlöslich aus und bildet den Sinter, der als Tuff oft starke Ablagerungen bildet.

Nach den noch in Tiemann-Gärtners Werk vertretenen älteren Anschauungen soll hiebei auch die kohlensaure Magnesia ausfallen. Dem ist aber nicht so, wie schon Bohlig bei allen Fluss- oder Bachwässern nachgewiesen hat.

Prof. A. Wagner fand demgemäss auch in einem Sinter, der sich an einem Röhrenbrunnen im Mühlthal abgesetzt hatte, nach Abzug von Wasser und organischen Substanzen

3.0	‰	Kieselsäure
2.6	„	Magnesiumkarbonat
94.4	„	Calciumkarbonat,

ein Beweis, dass Magnesiumkarbonat in Wasser löslich bleibt, denn sonst hätte der Sinter auf 100 Teile Calciumkarbonat statt 2.75 Teilen 31.2 Teile Magnesiumkarbonat enthalten müssen.

Auch ich habe bei Untersuchungen von Sintern aus dem Mangfallgebiet meist nur Spuren von Magnesiumkarbonat gefunden, während die überwiegende Hauptmenge aus Calciumkarbonat bestand.

So ergab Sinter aus Quellgruppe III, (Kasperlbach) der 10 mm stark war,

0.75	‰	Kieselsäure
97.40	‰	Calciumkarbonat
0.91	‰	Magnesiumkarbonat
0.90	‰	Organische Substanz und Wasser.

Schwefelsäure und Thonerde waren nicht enthalten.

Auf 100 Teile Calciumkarbonat treffen hier nur 0,93 Teile Magnesiumkarbonat.

Sinter aus Quellgruppe I. Valleyergegend; 3—4 mm stark,

0.10	‰	Kieselsäure
95.80	‰	Calciumkarbonat
1.06	‰	Magnesiumkarbonat
Rest		Wasser und organ. Substanz.

Schwefelsäure und Eisen waren in unwägbaren Spuren nachweisbar.

Auf 100 Teile Calciumkarbonat treffen hier 1.09 Teile Magnesiumkarbonat.

Eine etwas andere Zusammensetzung bot allerdings ein Sinter aus Quellgruppe II, nämlich vom Weigelbach, der in einer Stärke von 5 mm auf Stein auflag und eine sehr poröse, lockere Beschaffenheit zeigte.

Die Untersuchung ergab

0.32 % Kieselsäure

1.50 % Thonerde (kein Eisen)

1.05 % Calciumsulfat

87.20 % Calciumkarbonat

9.80 % Magnesiumkarbonat.

Das Verhältnis von Calciumkarbonat zu Magnesiumkarbonat ist hier 100 : 11.5.

b) Veränderungen durch Kochen.

Beim Kochen des Wassers entweicht zuerst die Luft, dann die freie und die halbgebundene Kohlensäure. Nach den bisherigen Anschauungen werden dadurch der einfach kohlensaure Kalk und die einfach kohlensaure Magnesia ihres Lösungsmittels beraubt und fallen unlöslich aus.

In Lösung bleiben nur die Neutralsalze dieser Erdalkalien z. B. Gyps, schwefelsaure Magnesia, salpetersaurer Kalk und bedingen die bleibende Härte des Wassers.

Nach Kubel - Tiemann¹⁾ bleiben jedoch in 1 l Wasser 34 mg Calciumkarbonat gelöst. Genau dasselbe findet statt, wenn man das Wasser zur Trockne verdampft und den Rückstand mit kohlensäurefreiem destillirtem Wasser löst — die kohlensauren Salze von Kalk und Magnesia bleiben unlöslich, die Neutralsalze lösen sich auf.

Diese Ansichten sind in Bezug auf das Münchener Leitungswasser und ähnliche Wässer ganz und gar falsch.

Man führt die Bestimmung der bleibenden Härte aus, indem man:

Nach der älteren Methode: 250 ccm Wasser zur Trockne verdampft und den Rückstand mit 100 ccm destillirtem kohlensäurefreiem Wasser aufnimmt und vom Unlöslichen abfiltrirt; worauf man im Filtrat Kalk und Magnesia bestimmt.

Nach der jetzt üblichen Methode: 250 ccm Wasser unter Einhaltung des Volumens eine halbe Stunde lang kocht, abfiltrirt und im Filtrat Kalk und Magnesia bestimmt.

1) 3. Aufl. Seite 252.

Mohr ¹⁾ nimmt hiebei auf Magnesia gar keine Rücksicht.

Ich habe diese Bestimmungen ausgeführt und ausserdem das Verhalten unter Hochdruck studiert, indem ich das Wasser mehrere Stunden bei 3 Atmosphären Druck unter Vermeidung von Verlusten hielt.

Die erhaltenen Resultate waren folgende:

Tab. X.

Bestandteil mg pro 1 l.	Gesamt	Beim Kochen		Beim Eindampfen		Unter Hochdruck	
		lös.	unlös.	lös.	unlös.	lös.	unlös.
Gesamtmenge fester Stoffe	282	74	208	52.0	231	42	(240)
Kalk CaO	112	—	112	—	112	15	97
Magnesia MgO	33.1	32.9	0.2	21.1	12.3	3.0	30.1
Kali Ka ₂ O	1.2	1.2	—	1.2	—	1.2	—
Natron Na ₂ O	2.1	2.1	—	2.1	—	2.1	—
Chlor Cl	4.0	4.0	—	4.0	—	4.0	—
Schwefelsäure SO ₃	5.2	5.2	—	5.2	—	5.2	—
Kieselsäure SiO ₂	6.0	—	6.0	—	6.0	—	6.0
Kohlensäure CO ₂	120.6	33.0	88.0	19.2	101.4	12.3	u. b.
Organ. Substanzen	2.0	2.0	—	2.0	—	2.0	—
Sa. der Bestandteile	286.4	80.4	206.2	54.8	231.7	44.8	—

Daraus ergibt sich ein völlig verschiedenes Verhalten der Erdalkal karbonate, je nachdem man das Wasser verschieden behandelt.

Kocht man das Wasser unter gewöhnlichem Luftdruck unter Einhaltung des Volumens, so fällt alles Calciumoxyd als Monokarbonat aus: in Lösung bleibt alles Magnesiumoxyd als Monokarbonat.

1) Mohr-Classen, Titrirmethode. VI. Aufl 652.

1 liter des gekochten filtrirten Wassers enthält

- 1.9 mg Kaliumchlorid
- 3.9 „ Natriumchlorid
- 0.9 „ Magnesiumchlorid
- 9.7 „ Magnesiumsulfat
- 61.9 „ Magnesiumkarbonat (statt 62.2 ursprünglich)
- 2.0 „ Organische Substanzen.

Diese Thatsache steht in direktem Widerspruch mit den Angaben von Kubel-Tiemann, dass durch das Kochen Magnesiumkarbonat und Calciumkarbonat bis auf 34 mg pro 1 lt des letztern ausfallen — ich habe sie aber auch stets bei anderen Wässern unserer Hochebene beobachtet.

Sie ist aber leicht erklärlich, wenn man die Löslichkeit des Magnesiummonokarbonates in Betracht zieht: so fand Chevalet¹⁾, dass 1 liter reines destillirtes kohlenensäurefreies Wasser 106 mg Magnesiumkarbonat löst, während meine Bestimmungen 129 mg pro 1 liter ergaben.

Wasser löst also noch einmal soviel Magnesiumkarbonat, als im Leitungswasser enthalten ist. Diese Lösung reagirt stark alkalisch wie Natriummonokarbonatlösung gegen Phenolphtalein und andere Indikatoren, wie dies auch das gekochte und filtrirte Münchener Wasser thut.

In letzterem könnte, selbst wenn man im Wasser die Gegenwart von Alkalikarbonat annehmen wollte, Alkalikarbonat aber gar nicht enthalten sein, weil es sich in konzentrirter Lösung mit den vorhandenen schwefelsauren Erdalkalien hätte umsetzen müssen.

Magnesiumkarbonat ist also etwa 4mal leichter in Wasser löslich als Calciumkarbonat. Eine interessante Bestätigung findet dies durch folgenden Versuch:

Schüttelt man Münchener Leitungswasser mit Magnesiumkarbonat und untersucht das wieder geklärte Wasser, so reagirt dieses jetzt alkalisch gegen Phenolphtalein, (erst sauer) und enthält in 1 liter

1) Bericht über die V. Versamml. bayr. Chemiker. Seite 67.

28 mg Kalk (CaO)	statt 112 mg ursprünglich
116.7 „ Magnesia (MgO)	„ 33.1 „ „
320.0 „ Rückstand	282.0 „ „

An Stelle der 84 mg ausfallendem Kalk gingen somit 83.6 mg Magnesia in Lösung, d. i. 17.6 mg mehr, als nach der Aequivalenz sich berechnen, so dass also diese als Monokarbonat enthalten sein müssen und die alkalische Reaktion verursachen.

Jedenfalls genügt dieser Versuch, um das Verhalten beim Kochen zu erklären, wobei aller Kalk als kohlen-saures Salz ausgeschieden wird, die Magnesia aber als Monokarbonat gelöst bleibt.

Bohlig¹⁾ hat diese Umsetzung bei Gegenwart von Calciumsulfat und Magnesiumkarbonat beobachtet — nach meinen Versuchen bleibt aber Magnesiumkarbonat beim Kochen sogar dann in Lösung, wenn nicht genügend Calciumneutralsalze zur Zersetzung vorhanden sind.

Verdampft man hingegen eine bestimmte Menge Wasser zur Trockne und löst den Rückstand in der gleichen Menge kohlen-säurefreiem Wasser, so bleibt aller kohlen-saure Kalk und ausserdem ein Teil der kohlen-sauren Magnesia, 30—40 mg von 62.2 mg, unlöslich.

Die Menge der letztern ist abhängig von den Umständen und der Zeitdauer des Trocknens des Rückstandes, — wenigstens erhielt ich verschiedene Werte, wenn ich bei verschiedenen Temperaturen und verschieden lang trocknete.

1 liter einer solchen Lösung enthält

1.9 mg Kaliumchlorid
3.9 „ Natriumchlorid
0.9 „ Magnesiumchlorid
9.7 „ Magnesiumsulfat
37.0 „ Magnesiumkarbonat (statt 62.2)
2.0 „ organ. Substanzen.

Da somit nur ein Teil des Magnesiumkarbonates in Lösung geht, so wird man nach dieser Methode eine geringere

1) Zeitschrift für analyt. Chem. 17. 301.

bleibende Härte finden, als nach der ersten Methode und zwar:

durch Eindampfen	2 95	deutsche Grade, dagegen
durch Kochen	4.60	„ „

Man wird daher auch nach der von Kämmerer¹⁾ geübten Methode der Bestimmung der beim Eindampfen ausfallenden Substanzen stets Magnesiummonokarbonat im Niederschlag vorfinden, kaum aber, wenn das Wasser auch Calciumsulfat enthält. In dieser Beziehung stehen Kämmerer's Mitteilungen in direktem Widerspruch mit Bohlig's und meinen Erfahrungen.

Beim Münchener Wasser würde auch die Bestimmung von Calcium- und Magnesiumkarbonat, wie sie Ziegeler²⁾ vorschreibt, für letzteres zu niedrige Zahlen ergeben, während der lösliche Anteil dieser Verbindung als Magnesiumsulfat berechnet würde, wozu aber dann die Schwefelsäure nicht ausreicht.

Auch bei diesem zweiten Verfahren der Bestimmung der bleibenden Härte löst sich kein Calciumkarbonat. Die Beobachtung von Hoffmann's und Weltzien's, dass eine Lösung von doppeltkohlensaurem Kalk nach dem Kochen noch 34 mg Calciummonokarbonat pro 1 liter enthält, wie auch ich fand, gilt nur für reine Calciumbikarbonatlösungen, nicht aber auch für Wasser, welche Magnesiumkarbonat enthalten und darf daher auch nicht so verallgemeinert werden, wie dies in Kubel-Tiemann's Werk geschieht.

c) Veränderungen beim Kochen unter Hochdruck.

Ganz anders aber wird die Sachlage, wenn man das Wasser unter Hochdruck behandelt — dann bilden sich in Wasser unlösliche Magnesiumoxydkarbonate, basische Salze, und dafür löst sich wieder kohlensaurer Kalk bis zu seiner Löslichkeitsgrenze.

1 liter des bei 3 Atmosphären behandelten Wassers enthält daher

1) Bericht über die V. Vers. bayr. Chemiker. Seite 67 u. f

2) Die Analyse des Wassers. Seite 60.

- 1.9 mg Kaliumchlorid
- 3.9 mg Natrium „
- 0.9 „ Magnesiumchlorid
- 9.7 „ Magnesiumsulfat
- 27.0 „ Calciumkarbonat
- 2.0 „ organ. Substanzen.

Die bleibende Härte nach dem Kochen unter Hochdruck setzt sich sonach zusammen aus den Neutralsalzen der Erdalkalien und wenig kohlensaurem Kalk und beträgt nur mehr 1.9 deutsche Grade.

Macht man daher die Bestimmung der bleibenden Härte in der Absicht, ein Bild für das Verhalten des Wassers im Dampfkessel zu gewinnen, so darf man sich der bisher üblichen Methoden nicht bedienen, weil diese unrichtige Ergebnisse liefern.

Auch beim Kochen zeigt das Münchener Leitungswasser wieder Eigentümlichkeiten gegenüber den Münchener Brunnenwässern. Man kann dies aus folgendem Versuch deutlich ersehen:

Zwei Kochflaschen von $1\frac{1}{2}$ liter Inhalt wurden mit je 1 liter Münchener Leitungswasser und Münchener Grundwasser beschickt, je 10 Tropfen Phenolphthaleinlösung zugesetzt, die Flaschen durch einen doppelt durchbohrten Kork mit Abzugsrohr und Thermometer verschlossen und nun auf Drahtnetzen gleichmässig erhitzt.

Es zeigen sich folgende Erscheinungen:

1. Leitungswasser:

Das klare, farblose Wasser zeigte bei 29° C an den Wänden der Flasche Luftbläschen, bei 80° C (nach 40 Minuten) begann an der Oberfläche Ausscheidung von weissem kohlensaurem Kalk, während gleichzeitig das Wasser sich schwach rötete durch Einwirkung von Monokarbonaten auf das zugesetzte Phenolphthalein. Nach 10 Minuten kam das Wasser bei 99.5° C ins Kochen, die Ausscheidung von rein weissem kohlensaurem Kalk wurde immer stärker, während die erst eingetretene schwache Rötung wieder verschwand.

Erst nach 25 Minuten langem Kochen, als aller kohlen-saure Kalk in voluminösen Flocken ausgefällt war, wurde die Flüssigkeit wieder rot und erreichte eine gleichbleibende starke Rötung nach 10 Minuten.

2. Grundwasser.

Das klare, farblose Wasser zeigte bei 31° C an den Wänden der Flasche Luftbläschen und kam, ohne eine Ausscheidung oder schwache Rötung zu zeigen, bei $99,5^{\circ}$ C nach 55 Minuten ins Kochen.

Nach 20 Minuten langem Kochen trat eine sehr feine Calciumkarbonatausscheidung ein, nicht wie bei Leitungswasser in grossen, voluminösen Flocken, gleichzeitig rötete sich das Wasser schwach und bei fortgesetztem Kochen wurde diese Rötung stärker, ohne aber nach selbst 60 Min. langem Kochen die Rotfärbung des gekochten Leitungswassers zu erreichen.

Der kohlen-saure Kalk war hiebei völlig ausgefällt in Gestalt eines fast farblosen, krystallinischen, zum Teil fest an den Wandungen haftenden Niederschlags.

Das sind ganz gewaltige Unterschiede, welche dem nicht tiefer gehenden Beobachter, insbesondere dem Laien, der nur die bedeutend voluminösere „Kalk“ausscheidung des Leitungswassers gegenüber derjenigen der früheren Wässer sieht, die Meinung aufdrängen müssen, dass das Leitungswasser mehr „Kalk“ als das Münchener Brunnenwasser enthalten müsse, während tatsächlich das Umgekehrte der Fall ist.

Der Grund der Verschiedenheit liegt darin, dass das Calciumkarbonat des Leitungswassers schon bei niedrigerer Temperatur ausfällt, also in amorphem anfangs in Wasser löslichem Zustande, woher auch die anfängliche Rötung des Phenolphthaleins rührt. Beim fortgesetzten Kochen scheidet sich dann der kohlen-saure Kalk noch immer in amorphen Zustande und daher von sehr voluminösem Aussehen ab, so dass er über seine wahre Menge täuscht. Phenolphthalein rötet er jetzt nicht mehr — die Rötung desselben tritt erst ein, wenn alle freie Kohlensäure verjagt und nur noch Magnesiummonokarbonat in Lösung ist.

Beim Brunnenwasser aber scheidet sich der kohlen-saure Kalk erst bei höherer Temperatur und dann gleich in kry-stallinischem Zustande, also in anscheinend geringerer Menge aus.

Das voluminösere Aussehen des durch Kochen aus dem Leitungswasser erhaltenen lockeren Schlammes von kohlen-saurem Kalk ist daher kein Beweis, dass das Leitungswasser mehr Calciumkarbonat als Brunnenwasser enthält, sondern ist vielmehr eine durch die grosse Reinheit des Wassers be-dingte Eigenschaft.

Auch der unter Hochdruck ausgeschiedene Kesselstein ist sehr locker und voluminös und brennt nur langsam fest so dass gerade in dieser Beziehung das Leitungswasser vor-teilhafter ist, als Münchener Grundwasser, das häufig sehr viel Gyps führt.

Für die Industrie und insbesondere für die Speisung von Dampfkesseln ist jedoch das Wasser, wie auch alles Mün-chener Grundwasser ziemlich hart zu nennen und die direkte Verwendung als Kesselspeisewasser wird trotz der angeführten lockeren Beschaffenheit des Kesselsteines bei längerem Betrieb zur Ausscheidung eines nicht unbeträchtlichen Absatzes führen.

Es ist daher hiezu nicht unwesentlich, das Wasser von den gelösten kohlen-sauren Erdalkalien zu befreien.

Einen interessanten Beitrag zu dieser Frage liefern Ver-suche, welche ich in der Spiritusfabrik von Gebr. Macholl in München auszuführen Gelegenheit hatte, wofür ich auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte.

In dieser Fabrik dient das Leitungswasser zum Kühlen der Dephlegmatoren und der Kühlschlangen und läuft von dort mit einer Temperatur von 75° C ab. An den Apparaten scheidet sich ein bräunlicher Absatz aus, der teilweise in die Höhe gehoben und in den Ableitungen als Schlamm oder Kruste abgeschieden wird, teilweise fest an den Wandungen haftet und aus kohlen-saurem Kalk mit Spuren organischer Substanz und Eisenoxydhydrat besteht.

Die Untersuchung des heissen auf das Gradirwerk tretenden (aber schon mehrmals gradirten) Wassers und des vom Gradirwerk abfliessenden Wassers ergab übereinstimmend, dass das Wasser etwas gelblich gefärbt war und gegen Phenolphthalein alkalisch reagirte, also Magnesium monokarbonat enthielt.

Es enthielt 1 liter grad. Wasser

Rückstand	364 mg	gegen 282 mg	ursprünglich
Kalk	107.5 „	„	112 „
Magnesia	47.5 „	„	33.1 „
Monokarbonatkohlensäure	140.8 „	„	117.0 „
Halbgebundene	119.4 „	„	133.9 „
Organische Substanzen	56.0 „	„	2.0 „
Gesamthärte	17.4 „	„	15.8 „

Es ergab sich also das überraschende Resultat, dass das Wasser trotz seiner Abscheidung von kohlensaurem Kalk härter geworden war, was sich durch die Konzentration beim Erhitzen und die damit Hand in Hand gehende Vermehrung der kohlensauren Magnesia erklärt. Aus dem Gehalt an Magnesia berechnet sich eine Konzentration von 1435 ccm auf 1000 ccm. Wäre der kohlensaure Kalk im Wasser löslich geblieben, so müsste das gradirte Wasser in 1 liter 160 mg Calciumoxyd enthalten. Da es aber nur 107.5 mg enthält, sind 52.5 mg durch das Erhitzen ausgefallen.

Ausserdem trat durch das Gradiren eine beträchtliche Erhöhung der organischen Substanz ein.

Trotzdem erfüllt das gradirte Wasser seinen Hauptzweck ganz gut, die Apparate zu kühlen unter möglicher Hintanhaltung der Ablagerungen an den Wandungen der Apparate.

Von Seite des bayerischen Dampfkesselrevisionsvereins wurde 1883 zur Reinigung des Wassers von kesselsteinbildenden Substanzen folgendes Verfahren empfohlen und kam auch allseitig in Anwendung:

Nach demselben wird die freie und halbgebundene

Kohlensäure mittelst Aetzkalk gebunden und dadurch die Ausfällung des gesammten kohlensauren Kalks bedingt. Ferner wird durch den Aetzkalkzusatz die kohlensaure Magnesia zersetzt und als Hydrat gefällt.

Man setzt den Aetzkalk in Form von Kalkmilch zu dem zu reinigenden Wasser, das man mittelst Abdampf möglichst hoch angewärmt hat, mischt mittelst eines Dampfprührgebläses durch und lässt absitzen.

Um 1 cbm des Leitungswassers auf diese Art zu reinigen, hat man demselben wie beschrieben 256 gr Aetzkalk, den man mit etwa 1 l Wasser zu einem Brei angerührt hat, zuzusetzen.

Der weiter empfohlene Zusatz von Soda kann wegbleiben, wenn man sich an obiges Verhältnis hält, da ja Gyps nicht vorhanden ist.

Das geklärte Wasser soll Kurkumapapier nicht bräunen und wird zur Kesselspeisung verwendet. Der Apparat erhält zweckmässig die im 17. Jahresberichte (Seite 72) des genannten Vereins angegebene Form.

Analysen von Kesselsteinen auszuführen hielt ich für unnötig, einteils konnte ich aus reinem Wasser abgesehiedene Absätze nicht erhalten, anderseits bieten die gemachten Analysen genügende Anhaltspunkte und es ist bekannt, dass das Magnesiumkarbonat je nach dem Druck in basisches Karbonat und selbst Oxyd verwandelt wird.

Verhalten des Wassers zu den Leitungsmaterialien.

Das Verhalten eines Wassers zu dem Material der Leitungsröhren ist von grosser hygienischer Bedeutung, da schon wiederholt Massenerkrankungen vorgekommen sind durch Genuss von Wasser, das aus Bleiröhren Blei aufgenommen hatte. Die Arbeiten Pettenkofer's, Reichardt's, Hamon's und vieler anderer haben die Bedingungen klar ge-

legt, unter denen Wasser bleilösend wirkt. Hiezu ist vor allem Gegenwart von freier Kohlensäure, Luft und Mangel an kohlensauren Salzen erforderlich, Bedingungen, welche von dem Mangfallquellenwasser nicht erfüllt werden. Insbesondere ist in der Leitung die Gegenwart von Luft, ausgenommen der im Wasser gelösten, ausgeschlossen.

Ferner besitzt das Wasser wohl eine geringe Menge theoretisch freier Kohlensäure, aber diese scheint doch in einem gewissen Bindungsverhältnis zum Kalk zu stehen, da durch sie Marmor, also Kalkkarbonat nicht weiter gelöst wird.

Endlich ist das Wasser kein weiches Wasser, sondern ein hartes, mit 15.8 deutschen Härtegraden.

Unter diesen Umständen war es nach den bisherigen Erfahrungen nicht anzunehmen, dass das Wasser bleilösend wirke. Ich habe, da ja in München viele, ja fast alle Hausanschlüsse und Hausleitungen mittelst Bleiröhren ausgeführt sind, einige Versuche in dieser Beziehung angestellt.

Wasser, das mit Bleiröhren 5 Tage lang in luftdicht schliessenden, völlig mit Wasser gefüllten Glasgefässen in Berührung war, hatte nicht die geringste Spur Blei aufgenommen.

Ebenso wenig war dies der Fall, als diese Berührung unter Gegenwart von Luft stattfand, indem sich lediglich kohlensaurer Kalk an dem Blei und den Glaswandungen absetzte.

Tatsächlich habe ich auch in Wasser, das monatelang in völlig gefüllten Bleiröhren gestanden war, kein Blei nachweisen können — das Münchener Leitungswasser wirkt sonach nicht bleilösend.

Nur in einigen Fällen, in denen sich nun hoch gelegenen Stellen lang geschlossener und nicht völlig dichter Leitungen mit Kohlensäure gemengte Luft ansammelte, so dass das Wasser beim Ausfliessen schäumte zeigte

sich Blei im Wasser suspendirt. In solchen Fällen, ganz neue Bleiröhren vorausgesetzt, waren aber alle von Pettenkofer ermittelten Umstände gegeben: frische Bleiflächen, freie Kohlensäure und Sauerstoff, Verhältnisse, wie sie eben nur ausnahmsweise eintreten und durch einfaches Ablaufenlassen einiger liter Wasser leicht zu beseitigen sind.

Ueber das Verhalten des Leitungswassers zu verzinkten Eisenrohren hat H. Bunte Untersuchungen mitgeteilt.¹⁾ Das Wasser löste

nach 120 Stunden	6.003 g Zink
„ 204 „	0.006 g „
„ 276 „	0.011 g „

und zwar nur unter Benützung ganz neuer Rohre, während sich aus solchen, in denen sich kohlenaurer Kalk abgeschieden hatte, überhaupt kein Zink auflöste.

Es steht somit auch einer Verwendung von verzinkten Eisenröhren nichts im Wege — in München werden jedoch zu Hausanschlüssen fast ausschliesslich Bleiröhren verwendet.

Ebenso werden blanke guss- oder schmiedeiserne Rohre nur angegriffen, wenn die Leitung zeitweise mit Wasser, zeitweise mit Luft gefüllt ist, was ebenfalls nur ausnahmsweise eintreten kann. Gut getheerte Eisenrohre werden auch unter diesen ungünstigsten Umständen nicht angegriffen.

Vergleich mit sonstigen Münchener Wässern.

Die Reinheit des Münchener Leitungswassers der Mangfallquellen ist besonders in die Augen fallend, wenn man seine Zusammensetzung in Vergleich setzt mit derjenigen der in München noch gebräuchlichen Leitungswasser und einiger Pumpbrunnenwasser.

1) Journal für Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung. 1887. 132.

In München ist noch in Gebrauch die städtische Auer Freiflussleitung, welche wie schon erwähnt, aus den Quellen des rechten Isarufers gespeist wird, die in der Au zu tage treten. Diese Leitung versorgte

1886	89	Anwesen und	29	öffentliche	Brunnen
1887	87	„	„	28	„
1880	82	„	„	28	„

und lieferte 330 cbm Wasser pro Tag oder 3.8 Sekundenliter.

Ferner sind noch in Gebrauch folgende k. Hofleitungen:

1. Brunnthaler Leitung, ebenfalls von Quellen des rechten Isarufers gespeist, die am Auer und Haidhauser Steilrande unter jetzt zum Teil bebauten Flächen zu tage treten. Das Wasser fließt frei in das Reservoir des Pfisterbrunnhauses und wird dort 35 m hoch gehoben. Das Brunnenwerk liefert bei günstigem Quellenstande 5428,5 cbm pro Tag oder 62.83 Sekundenliter. Die Leitung versorgt 871 Anwesen mit 23 302 Einwohnern, in vielen Fällen kommt das Wasser nicht in allen Stockwerken, sondern nur zu ebener Erde zum Ausfluss, nämlich in den Strassen, welche an den Leitungen von den Brunnstuben zu dem Brunnhause liegen.

2. Leitung des Hofgartenbrunnhauses, die aus einem Pumpschachte an der Hofgartenkaserne gespeist wird. Das von der Pumpe geförderte Wasser (1529.3 cbm pro Tag oder 17.7 Sekundenliter, jedoch nur bei günstigem Quellenstande) wird jetzt in die Reservoirs des ehemaligen k. Wintergartens gehoben und gelangt daher in allen Stockwerken der k. Residenz und der mit der Leitung versorgten wenigen Häuser am Lehel zum freien Ausfluss.

Um auch die Zusammensetzung verschiedener Grund- d. i. Pumpbrunnenwässer in Vergleich ziehen zu können, füge ich 3 derselben an, darunter das Wasser des Brunnens im ehemaligen Stadtgericht, jetzigen k. Landgericht München I, das vielfach im Publikum als reines Wasser gilt, früher aber stark verunreinigt war. Die unterdessen erfolgte Reinigung des Bodens der innern Stadt, Aufhebung der durchlässigen Abortgruben, der Privatschlachthäuser, Kanalisation) kenn-

zeichnet sich auch am Wasser dieses Brunnens, das in seiner jetzigen Beschaffenheit dem Wasser der Auer Quellen gleicht.

Die Zusammensetzung der Wssser ergibt sich aus folgender Tabelle: (Februar 1889).

mg pro 1 lt.

Tabelle XI.

Bezeichnung	Rückstand	Chlor	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Amoniak	Sauerstoffverbrauch	Schwefelsäure	Härte
Mangfallthalquellenwasser	282	4	0	0	0	0.2	5.6	15.8
Auer Freifluss	346	11	29.8	0	0	0.8	32.0	16.9
Brunnthaler Leitung	400	18	31.2	0	0	0.9	37.1	17.6
Hofgartenbrunnhaus	492	32	38.3	0	0	0.9	60.4	21.5
Grundwasser: Landgericht	388	15	34.4	0	0	0.9	33.0	17.6
Grundwasser: Findlingstrasse	696	19	64.8	0	0	3.3	81.0	25.7
Grundwasser: Residenz	592	86	86.0	0	0	2.8	—	—

Untersuchungen des Münchener Grundwassers aus verschiedenen Gegenden der Stadt ergaben oft hochgradige Verunreinigungen und bedeutende Schwankungen, so wurde Wasser mit 1700—2100 mg Rückstand, 160—200 mg Chlor, 250 mg Salpetersäure und viel Ammoniak und Salpetrigsäure angetroffen, Wässer welche mehr eine Jauche als Trinkwasser darstellten,

Aber auch gegenüber reinerem Münchener Grundwasser und gegenüber den noch bestehenden Leitungen ist das Wasser der Mangfallthalquellen als weitaus reiner hervorzuheben.

Die Hochquellenleitung des Mangfallthales versorgt daher

Ueber die Bestimmung der Kohlensäure im Trinkwasser.

Die Kohlensäure tritt nach den herrschenden Ansichten im Wasser in drei Formen auf: als völlig gebundene oder Monokarbonatkohlensäure, als halbgebundene oder Bikarbonatkohlensäure und als völlig freie Kohlensäure.

Für die hygienische und technische Beurteilung eines Wassers ist es nicht gleichgiltig, in welcher Form sich die Kohlensäure vorfindet und insbesondere das Auftreten freier Kohlensäure verdient besondere Aufmerksamkeit.

Wer die überaus reiche Literatur über die Bestimmung der Kohlensäure in Trinkwasser kennt, möchte es für überflüssig halten, mit weiteren Arbeiten auf diesem Gebiet hervortreten; die Untersuchung des Münchener Mangfallthalsquellenwassers, welche ich in den Jahren 1885—1888 ausführte, hat jedoch ergeben, dass eine Anzahl von Vorschriften und Methoden zu ganz falschen Ergebnissen führt. Die Methodik der Wasseruntersuchung in chemischer Richtung gilt für eines der fast ausgebauten Kapitel der analytischen Chemie — trotzdem finden sich noch grosse Mängel, wie z. B. Methoden zur direkten Bestimmung der freien Kohlensäure.

I. Bestimmung der Gesamtkohlensäure.

Die Bestimmung der Gesamtkohlensäure kann nach 2 Grundmethoden hin erfolgen,

a) Man fällt die Kohlensäure aus dem Wasser in Form

eines unlöslichen Karbonates und bestimmt sie im Niederschlag.

b) Man treibt die Kohlensäure in Gasform aus dem Wasser aus und bestimmt sie durch Einleiten in ein Absorptionsmittel. (Kalilauge oder Barytwasser.)

Die Hauptsache bleibt stets die möglichst vollkommene Abscheidung der Kohlensäure aus dem Wasser, sei es, dass man nach a. oder b. verfährt.

ad a) Die am meisten geübte Methode der Bestimmung der Gesamtkohlensäure ist wol die bereits in Liebig-Poggendorfs Handwörterbuch der Chemie I 351 beschriebene Methode, wonach die Kohlensäure des Wassers mit einer Mischung von Calciumchlorid und Ammoniak gefällt und die Kohlensäure im Niederschlag durch Zersetzen mit Säure aus dem Gewichtsverlust oder der Gewichtszunahme von Absorptionsapparaten oder maassanalytisch bestimmt wird.

Dieselbe Methode wurde später (1849) von Limouzin-Lamotte¹⁾ vorgeschlagen, von Carius²⁾ und Drechsel³⁾ geprüft und von Fresenius⁴⁾ auf denjenigen Grad der Vollkommenheit gebracht, in dem sie in des Letzteren Lehrbuch der quantitativen chemischen Analyse⁵⁾ beschrieben ist.

Die Ausführung der Methode wurde in verschiedener Richtung vorgenommen, so verwendet Mohr⁶⁾ als Fällungsmittel eine Mischung von Baryumchlorid und Ammoniak, Limouzin¹⁾ Kalkwasser, Fresenius⁵⁾ und Tiemann⁸⁾ Calciumhydrat mit Calciumchlorid;

1) Journal de la Chimie méd. [3] 5. 481.

2) Annalen d. Chemie u. Pharmazie 87. 108.

3) Journal für praktische Chemie 16. 169.

4) Zeitschrift für analytische Chemie 2. 49 u. 5. 321.

5) VI. Auflage. Seite 449. I. Bd.

6) Annalen d. Chemie u. Pharmazie 49. 197.

7) Analyse der Aschen u. Mineralwasser. Heidelberg 1874.

8) Kubel-Tiemann, Anleit. z. Untersuchung des Wassers. III. Aufl. 213.

so wird die Kohlensäure in dem erhaltenen Niederschlag bestimmt durch Gewichtsverlust (nach Bunsen⁷) (S. 64) oder aus der Gewichtszunahme⁸) (S. 64) von Kali oder Natronkalkröhren (Tiemann-Fresenius), teils auch durch Massanalyse und zwar Titiren mit Säure (Fresenius-Reichardt¹) oder durch Uebersättigen mit Salzsäure, Eindampfen und Bestimmen des Chlors mit Silbernitrat (Mohr²) oder durch Bestimmung mit titirtem Barytwasser (Wagner³) oder endlich durch Bestimmung der gefällten Erdalkalien. (König⁴)

Wenn ein Wasser nur Alkalikarbonate und doppelkohlensaurer Kalk enthält, ist es gleichgültig, wie man vorgeht, man wird immer die gesammte Kohlensäure in einem Niederschlag haben, der nur Kohlensäure enthält — anders gestaltet sich jedoch die Sachlage, wenn das Wasser auch Magnesiumcarbonat enthält, welcher Fall entschieden unterschätzt wurde. (Mohr⁵).

Fällt man nämlich mit Kalk- oder Barytwasser, so findet sich im Niederschlag auch Magnesiumcarbonat, da dasselbe in Lösungen von Erdalkalihydraten unlöslicher als in reinem Wasser ist.

Fällt man mit Chlorbaryum oder Chlorcalcium und Ammoniak, so tritt die an Magnesia gebundene Kohlensäure an Baryt oder Kalk und Magnesiumchlorid geht in Lösung. Ist nun nicht genügend Chlorammon vorhanden, so wird durch das überschüssige Ammoniak neuerdings Magnesiumhydrat gefällt. Die Menge Ammonchlorid ist nach meinen Untersuchungen ziemlich gross zu nehmen, wenn sie das Ausfallen des Magnesiumhydrats verhindern soll.

1) Archiv der Pharmacie. Band 25. Heft 19.

2) Chemisches Centralblatt. 1857. 760.

3) Zeitschrift für analytische Chemie 1870. 445 u. F. Schultze, Landwirtsch. Versuchsstationen. 10. 515. XI. 1.

4) Chemie der menschl. Nahrungs- u. Genussmittel. II. Aufl. II. Bd. 673

5) Mohr-Classen Lehrbuch der Titrirmethode. 1886. Seite 652.

Dieselbe Ausfällung von Magnesiumhydrat findet statt, wenn man mit Baryumchlorid-Barythydrat oder Calciumchlorid-Calciumhydrat fällt.

Wenn man in dem Niederschlag die Kohlensäure gewichtsanalytisch bestimmt, ist es gleichgültig, ob derselbe Magnesiumhydrat enthält oder nicht, nicht aber, wenn man den Niederschlag mit Säure titriert, da in diesem Falle die an Magnesia gebundene Kohlensäure doppelt gerechnet wird.¹⁾

Das Münchener Leitungswasser enthält pro liter 112 mg Kalk und 33.1 mg Magnesia.

Die Fällung mit	durch Titriren	durch Gewichts- analyse
Calciumchlorid-Ammoniak gab Kohlensäure	301 mg	255.0 mg
Baryumchlorid-Ammoniak gab Kohlensäure	312 „	256.0 „
Barytwasser-Baryumchlorid gab Kohlensäure	294.5 „	255.1 „
Kalkwasser-Calciumchlorid gab Kohlensäure	294.0 „	— „

Am raschesten und sichersten erfolgt die Fällung der Kohlensäure mit Barytwasser-Baryumchlorid — wo sie nach halbstündigem Kochen vollständig ist.

In dem erhaltenen Niederschlag wurde gefunden:
durch Gewichtsanalyse

(nach Bunsen)	255.1 mg	} (256.7 — 253.2 — 255.3)
durch Titriren mit Salzsäure (nach Reichardt)	294.5 „	
durch Titriren nach Mohr	314.4 „	

Korrigiert man für die Titrimethoden 36.4 mg Kohlen-

1) Enthält ein Wasser Magnesianeutralisate, so wird unter genannten Umständen auch die darin enthaltene Magnesia gefällt und beim Titriren als Kohlensäure gerechnet.

säure, als zu viel — von der ausgeschiedenen Magnesia her-
rührend, so erhält man

durch Gewichtsanalyse	255.1 mg Kohlensäure
„ Titriren mit Säure	258.1 „ „
„ „ nach Mohr	278.0 „ „

Dass die Ergebnisse trotzdem nicht übereinstimmen, liegt
darin, dass das Filtrirpapier Barythydrat zurückhält¹⁾, das
dann wieder als Kohlensäure titirt wird. Blinde Versuche
bestätigten dies und gleichzeitig, dass dieser Fehler kein
konstanter ist, also durch eine Korrektur nicht behoben werden
kann.

Ich versuchte nun, die Ausfällung der Magnesia durch
Zusatz von mehr Chlorammon zu verhindern. Die Resultate
waren folgende:

Calciumchlorid-Ammoniak	270.8 mg statt 255 mg
Baryumchlorid-Ammoniak	268.6 „ „ 256 „
Barytwasser-Baryumchlorid	264.6 „ „ 255 „
Kalkwasser-Calciumchlorid	253.0 „ „ — „

Diese Zahlen liegen bedeutend näher an den durch Ge-
wichtsanalyse erhaltenen, die noch vorhandenen Differenzen
bestätigen gleichfalls das Vorhandensein eines sonstigen
Fehlers. (Barytaborption durch Filtrirpapier.)

Gleichzeitig kann ein Zuviel an Chlorammon Lösung von
Calciumkarbonat bewirken (Siehe Teil III).

Unter solchen Umständen erscheint es nicht empfehlens-
wert, die Kohlensäure im Niederschlag durch Titriren zu
bestimmen — man muss vielmehr diese Bestimmung gewichts-
analytisch oder nach Wagner durchführen.

Aehnlich ungünstige Resultate gibt die Methode von
König.²⁾ Hier wird Wasser mit klarem Kalkwasser gefällt,
nach 24stündigem Stehen der abgeschiedene kohlen-
saure Kalk (Magnesia ist übersehen) abfiltrirt, gut ausgewaschen

1) Fresenius, Quantit. Analyse VI. Aufl. II. Band. Seite 767.

2) Chemie der menschl. Nahrungs- u. Genussmittel. II. Aufl. 2. Band.
Seite 673.

und gewichtsanalytisch bestimmt. Ich erhielt (mit Ausserachtlassung der Magnesia)

mit Kalkwasser	298.6—267.2	} Mittel 288.8 mg
„ Barytwasser	278.5—287.6—286.6—294.1	

Bekanntlich hält das Filtrirpapier Erdalkalihydrate hartnäckig zurück, so dass ein vollständiges Auswaschen fast unmöglich ist. Daher rühren auch die erhaltenen höheren Zahlen.

Nach Tiemann-Kubel¹⁾ sollen zu der nach Fresenius erhaltenen Zahl noch 10 mg Kohlensäure pro 1 l addirt werden, weil Calciumkarbonat in Calciumhydroxydlösung nicht ganz unlöslich ist — ich halte diese Korrektur für unangezeigt, da meine Untersuchungen Differenzen in dieser Richtung nicht gaben.

b) Die zweite Gruppe von Methoden zur Bestimmung der Gesamtkohlensäure besteht darin, die Kohlensäure in Gasform aus dem Wasser direkt auszutreiben durch Zusatz von Säure und Kochen.

Die ausgetriebene Kohlensäure kann dann gasanalytisch, gewichts- oder massanalytisch bestimmt werden. Die gasanalytische Bestimmung habe ich nicht berücksichtigt.

Für die gewichtsanalytische Bestimmung nach dieser Methode hat Borchers²⁾ eine Methode angegeben, die aber von Fresenius³⁾ entschieden missbilligt wurde.

Ich versuchte, aus gewogenen Apparaten mit 100 ccm Wasser die Kohlensäure durch Zusatz von verdünnter Schwefelsäure und Erhitzen auszutreiben und durch den Gewichtsverlust zu bestimmen. — Die erhaltenen Resultate zeigten aber bedeutende Schwankungen, die in der verhältnismässig geringen Wassermenge gegenüber schweren Apparaten ihre Erklärung finden.

Besser bewährte sich die Methode, die ausgetriebene Kohlensäure in gewogenen Kaliapparaten aufzufangen, wozu allerdings der Apparat ziemlich complicirt wurde.

1) Analyse des Wassers. 3. Aufl. 215.

2) Journal für praktische Chemie. N. F. 17. 353.

3) Zeitschrift für analytische Chemie. 19. 206.

Es gab 1 l Wasser:

256	mg	Kohlensäure
252	„	„
252	„	„

im Mittel 253,3 mg Kohlensäure, was mit den Resultaten der ersten Methode sehr gut übereinstimmt.

Endlich versuchte ich die Kohlensäure in titrirtem Barytwasser aufzufangen. Zur Absorption verwendete ich eine Pettenkofer'sche Röhre von 1 m Länge, da sich bei allen kürzeren Absorptionsapparaten Verluste zeigten.

Kontrollversuche mit Natriumkarbonatlösungen ergaben trotz sorgfältigster Ausführung ein geringes und fast absolut konstantes Plus an Kohlensäure, nämlich 4.1—4.6 mg.

Nach Abzug dieser Korrektur ergab sich für 1 l

257.4	mg
257.0	„
257.0	„

im Mittel 257.1 mg, was ebenfalls gut übereinstimmt mit den Resultaten nach der ersten Methode.

Uffelmann¹⁾ hat vorgeschlagen, das durch Baryumkarbonat getrübe Barytwasser direkt mit Oxalsäure zu titrieren, unter Benützung von Phenolphthaleïn als Indikator.

Auch ich kann mich diesem Vorschlag anschliessen, da ich bei Kontrollversuchen mit geklärtem und trübem Barytwasser nur höchst selten und dann sehr geringe Differenzen bekam.

Schliesslich möchte ich auf eine einfache Methode der Bestimmung der Gesamtkohlensäure im Anschluss an die Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure (Seite 82) hinweisen, welche im Mittel vieler übereinstimmender Versuche pro 1 l 255.8 mg Kohlensäure ergibt.

Am einfachsten ausführbar bleibt, von letzterer Methode abgesehen, immer die erst beschriebene Methode: Fällen des Wassers mit Baryumchlorid--Barytwasser unter Kochen und

1) Archiv für Hygiene. 1888. 262.

Bestimmen der Kohlensäure im erhaltenen Niederschlag durch Gewichtsverlust beim Zersetzen mit Säure.

II. Bestimmung der Monokarbonatkohlensäure.

Die Bestimmung der ganz gebundenen Kohlensäure erfolgt am einfachsten durch Titiren des Wassers mit Salzsäure, wovon 1 ccm = 1 mg Kohlensäure, unter Benützung eines gegen Kohlensäure unempfindlichen Indikators.¹⁾ Als solchen benützt man am besten Kochenilletinktur,²⁾ oder auch unter Anwendung der Tüpfelmethode blaues Lakmuspapier oder Kongorotpapier.

Statt auf Endreaktion in saurer Lösung zu titiren, kann man auch das Wasser mit Salzsäure übersättigen, die Kohlensäure durch Kochen vertreiben und nun mit Natronlauge den Säureüberschuss zurücktitiren, wobei Phenolphthaleïn oder Rosolsäure als Indikatoren dienen können.

Beide Methoden geben unter Berücksichtigung derselben Endreaktion die gleichen Resultate.

Wenn das Wasser Kieselsäure an Alkalien gebunden enthält, was nach Legler³⁾ durchaus nicht selten ist, so wird die Kieselsäure mittitirt und als Kohlensäure berechnet. Legler bestimmt daher die Kieselsäure gewichtsanalytisch, berechnet sie auf Kohlensäure und zieht die erhaltene Zahl ab von dem Resultat der titrimetrischen Kohlensäurebestimmung.

Es bleibt sich gleich, ob man mit Salzsäure, Schwefelsäure oder Oxalsäure titirt — bei Anwendung von Kochenille und Kongorotpapier tritt der Farbenübergang bei allen Säuren gleich scharf ein. Zur Titration verwendet man zweckmässig 100 ccm Wasser.

1) Kersting (Annalen der Chemie u. Pharmacie 44. 112) Houzeau (Compt. rend. 95. 1064.)

2) Mohr-Classen, Lehrbuch der Titrimethode. 1886. 131.

3) H. Fleck, Chemie im Dienste der öffentl. Gesundheitspflege, 1882. 144

Die Untersuchung des Münchener Wassers ergab: Pro 1 l	
Mit Schwefelsäure	122.1 mg Monokarbonatkohlensäure (Mittel v. 3 Best.)
Mit Salzsäure	121.8 mg Monokarbonatkohlensäure (Mittel v. 7 Best.)
Mit Oxalsäure	119.4 mg Monokarbonatkohlensäure (Mittel v. 2 Best.)

Die Schwankungen betragen 0.2—0.3 ccm der Säure für 100 ccm Wasser, entsprechend 2—3 mg Kohlensäure pro 1 l.

Das Wasser enthält pro 1 l 6 mg Kieselsäure, dieselbe muss jedoch der fehlenden Alkalien wegen als frei angenommen werden, ein Abzug ist daher nicht zu machen.

Eine weitere Methode der Bestimmung der Monokarbonatkohlensäure besteht darin, die Kohlensäure im Abdampfrückstand des Wassers durch die gewichtsanalytischen Methoden oder nach Mohr durch Uebersättigen mit Salzsäure und Bestimmung des gebundenen Chlors zu bestimmen.

Ich habe gewichtsanalytische Bestimmungen unterlassen, da ja doch die massanalytischen einfacher sind, dagegen habe ich Bestimmungen nach Mohr ausgeführt.

Es ergaben sich pro 1 lt 121.3 und 122 mg Monokarbonatkohlensäure.

Ausserdem kann die ganz gebundene Kohlensäure berechnet werden und zwar am sichersten aus dem Ergebniss der Gesamtanalyse — auf diese Weise ergeben sich für das Münchener Wasser 120.6 mg Monokarbonatkohlensäure.

Des Weitern wurde vorgeschlagen, die Kohlensäure der Monokarbonate aus der vorübergehenden Härte zu berechnen,¹⁾ wobei für das gelöst bleibende Calciumkarbonat (34 mg pro 1 lt) 15 mg pro 1 lt zu addiren sind.

Führt man das bei Münchener Wasser aus, dessen bleibende Härte 11.2 Grade^o beträgt, so erhält man $(88 + 15) = 103$ mg Monokarbonatkohlensäure, also bedeutend weniger.

1) König a. a. O., jedoch ohne Korrektur für gelöst bleibende Erdalkalikonarbonate.

Der Grund hiefür liegt darin, dass bei allen Magnesiumkarbonathaltigen Wässern, wenigstens der bayerischen Hochebene, alles vorhandene Magnesiumkarbonat beim Kochen löslich bleibt, nicht aber Calciumkarbonat. Berücksichtigt man dieses, so erhält man

88 mg Kohlensäure ausfallend (vorübergehende Härte)
32.6 „ „ löslich (bleibende Härte)
also in Summa 120.6 mg.

Die analytischen Bestimmungen zeigen mit den berechneten Mengen gute Uebereinstimmung. — Die angegebenen einfachen Methoden reichen sonach vollständig zur Bestimmung der Monokarbonatkohlensäure hin.

III. Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure.

Die Gesamtmenge der freien und halbgebundenen Kohlensäure ergibt sich am einfachsten, wenn man die Gesamtkohlensäure und die Monokarbonatkohlensäure kennt, als Differenz zwischen beiden: bei Münchener Wasser also $255.1 - 120.6 = 134.5$ mg pro 1 l.

Unter den Methoden zur direkten Bestimmung steht obenan das massanalytische Verfahren von Pettenkofer¹⁾: 100 ccm Wasser werden in einem gut verschliessbaren Absetzglas mit 3 ccm einer nahezu gesättigten neutralen Calciumchloridlösung und 2 ccm einer gesättigten neutralen Chlorammonlösung, sowie 45 ccm Kalkwasser, das gegen Oxalsäure von bekanntem Gehalt titirt ist, versetzt und 12 Stunden stehen gelassen. Dann wird das nicht gefällte Calciumhydrat in 50 ccm der klaren Flüssigkeit mit Oxalsäure zurücktitirt und die Differenz im Titer auf Kohlensäure berechnet. Monokarbonatkohlensäure wird durch dieses Verfahren nicht gefunden, sondern nur freie + halbgebundene Kohlensäure.

Diese ursprüngliche Vorschrift ist beibehalten in den

1) Journal für praktische Chemie. 1861. I. Band, 31.

Werken von Fresenius, Kubel-Tiemann, Bolley, Ziegeler u. A.; in Tiemann-Kubel mit einer anscheinend geringfügigen Aenderung, indem statt einer konzentrirten Chlorammonlösung eine solche im Verhältniß 1:8 vorgeschrieben ist.

Mohr ¹⁾ prüfte die Methode und verwendete an Stelle des Kalkwassers Barytwasser, liess jedoch, indem er das Verhalten der Magnesiumsalze unterschätzte oder nicht berücksichtigte, den Zusatz von Chlorammon fallen, den Pettenkofer in der Absicht machte, das Ausfallen von Magnesiahydrat zu verhindern. In dieser Weise findet sich auch die Methode im Lehrbuch der Titrimethode ²⁾

Knapp ³⁾ prüfte das Verfahren ebenfalls und bemerkte, dass bei Magnesiahaltigen Wässern unbedingt die ursprüngliche Pettenkofer'sche Vorschrift eingehalten werden müsse und dass die Mohr'sche Modifikation keinerlei Vorteile biete.

Pettenkofer ⁴⁾ nahm jedoch den Mohr'schen Vorschlag, Barytwasser an Stelle von Kalkwasser zu verwenden, an und brachte einen gewichtsanalytischen Beleg für die Richtigkeit der Methode.

Wolffhügel ⁵⁾ fand die von Pettenkofer angegebene Zusatzmischung von Baryumchlorid und Ammonchlorid zu konzentriert, indem dadurch Fehler entstünden, dass das Chlorammon Baryum- oder Calciumkarbonat in Lösung hielte und empfiehlt eine 20fach verdünnte Mischung.

Diese Vorschrift findet sich auch in Dammers Lexikon der Verfälschungen. 1887. 939.

Als Indikator benützte Pettenkofer empfindliches Kurkumapapier. Statt desselben schlug Gottlieb ⁶⁾ Lakmustinktur,

1) Zeitschrift für analytische Chemie **3**. 4.

2) Mohr-Classen; Lehrbuch der Titrimethode. 1886. 647 u. 652.

3) Annalen der Chemie u. Pharmazie. 1871. 115.

4) Sitzungsberichte der mathemat. physik. Klasse der k. b. Akademie der Wissenschaften. 1871. 170.

5) Handbuch der Hygiene und der Gewerbekrankheiten. II. Teil. 1. Abt. 2. Hälfte. 1882. 183.

6) Journal für praktische Chemie. **107**. 488.

Schulze¹⁾ weingeistige Kurkumatinktur, Schulze und Maerker²⁾ Rosolsäure, Ziegeler³⁾ Azolitmin als Indikator vor, allgemeine Anwendung erwarb sich jedoch nur die Rosolsäure.

Seit 1885 führte ich die Pettenkofer'sche Methode in der Abänderung von Wolffhügel aus und benützte als Indikator teils Rosolsäure, meist aber Phenolphtaleïn.

Ich erhielt für Münchener Leitungswasser 171—173 mg freie + halbgebundene Kohlensäure, welche Zahlen in den jährlichen Wasserversorgungsberichten in der „Münchener Gemeindezeitung“ veröffentlicht sind.

Obwohl diese hohe Zahl öfter mein Bedenken erregte, bot sich doch erst im Sommer 1888 Gelegenheit, der Sache näher zu treten.

Herr Dr. Sendtner, I. Assistent der k. Untersuchungsanstalt machte mich nämlich darauf aufmerksam, dass er nach der Pettenkofer'schen Methode in ihrer ursprünglichen Fassung (aber mit Barytwasser statt Kalkwasser) bedeutend geringere Werte, nämlich nur 122 mg Kohlensäure erhielt.

Er hatte die Güte, mir die Verfolgung der Begründung dieser Tatsache zu überlassen.

Damalige Kontrolbestimmungen ergaben unter anderm

In 1 l Wasser freie + halbgebundene Kohlensäure mit verdünnter Mischung 171 mg (Indikator Phenolphtaleïn)
„ konzentrierter „ 122 „ („ Rosolsäure)

Die Ursache der abweichenden Resultate konnte in zwei Richtungen liegen; nämlich

a) in der Verschiedenheit der Indikatoren:

nach Pettenkofer und Wolffhügel Rosolsäure,

während ich Phenolphtaleïn benützte.

b) in der verschiedenen Konzentration der Zusatzflüssigkeiten.

Ich prüfte nun zuerst den Einfluss der Indikatoren und fand

1) Landwirthschaftl. Versuchsstationen. 12. 1.

2) Zeitschrift für analytische Chemie. 9. 334.

3) Analyse des Wassers. Stralsund 1887. Seite 35.

für Phenolphtaleïn und verdünnte Mischung	171 mg
„ „ „ konzentrirte „	171 „
„ Rosolsäure „ verdünnte „	171 „
„ „ „ konzentrirte „	122 „

Beim Titriren machte sich insoferne ein Unterschied bemerkbar, als der Neutralisationspunkt bei der konzentrirten Mischung mit Phenolphtaleïn kaum zu erkennen, mit Rosolsäure sehr undeutlich war, während bei der verdünnten Mischung beide Indikatoren scharfe Uebergänge lieferten.

Versetzte ich 100 ccm Wasser, 45 ccm Barytwasser und 5 ccm der konzentrirten Mischung mit Phenolphtaleïn, so wurde die Flüssigkeit nur rosa gefärbt, während sie sich mit 5 ccm der verdünnten Mischung intensiv rötete.

Durch die Arbeiten von Bekurts¹⁾, Flückiger²⁾ und Thompson³⁾ ist bekannt, dass Phenolphtaleïn bei Gegenwart von Chlorammon unbrauchbar als Indikator ist.

Abgesehen davon fand ich, dass meine konzentrirte Chlorammonlösung die von Pettenkofer gestellte Bedingung der neutralen Reaktion nicht erfüllte.

Während die konzentrirten Lösungen von Chlorammon aus verschiedenen Bezugsquellen gegen blaues Lakmuspapier stark sauer reagirten, waren sie gegen Kongorotpapier neutral.

Auch als ich die Chlorammonlösung mit Ammoniak oder Barytwasser im Ueberschuss versetzte, wich die erst stark alkalische Reaktion sehr bald einer stark sauren.

Die 2ofach verdünnte Lösung hingegen reagirte völlig neutral, obwohl sie aus der sauer reagirenden durch einfaches Verdünnen mit Wasser hergestellt war.

Dieses Verhalten legte die Vermuthung nahe, es werde der Titer des Barytwassers durch die Zusatzmischungen verändert.

1) Pharmazeutische Zentralhalle N. F. 4. 333.

2) Archiv der Pharmazie. 3. Reihe. 23. 605.

3) Zeitschrift für analytische Chemie, 24. 226.

Ich versetzte daher 45 ccm Barytwasser mit je 5 ccm
destillirtem Wasser, (O)
verdünnter Mischung (V)
konzentrierter Mischung (C)

„ Baryumchloridlösung (B)

„ Ammonchloridlösung (A)

und 100 ccm kohlensäurefreiem destillirtem Wasser und titrirte
mit Salz- oder Oxalsäure, wovon 1 ccm gleich 1 mg Kohlen-
säure war.

Es ergaben sich folgende Resultate:

	mit Phenolphthaleïn	mit Rosolsäure
Säureverbrauch für Mischung O	42.60 ccm	42.75 ccm
„ „ V	42,45 „	42.75 „
„ „ C	36.90 „	41.70 „
„ „ B	42.60 „	42.75 „
„ „ A	30.90 „	41.30 „

Es ist nun klar, dass Berechnungen, welche sich lediglich
auf die Titerstellung des Barytwassers ohne jeden Zusatz
stützen, unter diesen Umständen falsche Resultate liefern
mussten.

Beseitigt man diesen Fehler durch eine Berechnung,
welche sich auf eine Titerstellung gründet, die unter den-
selben Umständen wie die Titirung selbst vorgenommen ist,
so ergeben sich

für Phenolphthaleïn und verdünnte Mischung	171 mg CO ₂
„ „ „ konzentrierte „	117 „ „
„ Rosolsäure „ verdünnte „	171 „ „
„ „ „ konzentrierte „	117 „ „

also Resultate, welche bei den verschiedenen Indikatoren
gleich sind, den Einfluss der Konzentration der Zusatzmischung
aber um so schärfer hervortreten lassen.

(Dass nicht alle Indikatoren in gleich starker Weise durch
die verschieden konzentrierte Zusatzmischung beeinflusst werden
und dass der beeinflussende Teil derselben lediglich die Chlorammonlösung ist, ergibt sich aus der
obigen Titerstellung, besser noch aber aus folgender Tabelle,

welche anzeigt, wieviel Barytwasser, wovon 1 ccm gleich 1 mg Kohlensäure ist, zur Neutralisation von 5 ccm der Zusatzmischungen oder Flüssigkeiten nothwendig sind:

	5 ccm destillirtes Wasser (O)	5 ccm Wolff- hügel'sche Mischung (V)	5 ccm Petten- kofer'sche Mischung (C)	5 ccm konzen- trirte Baryum - chloridlös. (B)	5 ccm konzen- trirte Chlor- ammonlös. (A)
Rosolsäure	0.1	0.1	1.05	0.1	1.65
Phenolphtalein	0.2	0.75	7.60	0.2	22.25
Lakmuskintur (Kubel)	0.2	0.2	0.3	0.2	0.8
Lakmuspapier (neutral)	0.7	0.7	0.5	0.5	0.8
Kurkumapapier	0.7	0.5	0.55	0.5	1.0

Gegen Kochenille, Methylorange, Methylviolet und Kongorotpapier, also Indikatoren, welche eigentlich freie Säure anzeigen, reagirten sämmtliche Lösungen neutral.

Am meisten wird also das Phenolphtalein beeinflusst, das bei Lösungen mit einem Gehalt von konzentrirter Chlorammonlösung seines äusserst schwierigen Farbenüberganges wegen als Indikator ganz zu verwerfen ist.

Auch die Rosolsäure wird etwas beeinflusst und nach der Beseitigung des Fehlers durch die Berücksichtigung der Titerstellung mit der Zusatzflüssigkeit schwindet auch hier die scheinbare Uebereinstimmung der freien + halbgebundenen Kohlensäure (122 mg) mit der ganz gebundenen (120.6), indem nur mehr 117 mg gefunden werden.)

Die Ursache der verschiedenen Resultate liegt sonach an der verschieden starken Konzentration der Chlorammonlösung, welche Pettenkofer und Wolffhügel vorschreiben.

Recht sichtbar wird dies aus folgender Versuchsreihe :

In 1 l Münchener Wasser freie + halbgebundene
Kohlensäure :

Zusatzflüssigkeit	Phenolphthaleïn	Rosolsäure	Kurkuma
O	171.5	171.5	171.5
V	171.5	171.5	171.5
C	117.0	117.5	117.5
B	171.5	117.5	171.5
A	(+ 60)	(+ 57.0)	(+ 57.0)

Während der Zusatz von destillirtem Wasser, verdünnter Mischung oder konz. Baryumchloridlösung das gleiche Resultat (171.5 mg) gibt, erhält man mit konzentrirter Mischung nur 117—117.5, also 54 mg weniger und mit konzentrirter Chlorammonlösung braucht man noch mehr Säure, als den 45 ccm Barytwasser entsprechen würde.

Die einzelnen Proben zeigen hiebei schon in den äusseren Erscheinungen Unterschiede: Setzt man 100 ccm Münchener Wasser 5 ccm dest. Wassers, 5 ccm verdünnte Mischung (V) oder 5 ccm konz. Charbaryumlösung (B) zu, so entsteht beim Einfließen der 45 ccm Barytwasser sofort ein starker voluminöser Niederschlag, der sich rasch absetzt.

Bei Verwendung konzentrirter Mischung (C) bleibt das Wasser anfangs klar, nach etwa einer Stunde beginnt die Ausscheidung eines feinkörnigen, krystallinischen, fest an den Wandungen haftenden Niederschlags, die nach 12—16 Stunden nicht mehr zunimmt.

Bei Verwendung konzentrirter Chlorammonlösung (A) scheidet sich, selbst nach 8 Tage langem Stehen, kein Niederschlag aus, die Flüssigkeit bleibt völlig klar.

Es besteht somit kein Zweifel, dass die konzentrirte Chlorammonlösung Erdalkalikalcarbonate in Lösung hält. Daraus erklärt sich auch die Tatsache, dass man bei Verwendung der Lösung A ein Plus von Kohlensäure findet: die gelösten Monokarbonate von Kalk und Magnesia reagiren alkalisch gegen Phenolphthaleïn und Rosolsäure — der Farbenübergang tritt jedoch ein, wenn etwa die

Hälfte der Karbonate neutralisirt ist, also müssten 60 mg ganz gebundener Kohlensäure gefunden werden. Das Resultat ist 57—60 mg.

Bei Zusatz der konzentrirten Chlorammonlösung titirt man also nach dem Pettenkofer'schen Verfahren nicht die freie + halbgebundene Kohlensäure, sondern auf Umwegen die Monokarbonatkohlensäure.

Diese Tatsache legt die Vermutung nahe, dass auch die konzentrirte Mischung (C) nach Pettenkofer, welche 2 ccm der konz. Chlorammonlösung enthält, noch eine lösende Wirkung auf Erdalkalikarbonate ausübt. Dem entsprang auch die Wolffhügel'sche und die Tiemann'sche Abänderung der Konzentration.

Die lösende Wirkung des Chlorammons für Erdalkalikarbonate ist in der Literatur bekannt und teilweise sogar ziffernmässig belegt.¹⁾

Es fragt sich aber, ob nicht durch diese Verdünnung der eigentliche Zweck des Zusatzes zu nichte gemacht wird. Pettenkofer begründet die Notwendigkeit des Chlorammonzusatzes damit, dass die Magnesia des Magnesiumkarbonates in Lösung bleiben, während die äquivalente Menge Calcium- oder Baryumkarbonat ausfallen soll.

Nun reichen aber geringe Chlorammonmengen nicht aus, um die Fällung von Magnesiumchlorid durch überschüssiges Kalkwasser oder Barytwasser zu verhindern.

In der Tat gibt die Wolffhügel'sche Abänderung zu hohe Werte aus dem Grunde, dass die Ausfällung der gesammten Magnesia nicht verhindert wird.

1) Fresenius (qual. Analyse XIV. III. quant. Anal. VI. 1. Bd. 153.)

A. Vogel (Journal für praktische Chemie. 7. 453)

Brett, Phil. Mag. J. 10. 96.

Wittstein (Repert. 57, 18.)

Wackenroder (Annalen der Pharmazie. 41. 315.)

Mène (Comptes rendues. 51. 180.)

Warington (Chem. Soc Journ. 4. 296. 2. Reihe.)

Bertrand (Monit. scient. [3] 10. 477.)

Man erhält mit

Lösung O	171.5 mg	freie	+ halbgebundene	Kohlensäure	pro 1 l
„ V	171.5	„	„	„	„
„ C	117.0	„	„	„	„
„ B	171.5	„	„	„	„
berechnet	134.5	„	„	„	„

Versetzt man Münchener Wasser mit destillirtem Wasser oder Baryumchloridlösung und Barytwasser, so wird

1. an Stelle des Magnesiumkarbonats Baryumkarbonat ausfallen und dafür Magnesiumchlorid in Lösung gehen.

2. Das überschüssige Barytwasser das Magnesiumchlorid fällen als Magnesiahydrat. In diesen Fällen muss sich also die gesammte Magnesia des Wassers als Hydrat im Niederschlag befinden. Nun gibt aber die Titration bei Verwendung von verdünnter Mischung (V) das gleiche Resultat wie bei Gegenwart von Wasser (O) oder Baryumchlorid (B): folglich muss auch im Niederschlag der Lösung V alle Magnesia enthalten sein.

Um ganz sicher zu gehen, habe ich den Magnesiagehalt der Niederschläge aus 100 ccm Wasser bestimmt:

Lösung O	3.3 mg
„ V	3.3 „
„ C	0.0 „
„ B	3.3 „ ; d. h.

die verdünnte Mischung nach Wolffhügel verhindert also das Ausfallen der Magnesia nicht. Die Wirkung dieser Thatsache auf das Resultat ist klar:

Die an Magnesia gebundene Kohlensäure wird doppelt gerechnet, ferner wird die als Neutralsalz vorhandene Menge Magnesia einmal als Kohlensäure gerechnet.

Von den 33.1 mg des Münchener Wassers sind an Kohlensäure gebunden 29.6 mg
an Salzsäure und Schwefelsäure 3.5 mg,
man findet daher zu viel Kohlensäure um $32.6 + 3.8 = 36.4$ mg.

Das Resultat der nach der Wolffhügel'schen Vorschrift erhaltenen Kohlensäure muss daher

ein weiterer Beweis, dass die Konzentration der Chlorammonlösung die Schuld an dem verminderten Resultat trägt.

Unter diesen Umständen erscheint es am zweckmässigsten, die Ausfällung der Magnesia nicht zu verhindern, sondern zu begünstigen und dann den Fehler zu berechnen. Es setzt dies allerdings eine Magnesiabestimmung voraus, diese wird aber bei Wasseranalysen ohnehin nicht zu umgehen sein.

Durch den Wegfall der Chlorammonlösung ist der Bedingung der völligen Ausfällung der Magnesia genügt, dagegen ist ein Zusatz von Chlorbaryum nötig zur Umsetzung des Magnesiumkarbonates und eventuell vorhandener Alkalikarbonate. Man hat den Vorteil, als Indikator Phenolphthalein wählen zu können und so die Endreaktion schärfer festzustellen, als dies mit konzentrierter Chlorammonlösung der Fall ist.

Auch könnte man die Ausfällung des Calciumkarbonates beschleunigen durch Erhitzen, was ich aber nicht für zweckmässig halte, weil das nötige Abkühlen, Mischen, Auffüllen u. s. w. mehr direkten Zeitverlust verursacht, als ein einfaches 12stündiges Stehen.

Die Magnesia ist durch Multiplikation mit 1.1 auf die äquivalente Menge Kohlensäure umzurechnen, und dieses Resultat von der nach obiger Methode erhaltenen Zahl abzuziehen.

Sehr bequem lässt sich mit der Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure eine Bestimmung der Gesamtkohlensäure verbinden.¹⁾

Der bei der Fällung der freien und halbgebundenen Kohlensäure entstandene Niederschlag enthält die gesamte Kohlensäure in 100 ccm Wasser und ausserdem Magnesiahydrat (Kieselsäure, Schwefelsäure). Man könnte den Niederschlag abfiltriren und die Kohlensäure darin gewichts- oder massanalytisch bestimmen.

¹⁾ Auch Mohr (Lehrbuch 1886 Seite 647) machte einen solchen Vorschlag, indem er den Niederschlag abfiltrirt, mit Salzsäure zersetzt, das gebundene Chlor bestimmt und daraus die Kohlensäure berechnet. (Vgl. Seite 65.)

Einfacher ist jedoch folgendes Verfahren:

1. Man entnimmt aus der Flasche zweimal 50 ccm Flüssigkeit zur Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure.

2. Den Rest, also 50 ccm Flüssigkeit plus dem gesammten Niederschlag titirt man nun ebenfalls mit Salzsäure und bringt vom Gesamtsäureverbrauch den Verbrauch für die 50 ccm Flüssigkeit in Abzug, den man aus dem Versuch 1 kennt.

Der Rest ist der Säureverbrauch für den Niederschlag, der in Kohlensäure umgerechnet und um die der Magnesia äquivalente Menge Kohlensäure vermindert wird und die Gesamtkohlensäure in 100 ccm Wasser gibt.

Zum Titiren benütze ich Salzsäure, wovon 1 ccm = 1 mg Kohlensäure, und zur Einstellung der Endreaktion entweder Kochenille und Kongorotpapier oder die Restmethode; Uebersättigen mit Säure, Austreiben der Kohlensäure durch Kochen und Zurücktitiren des Säureüberschusses mit Natronlauge und Phenolphthaleïn.

Die folgenden Versuche mögen die Genauigkeit dieser einfachen Methode beweisen.

1. Münchener Leitungswasser:

50 ccm + Niederschlag erforderten 36.34 ccm Salzsäure
 50 ccm allein erforderten 7.10 ccm Salzsäure

Der Niederschlag erfordert 29.24 ccm Salzsäure
 ab für Magnesia 3.64 „ „

Der Niederschlag enthält 25,60 mg Kohlensäure
 durch Gewichtsanalyse 25.51 „ „

Weitere Versuche ergaben stets 255—256 mg, im Mittel 255.8 mg Kohlensäure pro 1 l Wasser.

2. Münchener Leitungswasser mit freier Kohlensäure:

In 1 lt	durch Gewichtsanalyse	durch Titiren
I	578.5	576.8
II	388.5	387.0

6*

3. Destillirtes Wasser mit Kohlensäure:

In 1 l	durch Gewichtsanalyse	durch Titiren
I	18.20	18.23
II	110.0	108.4
III	56.0	56.2

Die Resultate stimmen sonach sehr gut überein.

Ich habe bei Besprechung der Methode bisher keinen Unterschied gemacht, ob man mit Kalkwasser oder Barytwasser titirt und die obigen Versuche sind auch alle mit Barytwasser durchgeführt. Kontrolversuche mit Baryt- und Kalkwasser gaben keine ganz genaue Uebereinstimmung, indem mittelst Kalkwasser stets 3—8 mg freier und halbgebundener Kohlensäure mehr zu erhalten waren, als mittelst Barytwasser.

Bei Münchener Wasser ergaben sich (nach Abrechnung der Kohlensäure für Magnesia.)

Direkt nach Pettenkofer's Verfahren 126 mg freie und halbgebundene Kohlensäure

direkt nach Tiemanns Verfahren 132 mg freie und halbgebundene Kohlensäure

Erhält man somit nach den ursprünglichen Vorschriften auch Näherungswerte, die ziemlich vollständig mit den berechneten übereinstimmen, so ist doch anderseits die Titration unter Verwendung so konzentrirter Chlorammonlösungen keine genügend scharfe.

Weitere Methoden zur Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure sind folgende:

Austreiben der Kohlensäure durch Kochen
des Wassers:

Nach Rose¹⁾ gibt Natriumbikarbonat seine halbgebundene Kohlensäure nur schwer ab, anderseits zersetzt sich nach H. Fresenius²⁾ Magnesiummonokarbonat beim anhaltenden Kochen mit Wasser in basisches Salz und Kohlensäure.

1) Poggendorfs Annalen 34. 158.

2) Zeitschrift für analytische Chemie 19. 206.

Borchers¹⁾ vermeidet die erste Fehlerquelle, indem er Natriumkarbonat durch Baryumchlorid zersetzt.

Ich erhielt auf diese Weise: 1 1/2 stündiges Kochen des Wassers und Auffangen der ausgetriebenen Kohlensäure in titirtem Barytwasser:

Mit Baryumchloridzusatz	pro 1 l	133 mg	
Ohne Baryumchloridzusatz	„	132.4 „	133.0 mg.
berechnet		134.5 „	

Auch diese Methode bietet genaue Resultate und erfahren dieselben durch eine angebliche Zersetzung des Magnesiummonokarbonates keine Beeinflussung, sie ist aber umständlicher als die Pettenkofer'sche Methode.

König²⁾ bestimmt die freie und halbgebundene Kohlensäure „freilich nicht ganz quantitativ, aber mit hinreichender Genauigkeit,“ indem er die durch Kochen abgeschiedenen alkalischen Erden abfiltrirt und darin Kalk bestimmt und auf Kohlensäure berechnet: Monokarbonatkohlensäure. Diese von der Gesamtkohlensäure abgezogen gibt die freie und halbgebundene Kohlensäure.

1 l Münchener Leitungswasser gibt nach 1/2 stündigem Kochen, oder auf 1/4 des Volumens eingedampft, einen Ausfall von 200 mg Calciumkarbonat, entsprechend 112 mg Kalk oder 88 mg Kohlensäure. (Monokarbonatkohlensäure, unter Vernachlässigung des Magnesiumkarbonates). Die Gesamtkohlensäure nach Königs Verfahren ist im Mittel 288.8, somit die freie und halbgebundene 288.8—88 = 200.8 mg, somit ein viel zu hohes Resultat. Die Bestimmung der Gesamtkohlensäure gibt an und für sich zu hohe Werte, die sich durch die Ausserachtlassung der Magnesiummonokarbonatkohlensäure noch vermehren.

1) Zeitschrift für analytische Chemie. 1887. 720.

2) Chemie der menschl. Nahrungs- und Genussmittel. II. Bd. 674.

IV. Bestimmung der freien Kohlensäure.

Die wirklich freie Kohlensäure, d. h. jene Kohlensäure, welche mit den Basen weder ganz noch halb in Bindung steht, wurde bei den meisten Analysen bisher durch Rechnung bestimmt.

Der qualitative Nachweis erfolgt hiebei nach Pettenkofer¹⁾ indem ein Wasser, welches freie Kohlensäure enthält, gerötete Rosolsäurelösung entfärbt. Eine weitere Reaktion auf freie Kohlensäure, welche sich aber nicht allgemein Eingang verschaffte, hat Salzer²⁾ angegeben, wonach bei Gegenwart von freier Kohlensäure die Nessler'sche Ammoniakreaktion nicht eintritt.

Die Berechnung wird meist vorgenommen, indem man die Gesamtkohlensäure vermindert um die halb- und ganz gebundene Kohlensäure, also um die verdoppelte Monokarbonatkohlensäure.

Bei Münchener Wasser gibt dieses:

255.1 mg. Gesamtkohlensäure

241.2 „ (halb- und ganzgebundene Kohlensäure.) 2×120.6 .

13.9 mg freie Kohlensäure.

In Kubel-Tiemanns³⁾ Werk finden sich etwas andere Methoden:

1. Man subtrahirt von der Gesamtkohlensäure die freie und halbgebundene Kohlensäure nach Pettenkofer und erhält dadurch Monokarbonatkohlensäure. Diese abgezogen von der Menge der freien und halbgebundenen Kohlensäure gibt die freie Kohlensäure.

1) Sitzungsberichte der math. phys. Klasse d. k. b. Akad. d. Wiss. 1875. Heft 1.

2) Zeitschrift für analytische Chemie. 20. 228.

3) III. Auflage. 223.

Zur Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure (Seite 73 und 84) dient ein etwas abgeändertes Verfahren.

Gesamtkohlensäure	255.1 mg	
freie und halbgebundene Kohlensäure	132.0 „	}
Monokarbonatkohlensäure	123.1 mg	
freie Kohlensäure		8.9 mg

Das Verfahren, von der freien und halbgebundenen Kohlensäure auszugehen, ist abhängig von der Richtigkeit des ersteren Verfahrens. Die vorhandenen Vorschriften geben jedoch teilweise bedeutende Fehler, die sich dann auf die freie Kohlensäure übertragen.

So erhalte man nach Wolffhügel

171.5 mg freie und halbgebundene Kohlensäure.
ab 120.6 „ Monokarbonatkohlensäure.

50.9 mg freie Kohlensäure.

also bedeutend mehr; eben um so viel als der ausgeschiedenen Magnesia entspricht. (36.4 mg).

2. Man vermehrt die deutschen Grade der vorübergehenden Härte um 2 und multipliziert mit 0.786: man erhält halbgebundene Kohlensäure.

Dieses Verfahren gründet sich darauf, dass beim Kochen alles Calcium- und Magnesiummonokarbonat ausfällt bis auf eine 2 Härtegraden entsprechende Kalkmenge.

Die freie + halbgebundene Kohlensäure um obige halbgebundene Kohlensäure vermindert gibt die freie Kohlensäure.

Das Münchener Wasser besitzt 11.22 Grade vorübergehende Härte, also

$13.22 \times 0.786 = 104$ mg halbgebundene Kohlensäure.
Folglich $132.0 - 104 = 28.4$ mg freie Kohlensäure.

Dieses falsche Resultat ist leicht erklärlich. Das Münchener Wasser gibt beim Kochen allen Kalk ab, dagegen bleibt alles Magnesiumkarbonat in Lösung.

Es bleiben demnach nicht 2, sondern 4.11 bleibende Härte von gelöstem Magnesiumkarbonat. Das Resultat ist dann $(11.23 + 4.11) \times 0.786 = 120.6$ mg halbgebundene Kohlensäure. Die freie Kohlensäure ist dann $132.0 - 120.6 = 11.4$ mg.

Auch diese Methode ist abhängig von der Richtigkeit der Bestimmung der freien + halbgebundenen Kohlensäure. Dabei habe ich Kalk und Magnesia gewichtsanalytisch bestimmt, während Tiemann-Kubel aus der Härtebestimmung mit Seifenlösung rechnen, was die Resultate noch unsicherer macht.

Die angegebenen Berechnungsmethoden entsprechen somit nicht durchgehends den Anforderungen, die an genaue Methoden zu stellen sind.

Es ist jedoch auch wiederholt versucht worden, die freie Kohlensäure direkt zu bestimmen und zwar auf verschiedenen Wegen.

A. Titrimethoden.

Kersting¹⁾ titriert freie Kohlensäure mit Natronlauge unter Benützung von Lakmus oder Malvenfarbstoff als Indikator. 1 äqu. Natriumhydrat entspricht hiebei 2 äqu. Kohlensäure.

Pettenkofer²⁾ titriert mit Kalkwasser und Kurkumapapier als Indikator, es entspricht hiebei 1 äqu. Calciumhydrat 2 äqu. Kohlensäure und deutete ferner den Weg an³⁾, unter Benützung von Rosolsäure mit kohlenausem Alkali oder Aetzkalk zu titriren.

Reichardt⁴⁾ titriert in Ausführung dieser Vorschrift mit Natronlauge oder Kalkwasser unter Benützung von Rosolsäure als Indikator, nimmt aber 1 äqu. Natronhydrat als gleich 1 äqu. Kohlensäure an.

1) Annalen der Chemie und Pharmazie. 44. 112.

2) Journal für praktische Chemie 1861. 32.

3) Sitzungsberichte der math. phys. Klasse der k. bayr. Akad. d. Wissenschaften. Heft 1. 1875.

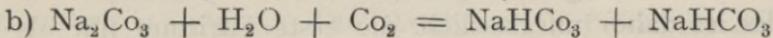
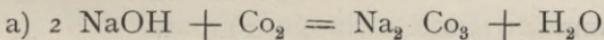
4) Archiv der Pharmazie. 23. Lösung des Bleis in den Röhren der Wasserleitungen.

Heyer¹⁾ titrirte mit Barytwasser und kam jedoch zu höchst ungünstigen Resultaten.

Als empfindlichster Indikator für freie Kohlensäure dürfte Phenolphthalein aufzustellen sein. Ich habe daher auch Kontrollversuche angestellt, indem ich das Wasser mit Natriumkarbonatlösung (2.41 g wasserfreies Salz in 1 l, 1 ccm = 1 mg Kohlensäure) und Phenolphthaleinlösung titrirte.²⁾

I. Versuche mit destillirtem kohlensäurehaltigem Wasser.

Vor allem möchte ich auf einen Fehler der Reichardt'schen Berechnung hinweisen, indem Reichardt annimmt, dass 1 ccm $\frac{1}{10}$ Normalnatronlauge = 2.2 mg Kohlensäure ist, also 1 äqu. Natriumhydrat gleich 1 äqu. Kohlensäure. Nun fordert aber 1 Molekül Natriumhydrat zur Neutralisation gegen Rosolsäure 2 Moleküle Kohlensäure: Denn



Die gegen Rosolsäure neutrale Flüssigkeit enthält nur Bikarbonat; es ist also 1 ccm $\frac{1}{10}$ Normalnatronlauge = 4.4 mg Kohlensäure.

Derselbe Fehler besteht beim Titriren mit Kalkwasser, indem nicht 1.27 Teile Kalk, wie Reichardt angibt, sondern 0.636 Teile Kalk 1 Teil Kohlensäure entsprechen.

Die Kontrollversuche haben auch bestätigt, dass die nach Reichardt gefundenen Werte verdoppelt werden müssen.

Zur Ausführung der Bestimmungen wurden 100 ccm Wasser mit 8 Tropfen des Indikators versetzt und in einem Erlenmeyer Kolben auf weißem Papier stehend titrirte.

Das Umschütteln des Wassers bewirkt einen Kohlensäureverlust, der um so bedeutender ist, je mehr Kohlensäure vorhanden ist.

1) Ursache und Beseitigung des Bleiangriffs durch Leitungswasser Dessau 1888.

2) Vignon (Comptes rendues 105 S. 1822) benützt ebenfalls Phenolphthalein und titrirte mit Kalkwasser, der für die Endreaktion benötigte Ueberschuss des letztern wird vom Gesamtverbrauch abgezogen.

1. Versuch: Mit Rosolsäure und $\frac{1}{10}$ Natronlauge:
 bei tropfenweisem Zusatz und starkem Schütteln Verbrauch 3,9 ccm = 17.16 mg Kohlensäure
 bei Zusatz von 3.7 auf einmal, dann tropfenweis Verbrauch 4.2 „ = 18.48 „ „
 mit Resttitrirung Verbrauch 4.2 „ = 18.48 „ „

2. Versuch: Mit Phenolphthaleïn und Natriumkarbonatlösung:
 bei tropfenweisem Zusatz und stetem Schütteln 19.2 mg Kohlensäure
 bei Zusatz von 15 ccm auf einmal, dann tropfenweis 21.4 „ „
 bei Zusatz von 20.4 ccm auf einmal, dann tropfenweis 21.8 „ „
 durch Resttitrirung 21.9 „ „

Es ist daher unerlässlich, die erste Titrirung nur als Vorversuch zu betrachten und weitere Bestimmungen unter Benützung der Resttitrirung oder Zulauf der erst ermittelten Menge auf einmal und tropfenweise Beendigung auszuführen.

Bei Anwendung von Kalkwasser sind die Resultate in dieser Richtung nicht von denen mit Alkali verschieden, bei Barytwasser erhält man jedoch wechselnde Werte, da ein rasches Zufließenlassen nicht möglich ist, weil sich sofort Baryummonokarbonat ausscheidet, das sehr schwer in dem Rest der freien Kohlensäure löslich ist. Wenn die Methode auch nicht ganz unbrauchbar ist, wie Heyer sie beurteilt, steht sie doch an Genauigkeit der Titrirung mit Alkali weit nach.

Die Gegenwart von Neutralsalzen hat keinen Einfluss auf das Resultat der Titration.

Die Kontrollversuche ergaben folgende Resultate:
 mg pro 100 ccm:

1. nach Pettenkofer (freie und halbgeb. Kohlensäure)	5.70	5.55	14.7	22.25
2. „ Pettenkofer mit Kalkwasser u. Kurkuma	5.60	6.00	15.2	—

mg pro 100 ccm:

3. nach Pettenkofer mit Baryt- wasser und Phenolphth.	—	5.28	13.5	—
4. nach Reichardt korrig. Rosol- säure	5.06	4.84	11.4	18.48
5. nach Trillich Phenolphthalein	5.60	5.20	14.4	21.70

Im Allgemeinen liefert die Titrirung mit Rosolsäure somit etwas geringere Werte.

II. Versuche mit Münchener Wasser.

Das Münchener Wasser enthält nach der auf Seite 86 aufgeführten Berechnung in 1 Lt. 13.9 mg freie Kohlensäure es reagirt aber gegen Rosolosäure alkalisch.

Diese beiden Tatsachen stehen mit dem Ausspruche Pettenkofer's in Widerspruch, dass nämlich Wasser, welches neutrale Rosolsäurelösung nicht entfärbe, keine freie Kohlensäure enthalten könne. Die Analysen, auf welche Pettenkofer diese Ansicht stützt, gründen sich auf die Bestimmung der freien und halbgebundenen und der Monokarbonatkohlensäure und lieferten die Menge der freien und halbgebundenen etwas zu nieder, so dass geringe Mengen freier Kohlensäure übersehen werden konnten.

Aus den Veröffentlichungen Reichardts über das Jenaer Leitungswasser, welches ähnlich wie das Münchener zusammengesetzt ist, geht hervor, dass dasselbe nach seinen Analysen 33 mg freie Kohlensäure im Liter enthält und trotzdem Rosolsäure rötet. Reichardt erklärt dies damit, dass die Erdalkalimonokarbonate ein gewisses Mehr oder Weniger, als der Bikarbonatformel entspricht, an Kohlensäure zur Lösung bedürfen.

Ist auch die Methode Reichardts zur Bestimmung der Gesamtkohlensäure nicht ganz einwurfsfrei (S. 65), so würden sich trotzdem im ungünstigen Falle noch 11.5 mg freier Kohlensäure berechnen, also ein ähnliches Verhältniß wie bei Münchener Wasser.

Dasselbe beobachtete ich bei vielen Wässern der Kalk-

und Dolomitgesteine, so dass es zweifellos ist, dass unter Umständen die Nichtentfärbung der Rosolsäure kein Beweis für die Abwesenheit von Spuren von sog. freier Kohlensäure ist.

Die alkalische Reaktion des Wassers gegen Rosolsäure ist hervorgerufen durch gelöstes Magnesiummonokarbonat. Petrowsky¹⁾ führt diese Reaktion auf die Gegenwart von kohlenausem Natron zurück, dem entgegen fand jedoch Muck²⁾, dass auch Lösungen von Calciummonokarbonat und besonders Magnesiummonokarbonat alkalisch gegen Rosolsäure reagiren.

Reines kohlenäurefreies Wasser löst nach meinen Versuchen 34 mg Calciumkarbonat pro Liter, diese Lösung reagiert deutlich alkalisch gegen Rosolsäure.

Von Magnesiumkarbonat werden pro liter 129 mg gelöst, die Reaktion dieser Lösung ist stark alkalisch und zwar nicht nur gegen Rosolsäure, sondern auch gegen Phenolphthalein.

In der Tat rötet die Lösung des Abdampfrückstandes oder das gekochte Wasser beim Münchener Wasser auch Phenolphthalein sehr stark -- diese alkalische Reaktion rührt jedoch lediglich von gelöstem Magnesiummonokarbonat, keinesfalls von Alkalikarbonaten, her.

Im Wasser hat man es mit gelösten Bikarbonaten der Erdalkalien oder mit durch Kohlensäure gelösten Monokarbonaten zu thun, welche gegen Kurkuma oder Phenolphthalein neutral reagiren. Setzt man zu einem Wasser, das nur Bikarbonate enthält, Phenolphthalein und Natriumkarbonat, oder Natriumhydratlösung oder Kalkwasser, so muss sofort alkalische Reaktion (Rötung) eintreten.

Münchener Wasser verhält sich hiebei folgendermassen:

Die Rötung des Phenolphthaleins tritt erst bleibend ein nach einem Zusatz von 1.2—1.5 ccm Natriumkarbonatlösung (à 1 mg Kohlensäure) zu 100 ccm Wasser: Das Wasser ist

1) Zeitschrift für analytische Chemie 25. 200.

2) Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 1887. 159.

also keine genaue Bikarbonatlösung, sondern es enthält Spuren freier Kohlensäure, nämlich 12—15 mg im Liter.

Dasselbe Resultat ergibt sich mit Kalkwasser, während Barytwasser geringere Werte liefert. Zusatz von Neutralsalzen änderte die Ergebnisse nicht.

Die freie Kohlensäure des Münchener Wassers lässt sich also mit Benützung von Phenolphthalein ziemlich genau titrieren, während Rosolsäure versagt.

Es interessirte mich nun, zu erfahren, wieviele freie Kohlensäure dem Münchener Wasser noch zugeführt werden konnte, bis Entfärbung der Rosolsäure eintrat.

Es ergab sich

- a) 150.7 mg freie und halbgebundene Kohlensäure = 30,1 mg freie Kohlensäure
 b) 156.9 mg freie und halbgebundene Kohlensäure = 36.3 mg freie Kohlensäure.

Es konnten somit dem Wasser im Mittel noch 19.3 mg freier Kohlensäure zugeführt werden, bis sich die Rosolsäure entfärbte.

Die Titrirung der freien Kohlensäure in kalk- und Magnesiahaltigen Wässern nach Reichardt muss daher geringere Zahlen geben, als wenn man gegen Phenolphthalein titriert:

Ich erhielt:

	mg Kohlensäure in 100 ccm Wasser	
Nach Pettenkofer (frei und halbgebundenen)	9.07	18.7
„ Trillich	9.30	18.2
„ Reichardt	6.60	14.0

Es war nun festzustellen, ob die im Münchener Wasser nachgewiesene freie Kohlensäure sich tatsächlich als solche verhält, ob sie aktiv ist — oder ob sie sich in einem Bindungsverhältnis mit den Monokarbonaten befindet.

B. Sonstige Methoden.

Nach den Arbeiten von Buignet¹⁾, Gaultier de Claubry²⁾, L. Meyer³⁾, Borchers⁴⁾, ist es möglich, durch Einleiten von Luft in das Wasser oder durch Verbringung desselben in die Barometerleere die freie Kohlensäure von den Bikarbonaten abzutrennen, da letztere keine Kohlensäure unter solchen Umständen abgeben.

Schon Pettenkofer⁵⁾ hat gelegentlich der Untersuchungen von Quellwassern aus dem Mangfallthal darauf aufmerksam gemacht, dass diese Wasser beim fortgesetzten Durchleiten von Luft Calciummonokarbonat ausschieden, dass also eine Zersetzung des Bikarbonates stattgefunden habe.

Dasselbe fand Prof. A. Wagner.⁶⁾

Ich fand für das Münchener Leitungswasser: 1 l Wasser verlor nach

1stündigem Durchleiten von Luft	16.4	mg Kohlensäure
2 „ „ „ „	15.0	„ „
4 „ „ „ „	15.62	„ „
18 „ „ „ „	35.20	„ „

Nach 4stündigem Durchleiten von Luft war das Wasser noch völlig klar, besass eine gegen Phenolphthaleïn eben neutrale Reaktion und hatte somit eben alle freie Kohlensäure verloren. Die erhaltenen Resultate sind auch nur unwesentlich höher als die berechneten.

Der Kohlensäureverlust wurde direkt bestimmt durch Auffangen der entweichenden Kohlensäure in titrirtem Barytwasser und ebenso durch Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure im rückständigen Wasser, die Resultate stimmten gut überein.

1) Journ. pharm. [3] 30. 321.

2) Compt. rend. 48. 1049.

3) Zeitschrift für analytische Chemie 2. 237.

4) Journal für praktische Chemie NF. 17. 353.

5) Vergl. Seite 37.

6) Bayr. Industrie- u. Gewerbeblatt. 1877. 190. 323.

Nach 18stündigem Stehen hatte sich jedoch kohlen-saurer Kalk abgeschieden, das Wasser reagierte gegen Phenol-phtalein schwach alkalisch.

Es war somit möglich, dem Wasser mehr Kohlensäure zu entziehen, als frei vorhanden war, d. h. die Bikarbonate zu zersetzen. Dieser Vorgang kann nicht überraschen, da sich ja derselbe Prozess bei längerem offenen Stehen des Wassers oder beim Fliessen an der Luft bemerklich macht.

Wasser mit freier aktiver Kohlensäure muss ferner beim Behandeln mit (gestossenem Marmor) Calciumkarbonat oder Magnesium-Karbonat solches aufnehmen. Die Zunahme der Härte lässt dann die freie Kohlensäure berechnen. (Nicholson¹, Heyer²). Heyer sagt: „Wenn auch nicht behauptet werden soll, dass für jedes Äquivalent gelöstes Calciumkarbonat nur genau ein Äquivalent freie Kohlensäure vorhanden gewesen wäre“ etc., woraus sich der Schluss ergibt, dass auch bei Heyers Versuchen die Lösung des Marmors nicht genau im Sinne der Bikarbonatbildung erfolgte.

Dasselbe kann ich ebenfalls bestätigen:

So löste: Destillirtes Wasser mit 135.2 mg freier Kohlen-säure in 1 lt nach 24stündigem Digeriren mit feingestossenem Marmor 141.0 mg Calciumoxyd, entsprechend 110.8 mg Kohlen-säure. Das Wasser rötete Rosolsäure, trotzdem es noch 24.8 mg freie Kohlensäure enthielt.

Destillirtes Wasser mit 35 mg freier Kohlensäure löste 36 mg Calciumoxyd entsprechend 30.1 mg Kohlensäure. Trotz des Kohlensäureüberschusses von 4.9 mg rötete das Wasser Rosolsäure.

Münchener Leitungswasser mit Marmor geschüttelt löste keine Spur Calciumkarbonat.

Münchener Wasser, das bis zur Entfärbung der Rosol-

1) Chem. Soc. Journal. 15. 468.

2) a. a. C

säure mit Kohlensäure behandelt war und im Liter 36.3 mg freie Kohlensäure enthielt, gab:

vor dem Schütteln mit Marmor 114 mg Calciumoxyd und 34.6 mg Magnesiumoxyd

nach dem Schütteln mit Marmor 118 mg Calciumoxyd und 34.6 mg Magnesiumoxyd.

Das mit Marmor behandelte Wasser, das noch 18.5 mg freie Kohlensäure enthalten musste, rötete Rosolsäure. Mit Phenolphthaleïn liessen sich durch Titiren mit Natriumkarbonatlösung 18.6 mg freie Kohlensäure finden.

Münchener Wasser mit überschüssiger freier Kohlensäure: 64.8 mg im Liter, gab

vor dem Schütteln mit Marmor 114 mg Kalk und 34.6 mg Magnesia

nach dem Schütteln mit Marmor 144 mg Kalk und 34.6 mg Magnesia.

Das mit Marmor behandelte Wasser reagierte gegen Rosolsäure alkalisch — der berechnete Kohlensäureüberschuss betrug 26.5 mg — durch Titiren gegen Phenolphthaleïn wurden 27.3 mg gefunden.

Es wird somit nicht soviel Calciumkarbonat gelöst, als zur genauen Bikarbonatbildung nötig wäre — ein Rest an Kohlensäure verhält sich Marmor gegenüber als nicht aktiv oder Calciumkarbonat bedarf etwas mehr als der aus der Formel berechneten Kohlensäure, um in Lösung zu bleiben.

Sowohl aus diesem Verhalten, als auch aus dem beim Durchleiten von Luft geht hervor, dass dass Calciumbikarbonat nicht als feste chemische Verbindung betrachtet werden kann, wie dies schon Reynolds¹⁾ aussprach.

Prof. A. Wagner erklärt nach seinen Versuchen²⁾ den Kalk als anderthalbkohlensaures Salz gelöst und den Ueberschuss an Kohlensäure als frei.

1) Chem. News 3. 141.

2) Bayr. Industrie u. Gewerbeblatt. 1877. 190.

So fand Wagner in einer Lösung von Calciumkarbonat in kohlenensäurehaltigem Wasser nach dem Austreiben der nicht gebundenen Kohlensäure durch mehrstündiges Erwärmen auf 50° C in dem klaren Wasser 0,448 g Calciumoxyd und 0.72 g Kohlensäure (durch Zersetzen mit Schwefelsäure und Auffangen in titrirtem Barytwasser bestimmt).

Die Formel für

anderthalb kohlen-sauren Kalk fordert 0.739 Kohlensäure
 die für doppelt „ „ „ 0.983 „
 so dass zweifelsohne die erstere Verbindung anzunehmen war.

Zu einem überraschenden Ergebnis kam ich, als ich versuchte, den Marmor durch Magnesium-Karbonat zu ersetzen.

In kohlen-säurehaltigem destillirtem Wasser löst sich, wie auch Reichardt fand, etwas mehr Magnesiumkarbonat, als der vorhandenen Kohlensäure entspricht — also entgegengesetzt dem Verhalten des Marmors — so löste 1 l dest. Wasser mit 35 mg freier Kohlensäure 137.8 mg Magnesiumkarbonat, während zur Bikarbonatbildung nur 73.6 mg hätten in Lösung gehen können.

Münchener Wasser gab mit Magnesiumkarbonat geschüttelt

In 1 Liter	vor dem Schütteln	nach dem Schütteln
Rückstand	282 mg	320 mg
Kalk	112 „	28 „
Magnesia	33.1 „	116.7 „
Monokarbonatkohlensäure	120.6 „	153.0 „
freie u. halbgebundene Kohlensäure	133.0 „	102.6 „

Es war somit der grösste Teil des Calciums durch Magnesium ersetzt, was nicht verwundern kann, da ja sowohl das Mono- als das Bikarbonat des Magnesiums leichter in Wasser löslich sind, als die entsprechenden Calciumsalze. Ausserdem ging Magnesiummonokarbonat für sich in Lösung. Das Wasser reagirte daher stark alkalisch gegen Rosolsäure und Phenolphthalein.

Das Schütteln des Wassers mit Magnesiumkarbonat wäre sonach zur Bestimmung der freien Kohlensäure ganz unbrauchbar.

Diese Versuche ergeben aber auch, dass die Rosolsäure-reaktion nach Pettenkofer nicht an Brauchbarkeit verliert — denn die geringen Mengen freier Kohlensäure, welche die Rosolsäure in Magnesiumkarbonathaltigen Wässern nicht mehr anzeigt, sind als unwesentlich und als nicht aktiv zu erachten.

In jenen Fällen, in denen aktive Kohlensäure auftritt, wird diese durch das Pettenkofersche Reagens mit Sicherheit angezeigt und nur von Wässern, welche diese Entfärbung bewirken, werden lösende Einflüsse auf Blei- oder Eisenröhren zu erwarten sein.

Zur Bestimmung der gesammten freien Kohlensäure empfiehlt sich am meisten die Titrirung des Wassers mit Natriumkarbonatlösung unter Benützung von Phenolphthaleïn als Indikator.

Für die Bestimmung der Kohlensäure im Trinkwasser empfehlen sich sonach folgende Methoden:

a. freie + halbgebundene und Gesamtkohlensäure.

Man bestimmt den Magnesiagehalt des Wassers gewichtsanalytisch.

100 ccm Wasser werden mit 5 ccm einer Baryumchloridlösung 1 : 10 und 45 ccm Barytwasser versetzt und wohlverschlossen 12 Stunden stehen gelassen. Von der klaren Flüssigkeit werden 100 ccm entnommen und in 50 ccm das noch enthaltene Barythydrat durch Titriren mit Salzsäure, wovon 1 ccm = 1 mg Kohlensäure, bestimmt. Der Säureverbrauch wird mit 3 multiplicirt und von dem Säureverbrauch für 45 ccm ursprüngliches Barytwasser abgezogen. Von der erhaltenen Zahl ist in Abzug zu bringen der Säureverbrauch für das gefällte Magnesiumhydrat, den man erhält durch Multiplikation des Magnesiumoxyds in 100 ccm mit 1.1.

Die Differenz gibt die freie + halbgebundene Kohlensäure.
Ist $m = \text{mg Magnesia in 100 ccm Wasser}$.

Sind ferner 45 ccm Barytwasser = a ccm Salzsäure, wovon 1 ccm = 1 mg Kohlensäure und brauchten 50 ccm der geklärten Flüssigkeit b ccm dieser Salzsäure zur Neutralisation, so enthält 1 l Wasser

$(a - 3 \times b - 1.1 \times m) \times 10$ mg freie + halbgebundene Kohlensäure.

Man titriert dann den Niederschlag mit den 50 ccm Flüssigkeit mit derselben Salzsäure unter Benützung von Kochenille als Indikator, zieht von dem Gesamtverbrauch an Säure den für 50 ccm Flüssigkeit ab und vermindert die erhaltene Zahl um die mit 1.1 multiplicirte Menge Magnesiumoxyd in 100 ccm Wasser. Die Differenz gibt die Gesamtkohlensäure.

Ist der Verbrauch der 50 ccm mit Niederschlag = d ccm obiger Salzsäure, so enthält 1 liter Wasser

$(d - b - 1.1 \times m) 10$ mg Gesamtkohlensäure.

b. freie Kohlensäure.

Man versetzt 100 ccm Wasser in einem Erlenmeyerkölbchen mit einigen Tropfen Phenolphthaleinlösung und titriert mit Natriumkarbonatlösung, wovon 1 ccm = 1 mg Kohlensäure, bis zur bleibenden Rötung. Der Versuch ist zu wiederholen, wobei die erst ermittelte Menge Natriumkarbonatlösung auf einmal zuzusetzen ist, worauf man den Versuch tropfenweise zu ende führt.

c. Monokarbonatkohlensäure.

100 ccm Wasser werden in einem Erlenmeyerschen Kölbchen unter Benützung von Kochenille als Indikator mit Salzsäure, wovon 1 ccm = 1 mg Kohlensäure in der Kälte auf sauer titriert.

Herstellung der Reagentien:

- 1) Barytwasser: 3,5 grm reines alkalifreies Baryumhydrat und 0.2 grm Baryumchlorid werden zu 1 liter aufgelöst und unter Abschluss von Kohlensäure aufbewahrt.

- 2) Salzsäure: 1 ccm = 1 mg Kohlensäure.
6.64 ccm Salzsäure von spez. Gew. 1.124
werden mit destillirtem Wasser zu 1 liter
aufgefüllt.
22 ccm dieser Salzsäure müssen 10 ccm
 $\frac{1}{10}$ Normalnatronlauge entsprechen.
- 3) Baryumchlorid: Lösung 1 : 10.

Nachtrag zu Seite 18.

Am 10. u. 11. Mai 1889 strömte am tiefsten Punkte des Siphons im Teufelsgraben in Folge Undichtwerdens eine Muffe Wasser aus. Da somit die Gefahr nahe lag, dass bei einem grösseren Bruche die Leitung mehrere Tage lang unterbrochen werde, so wurde am 22. Mai beschlossen, im Teufelsgraben eine II. Ableitung und zwar mittelst Aquadukt herzustellen.

Diese II. Ableitung soll etwa 1000 m lang werden, zweigt als Gusseisenrohr von 700 mm l. W. vom jetzigen Ableitungsstollen ab, führt am Bergesabhang 15 m senkrecht herab und überschreitet den Teufelsgraben in einer 20 m hohen Betonbrücke mit 4 Oeffnungen von je 14 m Spannweite, überführt die Holzkirchen-Rosenheimerbahnlinie in einem Kanal und endigt in einem unter der Gruber Hochebene 16—8 m tief liegenden Stollen, der sich an der Kreuzung der Holzkirchen-Aiblinger Distriktsstrasse mit dem Gruber Hohlweg mit der alten Leitung wieder vereinigt. Der höchste Druck in dieser Leitung wird 1.8 Atmosphären sein, die Ableitung vermag circa 780 sek. liter Wasser zuzuführen.

Die Baukosten sind auf 315 000 M. veranschlagt.

Die Ausführung dieser II. Ableitung wurde am 12. Nov. 1889 vom Magistrat genehmigt.

Ausserdem wurde beschlossen, der grösseren Betriebssicherheit wegen der ganzen Leitung entlang eine eigene Telephonleitung anzulegen und mittelst transportabler Telephone Meldungen zu betätigen. Die Kosten sind auf 7000 M. angesetzt.

Anhang.

Der Stadtmagistrat der k. Haupt- und Residenzstadt München

erlässt auf Grund der Art. 40 und 41 der Gemeindeordnung und Art. 95 des Polizeistrafbuchgesetzes für die Benützung der städtischen Wasserleitung folgende von der k. Regierung von Oberbayern, Kammer des Innern, mit Entschliessung vom 15. Januar 1888 für vollziehbar erklärte

Ortspolizeiliche Vorschriften:

§ 1.

Allgemeine Bestimmungen.

Jede Beschädigung oder Verletzung der städtischen Wasserleitung und der Einrichtungen derselben, insbesondere der Rohrleitungen, Messvorrichtungen, Schieber und Hydranten, dann der Bezeichnungstafeln, sowie der zur Sicherung der Wassermess- und Abstellvorrichtungen angebrachten Plomben, sowie jeder Wasserbezug mit Umgehung der Messvorrichtung ist verboten.

Das Aufgraben des Grundes in der Nähe der städtischen Wasserleitung ist nur mit besonderer Genehmigung des Stadtmagistrates und unter Beobachtung der vom Stadtbauamte im Interesse der Sicherung der Wasserleitung getroffenen speziellen Anordnungen zulässig.

Ergeben sich hiebei Beschädigungen oder Verletzungen der im Absatz 1 bezeichneten Objekte, so werden dieselben durch den Stadtmagistrat auf Kosten desjenigen reparirt, in dessen Interesse oder Auftrag die betreffende Arbeit ausgeführt wurde.

§ 2.

Wasserabgabe an einzelne Anwesen.

Nach § 2 der Wasserleitungsordnung wird aus der städtischen Wasserleitung das Wasser nur an die einzelnen Anwesen abgegeben.

Die Ueberleitung des Wassers in ein einem andern Besitzer gehörendes Anwesen ist verboten, die Ueberleitung in ein anderes, dem gleichen Besitzer gehörendes Anwesen nur mit besonderer Genehmigung des Stadtmagistrates zulässig.

§ 3.

Anschlussleitungen.

Nach § 15 der Wasserleitungsordnung werden die neuen Anschlussleitungen, die etwa nötige Tieferlegung bestehender Anschlussleitungen, die Verbindung derselben sowohl mit dem Strassenrohre als mit der Hausleitung, sowie alle Reparaturen der Anschlussleitungen auf Kosten der Anwesensbesitzer durch Beauftragte des Stadtmagistrates ausgeführt.

Die Vornahme dieser Arbeiten durch andere als die vom Stadtmagistrate hierzu beauftragten Personen ist verboten und ebenso die Vornahme irgend welcher Veränderungen an den Anschlussleitungen oder an den daran befindlichen Abstell- und Messvorrichtungen,

§ 4.

Anbringung der Messvorrichtungen.

Die Anwesensbesitzer sind verpflichtet, den städtischen Organen die zur Anbringung der Messvorrichtungen nötigen geeigneten Räumlichkeiten zur Verfügung zu stellen, und jederzeit zugänglich zu erhalten.

§ 5.

Besondere Bestimmungen für Ausführung von Hausleitungen.

Hausleitungen haben, soweit sie im Boden liegen, eine Deckung von 1,5 - 1,2 Meter zu erhalten, im Uebrigen sind sie möglichst durch frostfreie Räume an Zwischenmauern zu führen und gegen Beschädigungen und Witterungseinflüsse durch Holzkästen mit vorgeschraubten Deckeln oder durch Umhüllungen mit schlechten Wärmeleitern zu schützen. Sie sind zur Ermöglichung der vollständigen Entleerung mit Gefälle gegen die Messvorrichtung anzulegen, und sind an Stellen, wo dieses Gefälle unterbrochen werden muss, besondere Entleerungsvorrichtungen anzubringen.

Vorstehende Bestimmungen gelten auch für alle Wasserleitungen für vorübergehende Zwecke, wenn dieselben in den Boden gelegt und unsichtbar gemacht werden.

Alle Absperrvorrichtungen an Hausleitungen müssen Niederschraubventile sein.

Leitungen für Feuerlöschzwecke müssen Einrichtungen erhalten, welche die Benützung auch für die städtische Feuerwehr ermöglichen, und unterliegen solche daher, wie auch die Konstruktion der Hydranten besonderer Genehmigung. Solche Einrichtungen ohne Wassermesser werden durch amtliche Plomben ver-

geschlossen. Die Wegnahme der Plombierung in Brandfällen ist innerhalb 24 Stunden behufs Wiederanlage der Plomben zur Anzeige zu bringen.

Klossets und Dampfkessel direkt mit Hausleitungen zu verbinden, ist unzulässig.

Mit Hausleitungen zu verbindende Heizungsanlagen bedürfen besonderer Genehmigung des Magistrates.

§ 6.

Materialien für Hausleitungen.

Für neue Hausleitungen und Erweiterung alter dürfen nur Bleiröhren mit innerem Ueberzug von Schwefelblei mit nachstehenden Dimensionen und Gewichten, nämlich:

$\frac{1}{2}$ "	engl. = 13 mm.	Bleiröhren pro 1 l. Meter =	3	Kilo schwer
$\frac{3}{4}$ "	" = 19 "	" " " " " "	= 4.5	" "
1"	" = 25 "	" " " " " "	= 6.5	" "
$1\frac{1}{4}$ "	" = 32 "	" " " " " "	= 9.0	" "
$1\frac{1}{2}$ "	" = 38 "	" " " " " "	= 12.00	" "

oder galvanisirte Schmiedeisenröhren oder innen und aussen asphaltirte oder ge-teerte Gusseisenröhren mit Dimensionen von 50 Millimeter aufwärts, in Verwendung kommen.

Zur Verbindung und Dichtung der Flanschenrohre sind Gummiringe mit Hanfeinlage, bei Bleiröhren Zinnloth, bei gusseisernen Muffenröhren Hanfdämmstricke und Blei zu verwenden.

Die Verwendung anderer Rohre und Dichtungsmaterialien ist von besonderer Genehmigung abhängig.

§ 7

Alte Hausleitungen.

Die Bestimmungen des § 5 und 6 haben für Hausleitungen aus der Zeit vor dem Jahre 1883 nur Giltigkeit bei Bezug des Wassers nach Wassermessern, oder im Falle Beibehaltung des Aichsystems bei grösseren Erweiterungen oder beim Vorhandensein einer Einrichtung zum vollständigen Abschluss des Wassers.

§ 8.

Kontrolle der Hausleitungen.

Die Beamten des Stadtmagistrates sind berechtigt, die Anlagen der Hausleitungen jederzeit zu kontrollieren, auf besonderes Verlangen hat der Hausbesitzer oder dessen Stellvertreter hiebei zugegen zu sein.

§ 9.

Wasserableitung.

Für die Ableitung des Wassers gelten die ortspolizeilichen Vorschriften über Einleitung in die Strassenkanäle, die Stadtbäche und die Isar vom 10. Januar 1880.

Strafbestimmungen.

Die Anwesensbesitzer sind für Einhaltung vorstehender Vorschriften haftbar.

Zuwiderhandlungen, insbesondere Verletzungen der amtlichen Plomben etc. werden, insofern sie nicht durch Art. 95 des Polizeistrafgesetzbuches oder nach den Bestimmungen des Reichsstrafgesetzbuches mit Strafe bedroht sind, auf Grund des Art. 41 der Gemeindeordnung mit Geldstrafen bis zu 18 M. und, insoferne durch dieselben eine rechtswidrige Verkürzung oder Entziehung der städtischen Gefälle beabsichtigt oder herbeigeführt wird, bei einem Betrage dieser Verkürzung oder Entziehung bis einschliesslich 4.⁵⁰ M. mit Geldstrafe bis zu 45 M., bei höheren Beträgen mit Geldstrafe bis zum 10fachen, im Rückfalle bis zum zofachen Betrage des entzogenen Gefälles bestraft.

Am 24. Januar 1888.

Magistrat der k. Haupt- und Residenzstadt München:

Bürgermeister:

Dr. v. Widenmayer.

Forstner, Sekretär.

Statut und ortspolizeiliche Vorschriften für die Benützung der städt. Wasserleitung in München.

Der Stadtmagistrat München erlässt nach eingeholter Zustimmung des Kollegiums der Gemeindebevollmächtigten für die Benützung der städtischen Wasserleitung folgende

Wasserleitungs-Ordnung.

§ 1.

Einleitung.

Die städtische Wasserleitung ist eine Gemeindeanstalt, die den Zweck hat, die Stadt München und die im Stadtbezirke liegenden Anwesen mit dem nötigen Trink- und Nutzwasser zu versorgen. Zu diesem Zwecke kann für jedes an einer Strasse, in welcher die Wasserleitungsrohre gelegt sind, liegende Anwesen die Abgabe von Wasser aus der städtischen Wasserleitung und der Anschluss der Hausleitungen an dieselbe unter nachstehenden Bedingungen beantragt und ausgeführt werden.

Die Wasserabgabe an Anwesensbesitzer ausserhalb des städt. Burgfriedens erfolgt nur auf besondere Genehmigung des Stadtmagistrates in stets widerruflicher Weise und unter den in jedem einzelnen Falle vereinbarten Bedingungen.

I. Wasserabgabe und Wasserbezug.

§ 2.

Wasserabgabe an einzelne Anwesen.

Die Wasserabgabe erfolgt für die einzelnen Anwesen durch Anschluss der in denselben hergestellten Hausleitungen mittelst einer Anschlussleitung an das

Strassenrohr nach Massgabe der Bestimmungen der Wasserleitungsordnung und der ortspolizeilichen Vorschriften.

Für jedes Anwesen, welches Wasser aus der städtischen Wasserleitung beziehen will, ist in der Regel eine eigene Anschlussleitung erforderlich, Ausnahmen bedürfen der besonderen Genehmigung des Stadtmagistrates.

§ 3.

System der Wasserabgabe und Grundmass für dieselbe.

Die Wasserabgabe findet sowohl nach dem Aich-, wie nach dem Wassermessersysteme statt.

Das Grundmass für dieselbe bildet das Kubikmeter = 1000 Liter.

§ 4.

Aichsystem.

Die Abgabe des Wassers nach dem Aichsystem erfolgt nur nach ganzen Kubikmetern und ist das regelmässige Minimum derselben 2 Kubikmeter pro Tag.

Ausnahmsweise kann für Anwesen mit nicht mehr als 2 Geschossen (Erdgeschoss und I Stock) nur zum Hausbedarf auf grund besonderer Genehmigung des Stadtmagistrates 1 Kubikmeter pro Tag als Minimum abgegeben werden.

Die Zumessung (Aichung) erfolgt im Niveau der Zuleitung mit einem Aichhahn durch Bedienstete des Stadtmagistrates in der Art, dass 3 Meter über demselben das verlangte Wasserquantum ausfliesst. Der Wasserabnehmer kann derselben beiwohnen.

Die Messvorrichtung wird vom Stadtmagistrat gegen Bezahlung geliefert und eingebunden und wird Eigentum des Anwesensbesitzers. Dieselbe besteht aus einem Haupt-Absperrhahn, einem Aichhahn und einem Privathaupthahn.

Erstere beide sind ausschliesslich zu amtlichem Gebrauche vorhanden und werden zur Sicherung gegen Verstellung etc. etc. mit amtlicher Plombe versehen, der letztere (Privathaupthahn) ist nicht plombiert und zur Benützung des Abnehmers bei notwendigen Abstellungen des Wasserzulaufes in der Hausleitung vorhanden.

Nach der Messvorrichtung kann das zugemessene Wasserquantum beliebig verteilt und höher geleitet werden, jedoch hat der Abnehmer die Verminderung des Quantums durch Druckverlust und Reibungswiderstände selbst zu tragen.

§ 5.

Wassermessersystem.

Bei Abgabe des Wassers nach Wassermessern werden je nach dem Kaliber nachstehende Minimalbezugsquantitäten, die, wenn auch nicht verbraucht, in Rechnung kommen, festgesetzt, nämlich bei Wassermessern bis zu

13 mm. Kaliber	2 cbm. pro Tag	=	182 cbm. pro Vierteljahr.
19 „ „	5 „ „	=	456 „ „ „
25 „ „	10 „ „	=	912 „ „ „
32 „ „	25 „ „	=	2280 „ „ „
38 „ „	50 „ „	=	4562 „ „ „
50 „ „	80 „ „	=	7300 „ „ „
80 „ „	100 „ „	=	9125 „ „ „
100 „ „	150 „ „	=	13687 „ „ „

Der über diese Minimalquantitäten durch die Wassermesser angezeigte Wasserverbrauch wird eigens verrechnet, wobei das mehrangezeigte Verbrauchsquantum immer auf 10 Kubikmeter abgerundet wird in der Weise, dass bis zu und incl. 5 Kubikmeter ab- — über 5 Kubikmeter aufgerundet wird.

Die Wahl des Wassermeskalibers bleibt dem Wasserabnehmer überlassen, es kann jedoch bei ständig grösserem Verbrache vom Stadtmagistrate die Einschaltung eines diesem Verbrache entsprechenden grösseren Wassermessers auf Kosten des ersteren verfügt werden,

Die Ablesung der Wassermesser geschieht in der Regel vierteljährlich von städtischen Bediensteten. — In Fällen zweifelhafter Funktionsfähigkeit eines Wassermessers, bei Verdacht stattfindender Wasserdefraudation oder aus sonstigen Gründen erfolgt nach Ermessen des Stadtmagistrates öfters Kontrolle.

Haupt-Absperrventil und Wassermesser werden vom Stadtmagistrate geliefert und eingebunden und, soweit infolge des Betriebes notwendig, der Wassermesser unterhalten und erneuert. Die Wassermesser bleiben Eigentum des Stadtmagistrates, und hat der Wasserabnehmer hiefür eine jährliche Gebühr für Benützung und zur Amortisation gemäss § 21 an die Stadthauptkasse zu entrichten.

Haupt-Absperrventil und Wassermesser werden amtlich plombiert.

§ 6.

Berechnung des Minimalquantums bei gemeinschaftlicher Anschlussleitung.

Besteht für zwei oder mehrere Anwesen eine gemeinschaftliche Anschlussleitung, so kommt das in § 4 und 5 festgesetzte Minimalquantum für jedes Anwesen in Anrechnung.

§ 7.

Abgabe von Wasser für Feuerlöschzwecke und Kleingewerbebetrieb.

Die Abgabe von Wasser für Privat-Feuerlöschrichtungen und für Motoren wird von besonderer Genehmigung des Stadtmagistrates abhängig gemacht und zu ersterem Zwecke nur Wasserabnehmern gewährt.

Für Feuerlöschleitungen wird Folgendes bestimmt:

- 1) Jede Feuerlöschleitung ohne Messvorrichtung (Hydrantenleitung) muss

vor dem Anschlusse an das Stadtröhrennetz der amtlichen Druckprobe auf 18 Atmosphären durch Organe des Stadtmagistrates unterstellt werden.

2. Der Stadtmagistrat ist jederzeit berechtigt, diese Feuerlöschleitungen durch seine Organe zu kontrollieren und wiederholt der amtlichen Druckprobe auf Kosten der Anwesensbesitzer zu unterstellen.

Jedenfalls werden die Feuerlöschleitungen viermal des Jahres einer amtlichen allgemeinen Prüfung, Untersuchung und Reinigung unterzogen, von welcher Vornahme der Anwesensbesitzer verständigt wird.

3. Wünscht ausserdem ein Anwesensbesitzer die Vornahme der Prüfung oder Reinigung einer Feuerlöschleitung, zu welchem Zwecke die daran befindliche Plombe entfernt werden muss, so ist dieses bei dem Stadtbauamte anzuzeigen und wird von diesem Termin zur Vornahme der Prüfung etc., sowie zur Abnahme und Wiederanlage der Plombe, was nur durch ein Organ des Stadtmagistrates geschehen darf, anberaunt.

4. Sowohl bei der erstmaligen Druckprobe, als bei den späteren und den Prüfungen, sei es nach den vom Stadtmagistrate nach Ziff. 2 angeordneten, als den nach Ziff. 3 auf Verlangen des Anwesensbesitzers vorgenommenen Druckproben, bezw. Prüfungen und Reinigungen der Feuerlöschleitungen sind die hiezu nötigen Vorbereitungen, Apparate, Schläuche und Hilfsmannschaft vom Anwesensbesitzer, resp. Installateur zu stellen.

5. Der Stadtmagistrat übernimmt durch die wiederholten Prüfungen der Feuerlöschleitungen keinerlei Haftung für die stete Dichtheit und Funktionsfähigkeit derselben.

6. Für die jedesmalige Vornahme der amtlichen Druckprobe, Prüfung oder Reinigung der Feuerlöschleitungen und zwar in den Fällen der Ziff. 1, 2 und 3 ist inkl. Abnahme und Wiederanlage der Plomben eine Gebühr an die Stadthauptkasse zu entrichten und zwar für jede Feuerlöschleitung

mit 1 Hydranten 5.00 M.

„ 2—5 „ incl. 7.50 „

„ 6—10 „ „ 10.00 „

und beim Vorhandensein von mehr als 10 Hydranten für jeden Hydranten über 10 je 25 Pfennige mehr.

Nur falls in einem Kalenderjahre eine öftere als viermalige Reinigung der Feuerlöschleitung, wie sub Ziff. 2 angegeben ist, vom Magistrate angeordnet werden sollte, sind die folgenden (über 4) gebührenfrei.

II. Wasserabnahme.

§ 8.

Anmeldung über Wasserbezug.

Die Anmeldung des Wasserbezuges hat von dem Anwesensbesitzer beim Stadtmagistrate unter Angabe der Art des Bezuges (nach Aich- oder Wassermessersystem) und des verlangten Wasserquantums schriftlich oder zu Protokoll zu erfolgen.

Gesuchen um Wasserabgabe für Motoren sind genaue Zeichnungen über Konstruktion der zu verwendenden Motoren nebst Beschreibung und Angabe des Wasserverbrauches beizulegen.

§ 9.

Kündigung der Wasserabgabe und des Wasserbezuges.

Der Wasserbezug kann hinsichtlich des Wasserquantums, wie der Art des Bezuges sowohl durch den Stadtmagistrat als durch den Besitzer des betreffenden Anwesens gekündigt werden.

Die Kündigung des ganzen oder teilweisen Wasserquantums durch den Anwesensbesitzer hat durch schriftliche an den Stadtmagistrat einzureichende Erklärung oder zu Protokoll zu erfolgen und zwar mindestens vier Wochen vor dem 1. Oktober jeden Jahres, mit welchem Tage sie wirksam wird.

Alle anderen Kündigungen sind an keine Frist gebunden.

§ 10.

Besitzwechsel.

Bei Besitzwechsel eines Anwesens gehen Rechte und Pflichten bezüglich des Wasserbezuges aus der städtischen Wasserleitung auf den neuen Besitzer über unter fortdauernder Mithaftung des Vorbesitzers für die während seiner Besitzzeit fällig gewordenen Wasserzinse und sonstigen Gebühren.

§ 11.

Haftung.

Der jeweilige Besitzer eines Anwesens, welchem auf Grund der Bestimmungen der Wasserleitungsordnung Wasser aus der städtischen Wasserleitung zugeführt ist, haftet der Gemeinde gegenüber für Einhaltung der durch die Wasserleitungsordnung den Wasserabnehmern auferlegten Verpflichtungen und ist für die Erfüllung der für die Benützung der Wasserleitung erlassenen ortspolizeilichen Vorschriften verantwortlich.

Im Falle der Uebertretung dieser Vorschriften ist der Stadtmagistrat berechtigt, unabhängig von der strafrechtlichen Verfolgung des Thäters gegen den Besitzer des Anwesens, in welchem die Uebertretung ausgeführt wurde, alle diejenigen Strafen als Ordnungsstrafen zu verhängen, welche durch die ortspolizeilichen Vorschriften für Zuwiderhandlungen gegen die Bestimmungen derselben angedroht sind.

Ausserdem ist der Stadtmagistrat jederzeit berechtigt, die für ein einzelnes Anwesen bewilligte Wasserabgabe wegen Verletzung der durch gegenwärtiges Statut den Anwesensbesitzern auferlegten Verpflichtungen oder wegen Uebertretung der für die Benützung der Wasserleitung erlassenen ortspolizeilichen Vorschriften wieder zu entziehen.

§ 12.

Störungen und Unterbrechungen im Wasserbezug.

Bei zeitweiser Störung, Minderung oder Unterbrechung des Wasserbezuges aus irgend welchen Ursachen leistet der Stadtmagistrat keine Rückvergütung des im Voraus entrichteten Wasserzinses, auch sonst keinerlei Entschädigung, dergleichen haben Abnehmer keinen Anspruch auf Ersatz bezw. Rückvergütung, wenn Privatleitungen, (Anschluss- und Hausleitungen), auf ihre eigene Veranlassung oder bei zwangsweiser Absperrung auf längere oder kürzere Zeit nicht benützt oder infolge Kündigung nutzlos werden.

§ 13.

Gestörte Wasserzuaichung und Funktionierung der Wassermesser.

Glauht sich ein Wasserabnehmer in dem ihm zuständigen Wasserbezugsquantum beim Aichsystem verkürzt, so ist behufs Abhilfe Anzeige an das Stadtbauamt zu erstatten.

Bei Zweifeln über Tauglichkeit und richtige Funktionierung eines Wassermessers kann dessen Ausschaltung und Prüfung sowohl vom Wasserabnehmer als auch vom Stadtmagistrate verlangt werden.

Die Prüfung eines solchen wird auf der städtischen Wassermesserstation vorgenommen, und kann derselben der Wasserabnehmer oder dessen Stellvertreter beiwohnen. Zeigt der Wassermesser hiebei innerhalb der Grenzen bis zu 5⁰/₁₀ mehr oder weniger richtig, so hat der Abnehmer, falls die Prüfung von ihm veranlasst wurde, bei Messern von

13 mm bis incl.	25 mm M.	10
„ „	50 „ „	15
„ „	100 „ „	20

wobei die Kosten der Herausnahme und der Wiedereinsetzung des Wassermessers mit inbegriffen sind, zu entrichten, Ergeben sich dagegen bei dieser Prüfung Fehler des Wassermessers über 5⁰/₁₀ mehr oder weniger, so ist dieselbe gebührenfrei und wird dem Abnehmer das im abgelaufenen Quartale zu viel oder zu wenig angezeigte Wasserquantum in Berechnung gebracht.

Bei Stillstand eines Wassermessers wird als Grundlage für die Berechnung des Wasserbezuges das gleiche Quartal des Vorjahres, zum mindesten das Minimumquantum angenommen.

III. Wasserbezugseinrichtungen.

§ 14.

Anschluss- und Hausleitungen.

Die Einrichtungen für die Zuführung des Wassers zu den einzelnen Anwesen und für die Verteilung derselben innerhalb der Anwesen sind:

- a) die Anschlussleitung,
- b) die Hausleitung.

Die Anschlussleitung erstreckt sich von der Anbohrung des Haupt- bzw. Strassenrohres bis einschliesslich der Messvorrichtung mit Privathaupthahn beim Aichsysteme und ohne Privathauptventil beim Wassermessersysteme.

Die Hausleitung umfasst alle Einrichtungen hinter der Messvorrichtung im Innern eines Anwesens, welche zum Bezuge und zur Verteilung des Wassers dienen.

Für die Anschlussleitungen gelten die Bestimmungen des § 15, während die Beschaffung und Unterhaltung der Hausleitungen, sowie deren etwaige Abänderung und Erweiterung Sache der Anwesensbesitzer ist.

§ 15.

Ausführung der Anschlussleitungen.

Die neuen Anschlussleitungen, eventuell die Tiefverlegung der bestehenden Anschlussleitungen und die Verbindung derselben sowohl mit dem Strassenrohre als der Hausleitung, sowie alle Reparaturen an Anschlussleitungen werden auf Kosten der Anwesensbesitzer (Wasserabnehmer) nach einem vom Stadtmagistrate jeweilig genehmigten Tarife durch Beauftragte des Stadtmagistrates, jedoch ohne Leistung einer mehr als einjährigen Garantie für dauernde Tüchtigkeit, ausgeführt und gehen, mit Ausnahme des Wassermessers, in den Besitz der Wasserabnehmer über. Die Bestimmung der Dimensionen der neuen Anschlussleitungen erfolgt durch das Stadtbauamt.

Aenderungen der Anschlussleitungen, sowie der an denselben befindlichen Abstell- und Mess-Vorrichtungen, welche amtlich plombiert werden, sind verboten.

Bestehende Anschlussleitungen sind beim Uebergange vom Aich- zum Wassermessersystem auf die normale Tiefe mit 1,5 Meter oder mindestens 1,2 Meter Deckung zu verlegen und haben einem Probedruck von 18 Atmosphären zu genügen.

Für in Anwesen anzulegende Feuerlöscheinrichtungen sind besondere Anschlussleitungen herzustellen.

§ 16.

Prüfung der Hausleitungen.

Nach Fertigstellung oder Aenderung einer Hausleitung ist vom Installateure vermittelt besonderer vom Stadtbauamte bezogener und entsprechend ausgefüllter Formulare Anzeige zu erstatten, und sind bei vorzunehmender Prüfung von Hausleitungen ausserdem die nötigen Vorbereitungen, eine Presspumpe, an die in einfacher Weise das amtliche Kontrolmanometer angebracht werden kann, die Werkzeuge und Beihilfe vom Installateur zu treffen, bzw zu stellen. Die amtliche Prüfung erfolgt nur auf besonderes Verlangen des Anwesensbesitzers.

Diese Prüfung erstreckt sich bei Neuanlagen und grösseren Erweiterungen auf die ganze Anlage und besteht in genauer Untersuchung nach Massgabe dieser Vorschriften und einer Druckprobe auf 15 Atmosphären auf die Dauer der Unter-

suchung der ganzen Leitung und mindestens 10 Minuten, wobei das Manometer nicht über 1 Atmosphäre zurückgehen darf.

Bei der Prüfung hat der Installateur zugegen zu sein und dem prüfenden Beamten jede gewünschte Auskunft zu erteilen.

Genügt eine Hausleitung der amtlichen Prüfung, so wird ein Zeugnis in doppelter Ausfertigung (eines zu den amtlichen Akten, das andere für den Anwesensbesitzer) ausgestellt.

Eine Gewähr für Güte, Zweckmässigkeit und Dauer der Anlage wird durch diese Prüfung vom Stadtmagistrat nicht übernommen.

§ 17.

Einschaltung und Sicherung der Messvorrichtungen.

Jede Messvorrichtung wird in der Anschlussleitung und in der Höhe derselben eingeschaltet und zwar unmittelbar an der Grenze des betr. Anwesens, in der Regel innerhalb, wenn dies unmöglich, ausserhalb der Grenze.

Dieselbe muss in jederzeit gut zukömmlichen von den Anwesensbesitzern zur Verfügung zu stellenden Keller- oder Souterrain-Räumlichkeiten angebracht und gegen Entwendung, Beschädigungen aller Art, und Frost von denselben vollkommen gesichert werden. Bei Zuwiderhandlungen haftet der Anwesensbesitzer für Ersatz der Kosten der Reparatur beschädigter oder der Neuanschaffung entwendeter Wassermesser.

Stehen an der Grenze der Anwesen Keller oder Souterrain-Räumlichkeiten nicht zu Gebote, so müssen zur Unterbringung der Messvorrichtung besondere Schächte nach jeweils festgesetzten Normen hergestellt werden und zwar auf Kosten des Anwesensbesitzers.

Ausnahmsweise wird bei Anwesen mit Vorgärten, deren Gebäude an der Baulinie liegen, von Herstellung eines Schachtes an der Anwesensgrenze Umgang genommen, wenn an der gegen die Strasse gelegenen Front des Gebäudes zur Aufnahme der Messvorrichtung geeignete Keller oder Souterrain-Räumlichkeiten vorhanden sind.

IV. Tarif.

§ 18.

Gebühren.

Die für die Abgabe des Wassers an die Gemeinde zu bezahlende Gebühr (Wasserzins), wie überhaupt sämtliche auf grund der Wasserleitungsordnung den Wasserabnehmern zu berechnenden Beträge, insbesondere die Gebühren für Prüfung der Hausleitungen und Messvorrichtungen, für Prüfung oder Reinigung der Feuerlöschleitungen, die Gebühren für Benützung der Wassermesser, die Nachsichts- und Brunnenunterhaltungsgebühren, sowie die Vergütung der Kosten für Herstellung und Reparatur der Anschlussleitungen und Wassermesser, dann etwaige auf grund des § 11 verhängte Ordnungsstrafen sind öffentliche Abgaben

im Sinne des Art. 40 der Gemeinde-Ordnung und eine dem jeweiligen Besitzer des Anwesens in dieser Eigenschaft obliegende Last.

Für dieselben gelten die Bestimmungen der Art. 40, 48 und 57 der Gemeinde-Ordnung.

§ 19.

Wasserzinse.

Bei Wasserbezug nach dem Aichsystem ist für das Minimalbezugsquantum von 2 Kubikmeter pro Tag = 730 Kubikmeter pro Jahr ein jährl. Wasserzins von 36 M. zu bezahlen. Für jeden weiteren Kubikmeter oder bei ausnahmsweiser Abgabe eines einzelnen Kubikmeters pro Tag beträgt der jährl. Wasserzins 18 M.

Bei Wasserbezug nach dem Wassermessersystem beträgt der Minimalwasserzins pro Jahr je nach dem Messerkaliber

M.	36	bei	13	mm	Kaliber	des	Wassermessers	
"	90	"	19	"	"	"	"	"
"	180	"	25	"	"	"	"	"
"	450	"	32	"	"	"	"	"
"	900	"	38	"	"	"	"	"
"	1440	"	50	"	"	"	"	"
"	1800	"	80	"	"	"	"	"
"	2700	"	100	"	"	"	"	u s. f.

Mehrverbrauch über die in § 5 angegebenen Minimalbezugsquantitäten ist pro 10 Kubikmeter mit 0.50 M. zu bezahlen.

Wasser für vorübergehende Zwecke z. B. Bauführungen, Schaubuden etc. wird mit dem anderthalbfachen Normalpreis und für die Zeit des Bezugs, wobei jeder Teil eines Monats für voll gerechnet wird, berechnet.

Das zu Feuerlöschzwecken verwendete Wasser ist frei.

§ 20.

Gebühren für Prüfungen von Hausleitungen und Wassermessern.

Für die Prüfung einer Hausleitung ist vom Wasserabnehmer eine Gebühr von 4 M., für jede wiederholte Prüfung eine weitere Gebühr von 2 M. zu entrichten.

Bzüglich der Gebühr für Prüfung von Wassermessern siehe § 13.

§ 21.

Wassermessermiethzinse.

Der jährl. Miethzins für einen Wassermesser

von	13	mm	Kaliber	beträgt	10	M.
"	19	"	"	"	12	"
"	25	"	"	"	16	"
"	32	"	"	"	20	"
"	38	"	"	"	25	"
"	50	"	"	"	32	"
"	80	"	"	"	40	"
"	100	"	"	"	50	"

§ 22.

Zahlungstermine.

Die Wasserzinse sind beim Aichsystem jährlich vorauszahlbar am 1. Oktober fällig; ebenso die Minimalwasserzinse beim Wassermessersystem, dann die auf jährlich 2 M. festgesetzten Nachsichtsgebühren bei sogenannten Ewigsteften und Brunnenunterhaltungsbeiträge der sogenannten eigenen Steften. Die Wassermessermiethen werden am 1. Oktober jeden Jahres nachzahlbar eingehoben.

Zinsraten und Wassermessermiethen werden bei Neueinleitungen jeweils bis zum 1. Oktober nach ganzen Monaten berechnet und sofort bezahlt. Hiebei wird, wenn der Wasserbezug erst in der zweiten Hälfte des Monats beginnt, diese zweite Hälfte ausser Ansatz gelassen.

Der bei Wassermessern über die vierteljährigen Minimalbezugsquantitäten angezeigte Wasserverbrauch wird vierteljährlich am 1. Januar, 1. April, 1. Juli und 1. Oktober zahlbar.

Die Rechnungen für Ausführungen und Reparaturen von Anschlussleitungen, die Gebühren für Prüfung von Hausleitungen und Wassermessern sind 8 Tage nach Aufforderung zu begleichen.

Zahlungssäumige werden bei Nichteinhaltung vorbezeichneter Termine durch den Amtsboten gegen 20 Pf. Gebühr gemahnt.

Nach fruchtloser Mahnung wird die zwangsweise Beitreibung der Rückstände verfügt und kann die Wassersperre angeordnet werden.

§ 23.

Vorbehalte.

Aenderungen der vorstehend aufgeführten Bestimmungen, insbesondere auch über Inhalt, Umfang und Dauer der Rechte hinsichtlich des Wasserbezuges bleiben dem Ermessen der Gemeinde-Kollegien jederzeit vorbehalten.

In diesem Falle gelten die abgeänderten Bestimmungen auch für diejenigen Wassereinleitungen, welche zur Zeit der Beschlussfassung über die Abänderung bereits bewilligt und ausgeführt waren

Am 24. Januar 1888.

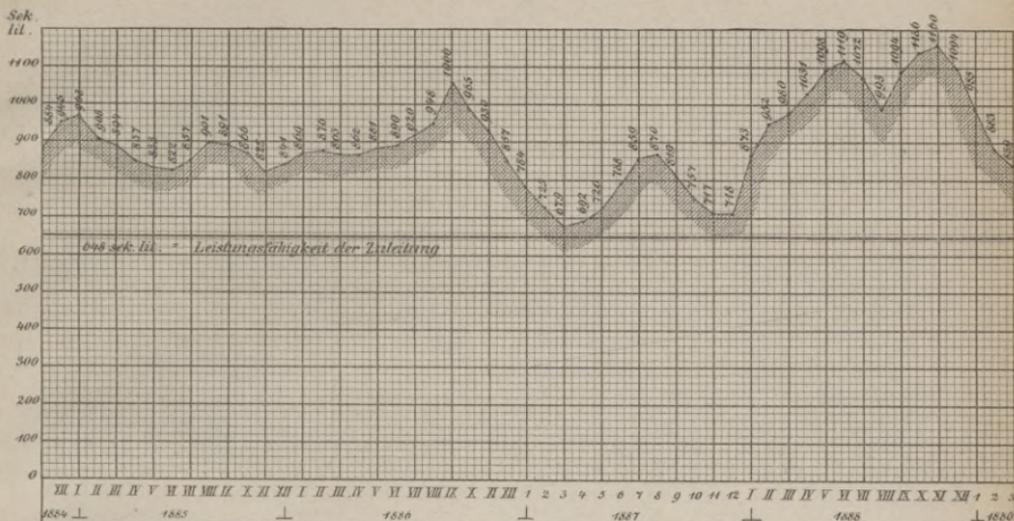
Magistrat der k. Haupt- und Residenzstadt München:

Bürgermeister

Dr. v. Widenmayer.

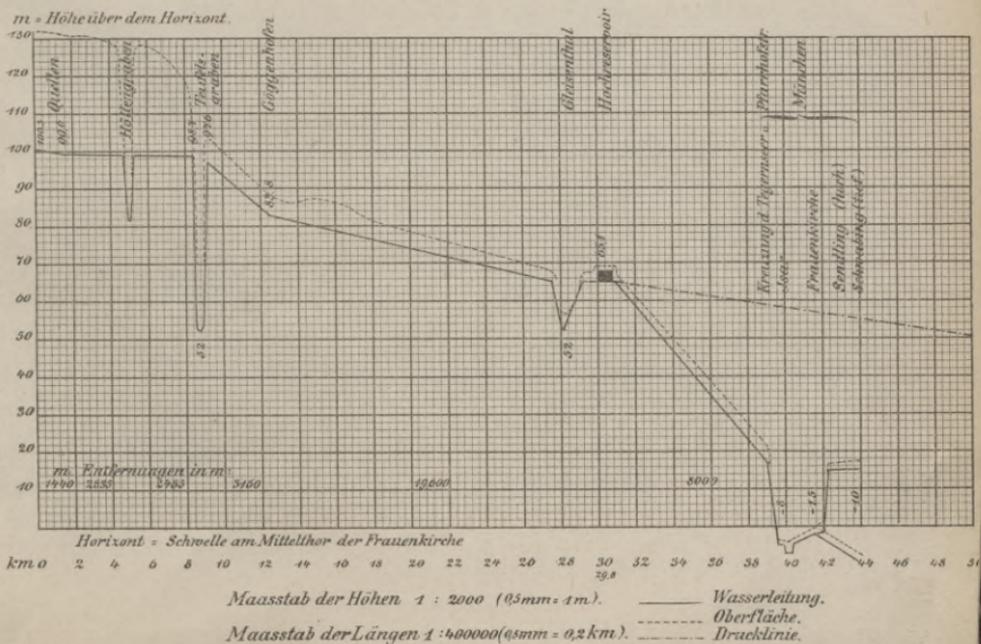
Forstner, Sekretär.

Wassermengen der gefassten Quellen.



Tafel II.

Höhenkarte.



Plan
der
Münchener
Hochquellenleitung
aus dem
Mangfallthal.



Erklärungen.

Masstab 1 : 200,000.

- Projekte Salbachs.
- Führung der Zuleitung.
- Führung der Druckleitung.

Die Coten in Meter ausgedrückt beziehen sich auf den Spiegel des Mittelmeeres.

- I. Gr. Valley 613.00
- II. Gr. Weigetmühle 618.00
- III. Gr. Kasperbach u. Gesundbrunn 619
- IV. Gr. Heidebäche 617.00
- V. Gr. Gotzinger Qu. 649.00
- Reischach (II. Gr.) Reischachquellen 638.00



S. 61

S-00

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298934