

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inv. ....

2765

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297456





# Die Reinigung des Wassers

für

**kommunale, häusliche und gewerbliche Zwecke**

durch

ein neues, bereits erprobtes, in Deutschland und Österreich  
patentiertes

## Filtersystem

erfunden und kritisch bearbeitet von

**Prof. Dr. Friedr. Wilhelm Dunkelberg**

Geheimer Regierungsrat

Direktor a. D. der kgl. landw. Akademie Poppelsdorf-Bonn

Nebst einer populären Anweisung

**zur Mafsanalyse und Härtebestimmung des Wassers**

von

**Dr. Hanamann**

Direktor der Fürstlich Schwarzenberg'schen agrikulturchemischen  
Versuchsstation **Lobositz**

*F. Nr. 26 34*

Mit 14 eingedruckten Holzschnitten



**Berlin 1906**

Polytechnische Buchhandlung

**A. SEYDEL**

Alle Rechte,  
namentlich das der Übersetzung in fremde Sprachen  
vorbehalten.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

112765

Akc. Nr. 2174/49

## Vorrede.

---

Zweifellos ist die bisher mit Vorliebe im Großen betriebene Reinigung des Wassers durch wagerechte reine Sandfilter auf einem hygienisch und technisch nicht mehr genügenden „toten Punkt“ angelangt, über welchen hinaus keine Verbesserung möglich ist.

Es war daher für den Verfasser ein glücklicher Umstand, daß Seine hochfürstliche Durchlaucht der Prinz Wilhelm zu Schaumburg-Lippe, Besitzer der Herrschaft Nachod, ohne auf die Gegenrede sogenannter Sachverständiger zu hören, den Bau eines Versuchsfilters für seine Brauerei zu Böhmisch-Skalitz anordnete und damit gestattete, lang gehegte Anschauungen zu verwirklichen, welche der Autor seit Jahren umsonst zu verwirklichen versucht hatte, deren Richtigkeit sich aber glänzend bestätigten und ihn ermutigen, mit den Ergebnissen an die Öffentlichkeit zu treten und darüber in den folgenden Blättern wahrheitsgetreu zu berichten.

Es wird darin bewiesen, daß sowohl der Wasserversorgung großer Städte, wie dem Kleinbedarf privater Interessenten durch das neue System technisch und hygienisch entsprochen werden kann, und daß es als eine Verirrung zu bezeichnen ist, wenn ferner noch an dem veralteten System wagerechter Sandfilter festgehalten wird, die in finanzieller, quantitativer und qualitativer Hinsicht hinter den Leistungen des neuen Systems zurückbleiben.

Der unleugbaren Schwierigkeit gegenüber, große Städte aus Quellen und Untergrundwasser dauernd zu versorgen, zwingt dazu, das Oberflächenwasser noch mehr als bisher auszunutzen und es zuvor einer gründlichen und billigen Reinigung zu unterwerfen. Den Einwurf, daß seine höhere Temperatur es monate-

lang als Trinkwasser minderwertig mache, ist leicht durch über den Hauptreservoirien erbaute Eishäuser und durch Kompressionsmaschinen zu begegnen, wovon ja die Bierbrauer für ihren Bedarf bereits einen praktisch und finanziell befriedigenden Gebrauch machen.

Auch die üblichen besonderen in der Unterhaltung teuren Enteisungs-Anlagen werden durch das neue Filter ohne weiteres unnötig gemacht.

Ein weit verbreiteter gewerblicher Mißstand beruht ferner in schlechtem Kesselspeisewasser, dessen wesentliche Verbesserung mittelst des neuen Systems nach in Skalitz gemachten vorläufigen Versuchen begründete Aussicht auf Erfolg hat. Direkte dahin gehende Versuche in Großen sind in Vorbereitung und kann selbst daran gedacht werden, den schädlichen Chlorgehalt des Wassers herabzusetzen, was seither als aussichtslos erachtet wurde.

Die bereits ermittelten Tatsachen eröffnen daher bestimmte Aussicht, daß das neue Filtersystem weitgehenden Ansprüchen an gründliche Reinigung des Wassers zu entsprechen gestattet und deshalb den Interessenten mit Beruhigung zur Kritik und zum Gebrauch empfohlen werden kann.

Es ist dies auch im Hinblick auf die lange Dauer einer und derselben Füllung und dem dabei erzielten Reinheitsgrad gerechtfertigt. Um diesen jederzeit zu beurteilen, hat Dr. Hanamann die Kaliumpermanganatprobe populär bearbeitet und da Härtebestimmungen für Gewerbe wichtig sind, auch die betreffenden besten Methoden aufgenommen.

Wiesbaden, Weihnachten 1905.



# Inhalt.

	Seite
Einleitung . . . . .	
1. Die Wirkung der Sandfiltration . . . . .	1
2. Bakterien . . . . .	3
3. Sauerstoffgehalt des Wassers . . . . .	5
4. Die reinigende Wirkung der Sandfilter . . . . .	5
5. Grundlagen zur Verbesserung der Filtermethoden . . . . .	9
a) Die Absorptionskraft . . . . .	10
b) Bakteriologische Gesichtspunkte . . . . .	11
c) Die Wirkung der Porosität . . . . .	13
d) Oxydationsprozesse . . . . .	15
e) Eine ausgiebige Lüftung . . . . .	17
f) Die Vorreinigung rohen Wassers . . . . .	19
g) Kontrolle des Reinheitsgrades . . . . .	20
6. Die Prüfung des Wassers . . . . .	22
7. Die Beurteilung des Wassers . . . . .	25

## Erster Abschnitt.

### Praktischer Teil.

#### Erstes Kapitel.

1. Die neue Filterkonstruktion . . . . .	27
2. Das Versuchsfilter in Skalitz . . . . .	30

#### Zweites Kapitel.

Die bauliche Einrichtung . . . . .	33
------------------------------------	----

#### Drittes Kapitel.

Die Zuleitung des rohen Wassers . . . . .	38
---	----

#### Viertes Kapitel.

Die Leistung des Filters . . . . .	40
1. Die quantitative Leistung . . . . .	40
2. Die qualitative Leistung . . . . .	41
Analysenreihen . . . . .	43

— VI —

	Seite
3. Gewerbliche Ergebnisse in Skalitz . . . . .	45
Die Dauer der ersten Füllung . . . . .	49
Fünftes Kapitel.	
Die Anwendung des Filters in Gewerben . . . . .	50
1. Molkereien . . . . .	50
2. Gärungsgewerbe . . . . .	51
a) Bierbrauerei . . . . .	51
b) Spiritus- und Hefefabriken . . . . .	52
3. Stärke- und Zuckerfabriken . . . . .	52
Abwasser-Reinigung durch Filtration . . . . .	53
4. Bleichereien und Färbereien . . . . .	53
5. Gerbereien und Leimfabrikation . . . . .	54
6. Wasser für Dampfkessel . . . . .	55
Sechstes Kapitel.	
1. Die Baukosten in Skalitz . . . . .	57
2. Kosten des Betonbaues . . . . .	59
Siebentes Kapitel.	
Vergrößerung der Filter und ihrer Leistung . . . . .	61
1. Konstruktions-Bedingungen . . . . .	63
2. Leistung großer Filter . . . . .	65
3. Die Beschickung der Filter . . . . .	65
4. Die Zu- und Abführung des Wassers . . . . .	66
5. Teilung der Filter . . . . .	67
Achstes Kapitel.	
Die Röhrenleitungen . . . . .	69
Neuntes Kapitel.	
Erfahrungs-Resultate . . . . .	70
Zehntes Kapitel.	
Schlußfolgerungen . . . . .	74

Zweiter Abschnitt.

**Prüfung des Wassers auf organische Stoffe mittelst  
Kaliumpermanganat und seine Härtebestimmung.**

Erstes Kapitel.	
Die Vorrichtungen zur Untersuchung . . . . .	79
1. Die automatische Säure-Pipette . . . . .	79
2. Die Meßröhre mit Glashahn . . . . .	79
3. Eine Ballonpipette . . . . .	81
Zweites Kapitel.	
Die Ausführung der Prüfung des Wassers auf organische Stoffe . . . . .	83
Drittes Kapitel.	
Erklärung der Zeichnungen . . . . .	86

Viertes Kapitel.

Die Härtebestimmung des Wassers . . . . .	87
1. Ausführung der Härtebestimmung eines Wassers . . . . .	89
2. Bereitung der Chlorbarium- oder Gipslösung . . . . .	91
3. Bereitung der Seifenlösung . . . . .	91

Fünftes Kapitel.

Zweite Methode der Härtebestimmung durch Titration . . . . .	92
1. Bestimmung der Alkalinität des Wassers . . . . .	94
2. Gesamtmenge des Kalkes und der Magnesia . . . . .	95
Nachtrag . . . . .	97





## Einleitung.

---

Die Entnahme eines für häusliche und gewerbliche Zwecke geeigneten Wassers in dauernd genügenden Mengen aus Grundwasser und Quellen ist vielerorts, besonders in Trockenperioden schwierig, ja selbst unmöglich und nötigt dazu, Oberflächenwasser aus Seen, Teichen, Bächen, Flüssen und Strömen zu verwenden, das je nach der örtlichen Besiedelung und der Zahl der Bewohner durch das Abwasser der Dörfer und Städte, durch gewerbliche Abfälle und Abflüsse aus Fabriken, wie durch Fluten quantitativ und qualitativ wechselnd, zeitlich mehr oder minder verunreinigt ist, und einer gründlichen künstlichen Reinigung, ja selbst chemischen Verbesserung bedarf, ehe es den Forderungen der Gesundheitspflege entsprechend, als unschädliches Gebrauchs- und Trinkwasser angesehen oder in Gewerben verwendet werden kann.

Es ist zwar nachgewiesen, daß stehendes und besonders fließendes Wasser einer natürlichen Selbstreinigung insofern unterliegt, als sich die darin mechanisch verteilten gröberen und feineren mineralischen und organischen Sinkstoffe in Ruhe und Bewegung ablagern, auch die gelösten Bestandteile einer fortdauernden chemischen und biologischen Zersetzung durch kleinste Lebewesen unterliegen, ohne aber dadurch, je nach dem Grad der Verunreinigung, gewerblich brauchbar und hygienisch unschädlich zu werden.

Dies wird bei fließenden Gewässern auch durch wechselnde Wasserstände in einzelnen Jahreszeiten stark beeinflusst; in Trockenzeiten sind schädliche Unreinigkeiten mehr konzentriert und in regenreicher Zeit stärker verdünnt.

Die geregelte Wasserwirtschaft der Neuzeit gipfelt auch in rationeller Nutzung selbst kleiner Gewässer durch Aufspeicherung

ihres Überflusses für Perioden des Mangels in größeren Sammelbehältern, durch Talsperren, deren Förderung und Erbauung in Rheinland - Westfalen ein besonderes Verdienst des verstorbenen Professors Intze - Aachen ist.

Sind solche künstlichen Becken möglichst nahe dem Quellgebiet ihrer Rinsale in walddreichen, nicht oder wenig besiedelten Gegenden gelegen, wo keine ausgesprochene Verunreinigung stattfindet, so fehlen ihnen doch Wasserpflanzen und -Tiere besonders an den Ufern nicht; deren Samen, Eier, Larven und absterbende Reste gehen in Zersetzung und Fäulnis über, und lassen daher das Wasser der Sperren nicht ohne weiteres als Genußmittel tauglich erscheinen. Hat man doch in einer Sperre sogar die Leiche eines Menschen gefunden.

Intze empfiehlt daher, das Wasser vor dem Gebrauch über drainierte Grasflächen fließen zu lassen, weil Pflanzen und Boden, durch welche die fein verteilten Wasserfäden zu den Drainröhren hinabsinken und in der Tiefe gesammelt in Röhren fortgeleitet werden, eine bedeutsame reinigende Kraft entwickeln, alle der Gesundheit nachteiligen Stoffe zurückhalten oder in unschädliche Verbindungen umsetzen.

Dieser naturgesetzlichen Tatsache stehen zweierlei Bedenken gegenüber, einmal daß nicht überall genügend große Grasflächen vorhanden sind und ferner, daß bei der Überrieselung dünner Wasserschichten durch Verdunstung besonders in heißer Jahreszeit große Mengen Wasser für den Gebrauch verloren gehen.

Um beiden Nachteilen zu begegnen, bleibt schließlich nur die Reinigung durch künstliche Filter übrig.

### I. Die Wirkung der Sandfiltration.

Man kennt und erbaut seither für Beschaffung größerer Mengen Gebrauchswasser wagerechte Sandfilter, deren oberste Schichte von feiner Körnung auf einer solchen von größerem Korn und diese auf feineren und nach der Tiefe immer größeren Kiesschichten ruhen.

Das meist in einer Höhe von 1 m über diesem Sand stehende rohe und langsam durchsickernde Wasser setzt auf der Oberfläche des Sandes und in den Poren der obersten Schichten mineralische und organische Sinkstoffe ab und bildet eine fein-

geschlammte sogen. Filterhaut, in welcher eine beschränkte chemisch-biologische Umsetzung jener Schwebestoffe in minder nachteilige Verbindungen stattfindet.

Diese reinigende Wirkung beruht auf dem Vorhandensein und der Vermehrung kleinster Lebewesen — Bakterien, die die Umsetzung mineralischer Salze einleiten, sich von unlöslichen und löslichen organischen stickstoff- und kohlenstoffhaltigen Schmutzstoffen ernähren und auch um so stärker vermehren, je mehr das Wasser damit verunreinigt ist. Ihre günstige Wirkung beruht wesentlich auf der Reinigung des Wassers von löslichen organischem Schmutz, während die mechanische Reibung der Sandkörnchen auch die unlöslichen Stoffe auf der Oberfläche und in den folgenden Schichten zurückhält.

## 2. Die Bakterien.

Nicht die Zahl derselben allein, sondern noch viel mehr die Art dieser Mikrokoken ist für eine günstige natürliche Reinigung maßgebend.

Man unterscheidet zwei Hauptgruppen von Bakterien; eine solche, die außer genügender organischer Nahrung zu ihrem Gedeihen unbedingt einer steten Zufuhr des Sauerstoffs der Luft bedarf und deshalb als aërobe von den anaëroben verschieden ist, die auch im unreinen Wasser ohne Sauerstoff sich zahlreich entwickeln.

Die aëroben Mikrokoken leiten nützliche Verwesungsprozesse — Oxydationen — ein, verwandeln den organischen Kohlenstoff in unschädliche Kohlensäure, das stickstoffhaltige Ammoniak in salpetrige und Salpetersäure, den Schwefelwasserstoff in Schwefelsäure, Schwefelammonium in die letztere und Salpetersäure, lösliches Eisenoxydul in unlösliches Eisenoxydhydrat — wirken also wesentlich desinfizierend und reinigend auf die ungelösten und gelösten organischen Schmutzstoffe des rohen Wassers ein.

Eine gründliche Reinigung ist daher nur dann gewährleistet, wenn die Art und Weise der Filtration alle Bedingungen erfüllt, die das Gedeihen aërober Bakterien erfordert.

Anaerobe Bakterien dagegen leiten, wo es an Sauerstoff mangelt, schädliche Desoxydationen — Gärungs- und Fäulnisprozesse ein, entwickeln aus dem Kohlenstoff ihrer Nahrung Kohlenwasserstoff, u. a. Sumpfgas und Miasmen, aus dem Stickstoffgehalt ihrer Nahrung z. B. aus Harnstoff, Ammoniak, Stickstoff und Wasserstoff, aus Schwefel schweflige Säure und Schwefelwasserstoff, also sämtlich Verbindungen, die hygienisch überaus nachteilig sind.

Hieraus ist zu folgern, daß die Entstehung anaerober Bakterien zu bekämpfen und einfach dadurch zu verhüten ist, daß eine stetige und lebhafte Zufuhr von Luft und deren Sauerstoff zum Filtermaterial stattfinden kann, um die Vermehrung aerober Bakterien zu ermöglichen, das Auftreten von Gärung und Fäulnis zu verhindern und nützliche Verwesungsprozesse einzuleiten, was bei den üblichen reinen Sandfiltern durch die darauf lastende, die Luft abschließende Wasserschichte von 1 m Höhe verhindert oder doch sehr erschwert wird.

Es ist ein landläufiges aber ungenügendes Verfahren, den Reinigungsgrad des filtrierte Wasser nach der Zahl der in einem Kubikzentimeter vorhandenen Bakterien und demgemäß alle Wasserproben darauf zu untersuchen, während es doch wesentlich auf die Feststellung der Arten ankäme, ob vorwiegend aërobe oder anaerobe Bakterien im filtrierte Wasser zugegen sind.

In dem Falle, daß jene vorwalten, und diese stark zurücktreten oder fehlen, wäre ein Anzeichen gegeben, daß das Wasser von seinen nachteiligen organischen, besonders von seinen gelösten Schmutzstoffen befreit ist, und sich auch die Zahl der aëroben Bakterien in dem Maße vermindert hätte, als es ihnen an organischer Nahrung fehlt.

Es ist allerdings schwierig und unpraktisch, unter dem Mikroskop die beiden Bakterienarten auseinander halten zu wollen; man gelangt aber indirekt dadurch zu einem bestimmteren Urteil über den Reinigungsgrad des Filterwasser, wenn man immer wiederholt die Menge des Sauerstoffs maßanalytisch feststellt, die zur Oxydation der noch vorhandenen stickstoff- und kohlenstoff-haltigen Schmutzstoffe nötig ist, worauf später zurückgekommen wird.



### 3. Sauerstoffgehalt des Wassers.

Reine Sandfilter würden nur eine geringe reinigende Wirkung ausüben, wenn nicht im unbenutzten Sand an jedem seiner Körnchen eine feine Hülle von Luft haftete und auch das rohe Wasser solche enthielte. Denn jedes Wasser absorbiert je nach dem Wechsel der Temperatur, des Luftdruckes und je nach seiner Verunreinigung abweichende Mengen von Luft, Sauerstoff und andere Gase.

Bunsen fand, dass 1000 Liter ganz reines Wasser bei 0,76 m Quecksilberdruck, folgende Gasmengen in Litern absorbierten:

	bei + 4° Celsius	bei + 20° Celsius
Sauerstoff . . . . .	37	28
Atmosphärische Luft . . .	22,4	17
Kohlensäure . . . . .	1512,6	901
Sumpfgas . . . . .	49,9	34,9
Schwefelwasserstoff . . .	4044	2905,9
Ammoniak . . . . .	941900	564000

Diese Absorptionskoeffizienten ändern aber wesentlich ab wenn es sich um Gasmenge wie in unreinem Wasser handelt, wobei die nützlichen oder unschädlichen Gase vor den nachteiligen zurücktreten müssen, weil die gesamte Gasabsorption im Liter eine relativ beschränkte ist.

Es folgt hieraus, daß bei im Gang befindlichen Sandfiltern der Sauerstoffgehalt sehr bald verbraucht ist und durch zuffießendes Wasser in dem Maße nur ungenügend ergänzt wird, je unreiner es und mit verschiedenen Gasen beladen ist.

Auch ist eine künstliche Lüftung der Sandfilter durch die darauf ruhende 1 m starke Wasserschicht erschwert.

### 4. Die reinigende Wirkung der Sandfilter

beruht wesentlich auf der allmählichen Bildung einer Filterhaut aus den Sinkstoffen des rohen Wassers und auf der Zahl und Art der darin vorhandenen und sich neu entwickelnden Bakterien-Kolonieen.

Beide sind von sehr veränderlichem Bestand. Im Laufe

einer oft nur kurzen Zeit lagert das rohe Wasser auf der Oberfläche des Sandes soviel Schlamm ab, daß ihre Durchlässigkeit nothleidet und 10—15 mm Sand, oder soviel als die darunter liegenden Schichten stark beschmutzt sind, abgeschippt werden müssen, weil das Filter „tot“ gewässert ist.

Über diese Umstände berichtet Piefke von dem seit 1873 gut geleiteten Wasserwerk am Stralauer Tor-Berlin, das Spreewasser verarbeitet, eingehend.

Die gesamte Filterfläche nimmt 37067 qm Fläche ein, die in 11 Abteilungen zerfallen (Mittel 3066 qm), wovon 9000 qm frostfrei überwölbt sind.

Die tägliche Leistung war höchstens 60000, an einzelnen Tagen auch 80000 cbm.

Das Filtermaterial bestand aus:

feinem scharfen Sand	0,559 m	}	0,610 m	}	1,372 m
grobem Sand	0,051 „				
feinem Kies	0,152 „	}	0,355 „		
mittlerem Kies	0,127 „				
grobem Kies	0,076 „	}	0,407 „		
kleinen Feldsteinen	0,102 „				
großen Feldsteinen	0,305 „				

Die Spree führt im Sommer viele Algen, die zarte Häutchen bilden, so daß im Jahre 1889 die Filter nur 5 Tage das Wasser mit der geringen Geschwindigkeit von 50—60 mm durchfließen ließen, weil man es bei reinen Sandfiltern nicht wagen darf, dieselbe allzusehr zu steigern, was durch Verstärkung der Wasserschicht über 1 m möglich wäre. Im Juni kam es vor, daß der stündliche Durchfluß von 30 bis 160 mm wechselte. Im Herbst und Winter waren die Arbeitsperioden länger, obwohl das Spreewasser mehr Schlamm führte. Im Juni 1888 lieferte das Stralauer Werk täglich 50000 cbm und wurden 3400 qm Filterfläche tot gearbeitet, d. h. ziemlich so viel, als die mittlere Größe der Abteilungen beträgt.

Es mußte daher täglich etwa ein Filter gereinigt, d. h. abgeschippt werden; da das Reinigen und Ablaufen zwei volle Tage in Anspruch nimmt, so waren immer vom vorhergehenden Tage weitere 3400 qm unbenutzt. Ferner mußten den ganzen Monat hindurch 3000 qm wegen Ergänzung der Sandschichte außer

Arbeit bleiben, so daß täglich eine Fläche von 9800 qm oder 27% im Ganzen fehlten und durch Reservefilter zu ergänzen waren.

Aber auch die Reservefläche durfte nicht weniger als die Abteilungen, d. h. eine Fläche von  $9800 : 3 = 3266$  qm haben, weil auch hiervon welche in Vorbereitung waren. Im Spätsommer 1889 mußten bei relativ schwachem Betrieb zwei Filter gereinigt werden, und von den 11 Abteilungen arbeiteten regelmäßig nur 7 Filter, obwohl eine dringend nötige Auffüllung stark erschöpfter Filter unterblieb und auf später verschoben wurde.

Eine neue Filterfüllung mußte vor dem Gebrauch einen Tag absitzen, damit das Wasser ein schwaches Häutchen auf dem Sand bilden kann. Entleeren, Reinigen, Anlassen, Füllen und Vorbereiten beanspruchen mehrere Tage.

Eine frische Füllung mit Sand ist meist nicht unter einer Reihe von Wochen möglich, weil man die Arbeiterzahl nicht beliebig vermehren kann.

Wird eine Abteilung von rund 3400 qm mit einer Sandschicht von 0,610 m Dicke ausgehoben, so sind 2074 cbm Material fortzuschaffen und mindestens ebensoviel wieder einzukarren.

Dazu kommt die Notwendigkeit der maschinellen Reinigung großer Sandmassen mittelst einer sehr langsam rotierenden Trommel (3 Umdrehungen pro Minute) wozu bei zweimaligem Waschen täglich 250 cbm Wasser nötig sind.

Die Kosten des Waschens beliefen sich einschließlich des Maschinenbetriebes auf rund 1 Mk. für den Kubikmeter Sand, wozu 10 cbm unreines Spreewasser nötig waren; es konnte aber nur 1,5 cbm Sand in der Stunde gewaschen werden.

Ein Kilogramm Sand enthält im Mittel von sieben Proben vor dem Waschen 6420 Millionen entwicklungsfähiger Bakterienkeime, nachher noch 61,3 Millionen, also etwa 1 Prozent, die kein Bedenken erregten!

Die Reinigung des Sandes kostet 30—40 Pf. pro cbm, aber diese Ausgabe ist belanglos im Vergleich zu den Kosten, die das Beschaffen neuen und das Entfernen des verschmutzten Filtersandes verursacht.

Der Sand wird durch Waschen nur von dem gröbsten

Schmutz befreit; aber die Reinigung von 1 cbm des dazu benutzten Schmutzwassers selbst kostete noch 4 Pf., bevor es in die Spree abfließen durfte, was den Aufwand für Sandreinigung verteuerte, so daß die eigentlichen Kosten des Filterbetriebes um 30 Prozent stiegen und sich für 1000 cbm Filterwasser auf 3 Mk. berechneten, während andere Werke nur 1 Mk. dafür verwenden.

Ganz neue Sandfüllungen wurden nötig, wenn die gesamte Decke durch Abschuppen auf die Hälfte der ursprünglichen zurückgegangen war.

Eine bakteriologische Prüfung des Spülwassers ergab in einem Kilogramm Sand Millionen Keime:

Gebrauchszeit:	10jährig	30jährig
an der gereinigten Oberfläche . . . . .	735	1536
100 mm unter derselben . . . . .	191	1751
200 " " " . . . . .	150	1873
300 " " " . . . . .	91	795
Kies an der Grenzfläche . . . . .	88	305

Nach Frankland wurden im ganzen Jahresmittel in einem Kubikzentimeter filtrierte Themsewassers für häuslichen Gebrauch noch 146, 234, 524, 630, 475 Millionen Bakterien-Kolonien gezählt.

Wolffhügel und Koch-Berlin fanden folgende Maximalzahlen der Keime:

Stralauer Werk	Spreewasser	Filtrat
9. Juni 1885 . . . . .	7980	22
21. Juli " . . . . .	110740	1656
25. August " . . . . .	11900	26
22. September " . . . . .	9200	44
27. Oktober " . . . . .	4840	24
24. November " . . . . .	31500	167
1. Dezember " . . . . .	9000	117
26. Januar 1886 . . . . .	29000	100
2. Februar " . . . . .	20000	80
30. März " . . . . .	100000	2300

Aus alledem folgt, daß ein Ingenieur, der mit Sandfiltern arbeitet, nicht auf Rosen gebettet und es daher dringend auch im Interesse der Kommunen geboten ist, eine

anderweite rationellere Filtereinrichtung anzuwenden, deren Sandmassen nicht so häufig zu wechseln sind, deren Auswaschung und Ergänzung nicht so teuer ist, deren genaue Überwachung bei Tag und Nacht keine so peinliche zu sein braucht, und die dennoch einen Reinigungsgrad erzielt, der diejenige der reinen Sandfilter weit übertrifft.

### 5. Grundlagen für Verbesserung der Filtermethode.

Ein dahin führender Gedankengang kann einfach an die Entstehung von Quellen anknüpfen.

Das Meteorwasser nimmt aus der Luft Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure, Ammoniak und Salpetersäure, aus dem Kohlenrauch schweflige Säure und Schwefelsäure und den atmosphärischen Staub in wechselnden aber geringen Mengen auf.

Die auf den Boden treffenden Niederschläge fließen teilweise oberflächlich ab und führen die mitgerissenen Erdteilchen und Sand offenen Wasserläufen zu, während das versickerte Wasser die Quellen nährt und auf seinem unterirdischen Lauf lösliche Stoffe aus dem Boden und den Gesteinen aufnimmt.

Auch ist es nach Volger nicht ausgeschlossen, daß der die Tiefe durchdringende Wasserdampf sich tropfbar flüssig niederschlägt, wie man in Bergwerken beobachten kann, wo die oberen Erdschichten ganz trocken sind, die niederrieselnden Wasser mit der Tiefe aber stetig zunehmen.

Bei der großen Verschiedenheit der Böden und durchsunkenen Gesteine müssen die Gas- und Salzlösungen der Quellen sehr verschieden sein. Schon Plinius sagt: „tales sunt aquae, quales terrae, per quas fluunt“.

Quellen der ältesten geologischen Formationen sind ärmer an gelösten Stoffen, als die aus mittleren und jüngeren vorweltlichen Ablagerungen; ihr Sauerstoffgehalt ist gering, dagegen sind sie vielfach reicher an Kohlensäure, welche ihre auflösende Kraft verstärkt.

Der Salzgehalt aller Quellen und des Grundwassers überhaupt würde, besonders in Berührung mit faulenden Substanzen, ein weit größerer sein, wenn nicht die Absorptionskraft des Bodens für Gase und lösliche Salze der Auflösungskraft des Wassers mächtig entgegenwirkte und auch feine mineralische Teilchen zurückhielte.

### a) Die Absorptionskraft.

Gibt man auf ein Filter Garten- oder Ackererde und gießt rohes Abwasser darüber, so fließt klares, geruchloses Wasser ab, weil die Erde mechanisch das Ungelöste zurückhält und Gase und Salze so lange bindet, bis die Erde davon übersättigt ist.

Analysen so behandelter bestimmter Gas- und Salzlösungen haben ergeben, daß der Boden das Vermögen besitzt, neben Sauerstoff, Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und ihre Verbindungen auch Kali und Phosphorsäure aufzunehmen und zu binden.\*)

Diese Absorption beruht teils auf Flächenanziehung, teils auf dem chemischen Austausch von Basen und Säuren der Salze, wodurch lösliche Verbindungen in unlösliche übergehen und selbst durch große Wassergaben nicht wieder auszuwaschen sind. Dagegen werden Chlor, Salpeter- und Schwefelsäure nicht absorbiert und häufen sich im Filterwasser an.

Die absorbierende Kraft des Bodens beruht wesentlich auf seinem Gehalt an Ton und Eisen, die auch in den verschiedenen Lehmböden in wechselnder Menge vertreten sind.

Dagegen absorbieren eigentliche Sandböden in demselben Maße weniger, als ihre lehmigen Bestandteile zurücktreten; weshalb reiner Filtersand der Absorptionskraft völlig entbehrt, oder diese nur in dem Grade wirksam wird, als in der dünnen Filterhaut nach und nach feine lehmig-tonige Teile aus dem zugeleiteten Wasser abgelagert werden.

Deshalb ist die reinigende Wirkung des scharfen Filtersandes nur eine einseitige und insofern rein mechanische, als sie auf der Reibung des Schmutzwassers an den Tausenden von Sandkörnern beruht, welche das Durchfließen verlangsamen und den Absatz von Sinkstoffen befördern, in denen Bakterien sich ansiedeln und deren Vermehrung und günstige Wirkung durch häufige Erneuerung des Filtersandes immer wieder gestört wird.

---

\*) Angestellte besondere Versuche haben z. B. ergeben, daß ein Hektar Land auf 0,25 m Tiefe einer Lösung von kieselsaurem Kali 10000 Pfund Kali entziehen und ebenso 5000 Pfund phosphorsaures Bittererde-Ammoniak absorbieren und festhalten kann.

Die absorbierende Wirkung des Bodens birgt ein großartiges natürliches Laboratorium, dessen Arbeit nimmer ruht.

Liebig sagt darüber: „An der äußersten Rinde der Erde soll sich unter dem Einfluß der Sonne das organische Leben entwickeln und den Trümmern dieser Kruste ist das Vermögen verliehen, alle diejenigen Elemente, welche zur Ernährung der Pflanzen und Tiere dienen, anzuziehen und festzuhalten, wie der Magnet Eisen anzieht.“

„In dieses Gesetz ist ein zweites eingeschlossen, wodurch die pflanzentragende Erde ein ungeheurer Reinigungsapparat für Wasser wird, aus dem sie durch das nämliche Vermögen alle der Gesundheit der Menschen und Tiere schädlichen Stoffe, alle Produkte der Gärung und Fäulnis untergegangener Pflanzen- und Tiergenerationen entfernt, also einen unermesslichen Nutzen gewährt und sichert.“

Hieraus ergibt sich ungesucht, warum Quellen und manche Grundwasser, welche die Natur aus gesundem, nicht von irgend welchem Zufluß eines verseuchten Wassers oder aus dem durch offene Ritze und Spalten verschmutztem Untergrund spendet, ein relativ reines und gesundes Gebrauchs- und Trinkwasser liefern.

#### b) Bakteriologische Gesichtspunkte.

Liebig und seinen Zeitgenossen war die mit der Absorption verbundene, die Reinigung des Wassers bedeutsam fördernde Mitwirkung der Bakterien unbekannt, die erst später durch französische Forscher nachgewiesen wurde.

Vor dreißig Jahren, sagt Schlösing-Paris hat man noch geglaubt, daß alles Absterben organischer Stoffe, die dabei vorgehende Bildung von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak einfach chemische Erscheinungen seien. Heute weiß man, daß sie biologische, also Produkte eines Lebensprozesses sind, und in Wechselbeziehung mit der Entwicklung und dem Bestehen verschiedener Mikroben — Bakterien — stehen. Die Erde wimmelt von diesen Wesen, das kleinste Stäubchen\*) ist damit

\*) Anm: Schlösing spricht die pflanzentragende Erde als „Staub“ an, weil viele Reste der verwitterten Gesteine so klein sind, daß ein Fingerhut davon Milliarden enthält und nach amerikanischen Forschern geeignet

in Berührung. Die einen übertragen das Sauerstoffgas auf die organische Materie und verbrennen sie, oxydieren aber den Stickstoff nicht, er bleibt Ammoniak; andere übernehmen es dagegen, das Ammoniak in Salpetersäure umzuwandeln, insofern einzelne höchstens salpetrige Säure, andre Mikroben aber hieraus Salpetersäure erzeugen, ohne daß sie Ammoniak bilden können. Also auch hier kommt das wirtschaftliche Gesetz einer Teilung der Arbeit zur Geltung.

„Überraschend ist die lange Fastenzeit, welche Mikroben tragen können. So klein dieselben auch sind, sie finden in der Erde Stäubchen noch kleiner als sie selbst und dies erklärt die Tatsache, daß die Salpeterbildung in feinen Bodenarten, wie den stark tonhaltigen gehemmt, dagegen sehr entwickelt in Böden von mehr trockener Zusammensetzung sind. Es erklärt sich dies daraus, daß die von Mikroben bedingten Wirkungen mit ihrer Vermehrung in Beziehung stehen, ganz wie Most bei der Hefenbildung und Sprossung. Ebenso beruht die Umsetzung des Ammoniaks in salpetrige und Salpetersäure auf der beiderseitigen Mitwirkung der betreffenden Mikroben.

„Betrachtet man unter dem Mikroskop eine Salpetermikrobe von  $\frac{1}{1000}$  mm Durchmesser, so findet man sie eingeschlossen zwischen mineralischen Staubteilchen von derselben und selbst minderer Größe, und noch feiner sind die Zwischenräume der einzelnen Stäubchen. In diesen beengten Räumen allein können diese Mikroben ihre Nachkommen nicht beherbergen, die hinter der Entwicklung der elterlichen Mikroben zurückbleiben müssen; werden sie aber in eine Erde von größeren Elementen versetzt, in deren Höhlungen und Galerien sich die Familie ausbreiten kann, und volle Nahrung findet (wie dies in künstlichen Filtern zu ermöglichen ist), dann wächst ihre Zahl zu größeren Dimensionen.“ Soweit Schlösing.

Es ist hier näher auf das Verhalten der Bakterien zum

---

sind, Weizen zu tragen, wenn in einem Kubikzentimeter dieser Stäubchen 10 Milliarden enthalten sind; bei 5 Milliarden sei der Boden zu leicht für Weizen. — Diese Feinheit des Staubes, dem Augenschein nach in vielen Böden durch den Einfluß humoser Teilchen und Knöllchen — wie durch Schollenbildung aufgehoben, spielt auch bei der Absorptionskraft des Bodens eine wichtige Rolle und ist die mitunter im filtrierten Wasser auftretende bläuliche Färbung auf jene feinsten darin schwebenden Tonteilchen zurückzuführen.



Boden eingegangen, um zu zeigen, daß dabei auch seine Absorptionskraft insofern mitwirkt, weil seine oberen lockeren Schichten zuerst in Wirkung treten und Lösliches nur sehr langsam in die festere Tiefe gelangen lassen.

Die Mikroben aber leben ebenfalls und vermehren sich besonders in den oberen Schichten, weil sie hier eine reichliche Nahrung in den vom Boden absorbierten Stoffen finden und besonders die aëroben den Vorteil eines steten Luftwechsels genießen, weshalb tiefer als einen Meter unter der Oberfläche des natürlichen Bodens ihre Zahl eine sehr geringe wird.

Hieraus folgt, daß es unrichtig und unpraktisch ist, die Filterschichten über einen Meter stark zu machen, weil dadurch nur unnötige Kosten entstehen und die Reinigung nicht der Mächtigkeit entsprechend gefördert wird.

Man kennt bereits 40—50 Arten Boden-Bakterien. Sie gedeihen nur in Schichten von alkalischer oder neutraler Reaktion; nur wenige können in saurem Boden ausdauern — bei Temperaturen über höchstens 45° C. wird der Boden steril.

Unter anderen gibt es auch Eisenbakterien die aus Eisenoxydulsalzen Eisenoxydhydrat ausscheiden und bei der Bildung von Raseneisenstein, Sumpferz und Ortstein mitwirken, also auch die Enteisung des Gebrauchswassers mitbedingen; — ferner Schwefelbakterien, die Schwefelverbindungen zersetzen und Schwefelsäure bilden.

Aus alledem folgt, daß der Boden und geeignetes Filtermaterial nicht tote Massen sind, sondern sich darin unter der Mithilfe kleinster Lebewesen verwickelte biologische Prozesse abspielen, die für die Wassereinigung von der größten Bedeutung sind.

### c) Die Wirkung der Porosität.

Aus dem Vorigen folgt, daß wenn die Absorptionserscheinungen mit auf Flächenanziehung beruhen, solche Körper, die in kleinem Raume zahlreiche Poren besitzen, die größte Anziehungskraft entwickeln und sich ganz besonders als Filtermaterial eignen müssen.

Die eigentliche Substanz scharfer Sandkörnchen ist aber selten und dann nur wenig porös; wenn man dennoch das Porenvolumen des Sandes bestimmt, so bezieht sich dies nur auf die Zwischen-

räume der Sandkörnchen, die je nach ihrer Größe stark, von 25—45 Prozent, wechseln können.

Unzweifelhaft wirkt die Oberfläche der Sandkörnchen mechanisch anziehend auf Gase und Schmutzteilchen, die sie fein umhüllen; aber ihre Wirkung würde eine weit größere sein, wenn sie selbst eigentliche Poren besäßen.

Deshalb bietet der Sand kein untadelhaftes Substrat für Wassereinigung und muß daher im Filter mit einem anderen poröseren Material verbunden werden, um die Absorptionskraft der Filterschichten und ihre andauernde Wirkung zu erhöhen.

Dazu eignen sich ganz besonders die Kohlen und die stark porösen Koks, was zwar längst bekannt ist, aber bei der Filtration im Großen bis dahin nicht ausgenutzt wurde.

Kohle verhält sich ähnlich wie der Boden; sie nimmt große Mengen Gase, Salze und Farbstoffe auf, obwohl sie sich nicht, wie der Boden mit ihrer Substanz an den chemischen Vorgängen der Absorptionskraft beteiligt.

Liebig sagt: „Seitdem man weiß, daß die meisten Gase durch Druck oder Kälte flüssig werden, ist die merkwürdige Kraft der porösen Kohle, ihr 10—20 faches Volumen an Gasen, ja von manchen, wie Ammoniakgas und Salzsäuregas sogar ihr 70—90 faches Volumen aufzusaugen und zu verdichten, kein Rätsel mehr. Diese Gase befinden sich in den Poren der Kohle in einem mehrere hundertmal kleineren Raum eingeschlossen und es ist nicht zu bezweifeln, sie sind zum Teil flüssig und fest geworden.

„Wie in tausend anderen Fällen ersetzt hier die chemische Anziehung die mechanischen Kräfte; der Begriff von Adhäsion erhält eine größere Ausdehnung. Bisher war damit eine Zustandsänderung nicht vereinbar, jetzt ist das Anhaften eines Gases an der Oberfläche eines festen Körpers der Gegensatz der Auflösung.

„Das kleinste Teilchen eines Gases, z. B. der Luft, kann durch mechanischen Druck in einen mehrere hundertmal kleineren Raum zusammengedrückt werden; kommt nun dazu eine wenn auch nur schwache chemische Wirkung, so können die Gase ihren luftförmigen Zustand nicht behaupten.

„Die Verdichtung der Luftteilchen auf einen Quadratzoll

Fläche ist freilich kaum bemerkbar; wenn wir aber einen Kubikzoll eines porösen Körpers, dessen Porenfläche einige hundert Quadratfuß beträgt, in ein verhältnismäßig kleines Volumen Gas bringen, so sieht man, daß alle Gase ohne Unterschied an Volumen abnehmen: sie werden, wie man sagt, absorbiert.

„Die Poren eines Kubikzoll Buchsbaumkohle haben aber im geringsten Falle eine Oberfläche von 100 Quadratfuß.

„Die Eigenschaft der Kohle, Gase zu absorbieren, nimmt bei den verschiedenen Kohlenarten mit der Anzahl ihrer Poren in einem begrenzten Raume zu, d. h. die mit großen Poren absorbieren weit weniger als Kohlen mit kleinen Poren. So sind denn auch alle porösen Materien — Gebirgs- und Steinarten, Ackerkrume, wahre Luft- und damit Sauerstoffsauger.

„Der physikalische Charakter der Gase liegt bekanntlich in dem Bestreben ihrer kleinsten Teilchen, sich abzustoßen oder voneinander zu entfernen, also den Raum, in den man sie bringt, nach allen Richtungen zu erfüllen; da nun die chemische Aktion erst dann eintritt, wenn die materiellen Teilchen, von denen sie ausgeht, sich in einer gewissen Nähe befinden, so ist leicht einzusehen, daß die Elastizität der Gase ein Haupthindernis für die Äußerung ihrer chemischen Verwandtschaft ist: die Eigenschaft der Gasteilchen sich abzustoßen, ist ja der gerade Gegensatz von dem, was man Anziehung nennt.

„Deshalb zeigen die in porösen Körpern verdichteten Gase eine sehr gesteigerte chemische Tätigkeit: Verbindungen, welche der Sauerstoff in gewöhnlichem Zustande nicht einzugehen, Zersetzungen, die er nicht zu bewirken vermochte; sie gehen z. B. in den Poren des Platinschwammes, welche verdichteten Sauerstoff enthalten, mit der größten Leichtigkeit vor sich; denn läßt man Wasserstoffgas auf Platinschwamm strömen, so wird das Platin rotglühend und das Wasserstoffgas entflammt sich in den Poren: Wasser und Wärme werden frei.“

#### d) Oxydationsprozesse.

Aus diesen Betrachtungen und Tatsachen folgt, daß die überaus porösen Koks (mit wenig Schwefelgehalt) vorzüglich ge-

eignet sind, den Sauerstoff der Luft zu verdichten, chemische Zersetzungen und Oxydationen in verstärktem Maße einzuleiten und bei der Reinigung des Wassers eine weit mächtigere und günstigere Wirkung auszuüben, als reine Sandfilter irgendwie zu entwickeln vermögen.

Es ist oben gezeigt, daß neben reichlicher Nahrungszufuhr, wie sie rohes Wasser, wenn auch in wechselnden Mengen verbürgt, nützliche aërobe Bakterien, deren mächtige Mitwirkung für eine gedeihliche Reinigung unerläßlich ist, einer steten Zufuhr von Luft und ihres Sauerstoffs in reichlichem Maße bedürfen, und daß nur in diesem Falle ihre Vermehrung und zersetzende Kraft in voller Stärke so lange gesichert ist, bis die Nahrung der Bakterien durch sie selbst erschöpft und die Reinigung des Wassers bewirkt ist, worauf sie allmählich absterben, oder nur mehr in geringer Zahl nachzuweisen sind.

Es ist daher ein Irrtum, die Wirkung des Sauerstoffs und der Oxydationsprozesse unterschätzen zu wollen, obwohl selbst der Laie solche z. B. bei der Enteisung des Wassers in der freien Natur mit bloßem Auge an der irisierenden Oberfläche des Sumpfwassers an dem Übergang der grünlich schimmernden Färbung des Eisenoxyduls ins bläuliche und schließlich in das Orangenfarbige des Eisenoxydhydrats verfolgen kann, das im Wasser unlöslich ausgefällt wird.

Wie wichtig aber die Entfernung überflüssigen Eisengehaltes für Gebrauchs- und Trinkwasser ist, bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Wenn Anhänger der reinen Sandfiltration die Randglosse: „Nicht Absorption, nicht Oxydation, sondern Konsumtion“ (womit auf die Ernährung der Bakterien hingewiesen wird) nur die letztere als den maßgebenden Faktor der Sandfiltration ansehen wollen, so darf dies doch für eine rationelle Reinigung des Wassers niemals allein als maßgebend erachtet und hervorgehoben werden. Denn nur durch eine vollgültig vereinigte Wirkung der Absorption, Oxydation und des Verzehens der schädlichen organischen Stoffe durch nützliche Bakterien kann eine natürliche und ausgiebige Filtration erreicht und gesichert werden.

e) Eine ausgiebige Lüftung

ist, wie bereits erwähnt, bei wagerechten reinen Sandfiltern nicht ausreichend zu ermöglichen, weil die darauf lastende Wasserschichte von etwa einem Meter die Zufuhr von Sauerstoff sehr erschwert und diese nur von unten in abgemindertem Maße insoweit erfolgen kann, als schwache Luftteilchen dem absinkenden Wasser entgegen in das Filtermaterial durchdringen können. In einem richtig gefüllten Sandfilter werden auch die darauf lastenden Wasserschichten annähernd geschlossen das Füllmaterial durchsinken, mithin dem Eindringen der Luft von unten merkbar entgegen wirken.

Alle diese Mißstände können nur dadurch behoben werden, daß erstens von der wagerechten Lagerung des Filtermaterials abgesehen und diese durch eine senkrechte ersetzt wird, wodurch zugleich die überbaute Fläche gegenüber ausgedehnten Sandflächen auf ein Minimum beschränkt wird.

Eine zweite Bedingung für gedeihliche Lüftung der Filter ist, daß die Zuführung des Wassers nicht geschlossen von oben nach unten, sondern in feiner Verteilung von der Seite erfolgt und die Wasserfäden das Filtermaterial mehr oder minder wagerecht und diagonal durchsinken, wenn dessen Schichten senkrecht aufgestellt sind.

Eine dritte sehr wichtige Verbesserung künstlicher Filter kann nur durch Kombination des Sandes mit einer Koks-schichte erreicht werden, die aber bei wagerechter Lage der Sandfüllmasse nicht anzubringen ist, auch bei der großen zu bedeckenden Fläche sehr teuer werden würde.

Nur ein Filterapparat, der jene drei Bedingungen in der angedeuteten Weise erfüllt, beruht auf naturgesetzlichen und technisch richtigen Grundlagen.

Es ist noch der wichtigen Frage zu gedenken, ob und inwieweit die erforderliche Sicherheit besteht, daß pathogene Keime, wie Typhus-, Milzbrand- und Cholerabazillen durch reine Sand- und andere verbesserte Filter unschädlich gemacht werden könnten.

Piefke und Fränkel haben diese Frage in zwei Versuchsfiltern von 2,1 m Höhe und 0,75 m Durchmesser, deren Sand-schicht 0,60 m stark war, experimentell bei einer stündlichen

Geschwindigkeit von 0,80 m und einer Wassermenge von 2880 l pro Tag untersucht. Das rohe Wasser wurde, nachdem das Filter eingearbeitet war, mit mehr als 10000 Keimen von Typhus- und Cholerabakterien versetzt.

Sie fanden, daß Sandfilter weder keimdicht arbeiten, noch jene infektiösen Bakterien sicher zurückhielten, obwohl deren Zahl sehr reduziert wurde. Da aber von dem Filtrat nur je ein Kubikzentimeter, also ein unbedeutender Bruchteil des Filtrats bakteriologisch untersucht wurde, und selbst einige wenige dieser Prüfung entgangenen pathogenen Keime durch ihre Vermehrung im Filtrat ausgedehnte Epidemien veranlassen können, so ist ihre gänzliche Vertilgung durch reinen Sand eine illusorische.

Professor Fischer-Göttingen kommt daher, im Gegensatz zu tonangebenden Fächmännern, zu dem Ausspruch:

„Es gibt überhaupt keine keimdichten Filter!“ — was näher zu untersuchen ist. Im vorigen wurde bereits nachgewiesen, daß es gar nicht nötig ist, daß das Filtrat völlig keimfrei sei, sobald es nur und allein nützliche aërobe Bakterien in stark verminderter Zahl enthält: dagegen müssen allerdings alle pathogenen Keime in einem rationell arbeitenden Filter unbedingt zerstört und unschädlich gemacht werden.

Für den Verfasser unterliegt es keinem Zweifel, daß diese Bedingung durch das neue Filter erfüllt wird, wenn auch bisher kein direkter Beweis für diese Überzeugung erbracht wurde und nur ein direkter Versuch einwandfrei darüber entscheiden kann.

In dieser Hinsicht sind aber die Untersuchungen des Professors Emmerich-München „über Beurteilung des Wassers vom bakteriologischen Standpunkt“ (Berlin 1904. J. Springer) von durchschlagender Beweiskraft und zeigen, daß eine übertriebene Bakterienfurcht in der Natur der Dinge weit weniger begründet ist, als man gemeinhin glaubt. — Denn Emmerich fand, daß in jedem Wasser sogen. Flagellaten und Infusorien vorkommen, und sich fortwährend vermehren, welche pathogene Bakterien, u. a. Typhus- und Cholerakeime in unerwartet großem Maße vernichten. Er fand, daß 1 ccm Wasser aus dem Brunnen des hygienischen Instituts in München in 24 Stunden über 21 Millionen Typhusbazillen abtötete, daß dies durch Flagellaten ge-

schehe, in welchen die verzehrten Typhuskeime noch zu erkennen waren und er kommt daher zu dem Schluß, daß je unreiner im allgemeinen ein Brunnen sei, d. h. je mehr er Protozoen enthält, um so mehr Typhusbazillen in ihm vernichtet würden. — Wenn dennoch mitunter Typhusepidemien auftreten, die, ob mit Recht oder Unrecht, auf den Genuß von verunreinigtem Wasser zurückgeführt würden, so gibt Emmerich zu, daß vereinzelt Typhusbazillen in suspendierte Schmutzstoffe eingeschlossen sich erhalten, vermehren und schädlich werden können.

Das ist aber im neuen Filter nicht zu befürchten, weil darin wie unten gezeigt, das rohe Wasser gründlich von Sinkstoffen vorgereinigt wird und selbst wenn trotzdem zufällig noch einzelne Typhuskeime in die Koksschichte gelangen sollten, so entgehen sie hier sicher einer gründlichen Vernichtung durch die darin massenhaft vorhandenen nützlichen Bakterien nicht.

Diese bilden eine natürliche Sicherheitspolizei innerhalb der Koksschichte, die sich in reinen Sandfiltern niemals in gleichem Maße entwickeln kann, weil ein gedeihlicher Luftzutritt fehlt, ihr Sauerstoffvorrat ein sehr geringer ist, und der Sand allein kein günstiges Medium für den Aufenthalt und die Vermehrung nützlicher Bakterien-Kolonien abgibt.

Aus allen diesen Gründen bietet daher das neue System weit sicherere Garantien gegen das Bestehenbleiben pathogener Keime und ihre hygienischen Schäden, selbst wenn dies auch von wagerechten Sandfiltern nicht behauptet werden darf.

#### f) Eine Vorreinigung des rohen Wassers

im Filter selbst fehlt bei wagerechten Sandflächen und ist auch bei diesen nicht zu ermöglichen, — ein Mißstand, der durch periodisch auftretendes trübes rohes Wasser eine rasche verstärkte Verschlemmung des Filtermaterials bewirkt und eine peinliche immer wiederholte Reinigung der Sandflächen durch Abschuppen nötig macht, die Filterhaut und damit die nützliche Arbeit der Bakterien zerstört und Zeit und Kosten vergeuden läßt.

Will man dem einigermaßen begegnen, so bleibt nur übrig,

vom eigentlichen Filter getrennte Becken vorzulegen und so das Wasser durch *A b s e t z e n l a s s e n* seiner gröberen Sinkstoffe vorzureinigen. Wo dasselbe ohnehin auf das Filter gepumpt werden muß, wird dann ein zweites Aufpumpen aus dem Becken nötig. Dies und das periodische Reinigen, besonders von tiefen Becken vermehrt die Kosten und erschwert den Betrieb.

Deshalb sind gegebenenfalls *f l a c h e r e* Becken besonderer Konstruktion vorzuziehen.

Eine gröbere Vorreinigung rohen Wassers ist auch für das neue Filter immerhin nützlich und nötig, wenn sie einfach und der feineren Reinigung gedeihlich vorarbeitend eingerichtet ist.

Ist das Wasser, wie z. B. in Seen, Teichen und Talsperren bereits natürlich abgeklärt, so kann es unmittelbar *o h n e V o r b e c k e n* das neue Filter speisen.

#### g) *K o n t r o l l e* d e s *R e i n h e i t s g r a d e s*.

Zu dem Ende ist bei der Leitung der Sandfilter eine *b a k t e r i o l o g i s c h e* Prüfung vorgesehen, um daraus die relative Reinheit und die etwaige Nötigung einer Erneuerung der Schichten zu erkennen, wogegen an und für sich nichts zu erinnern ist, obwohl dies den Kern der Sache nicht erschöpft, weil aus der *Z a h l* der entwickelungsfähigen Keime kein bestimmter Schluß auf die *A r t* derselben abzuleiten ist und diese zu erkennen, zu einem begründeten Urteil notwendig wäre, was aber praktisch nicht durchgeführt werden kann. Höchstens darf aus der vermehrten Zahl von Bakterien im Filtrat nachträglich nur geschlossen werden, daß etwas nicht in Ordnung und ein Abkratzen der Filterhaut, bezw. ein Ersatz des Sandes notwendig geworden ist. Unterdessen ist aber minder gutes Wasser bereits in Gebrauch gekommen, was rechtzeitig *v o r* der bakteriologischen Prüfung nicht erkannt werden konnte.

Auf diese einige Tage erfordernde Kontrollmethode ist daher kein besonderes praktisches und wissenschaftliches Gewicht zu legen.

Inwieweit die Zahl entwickelungsfähiger Keime tatsächlich in einem Kubikzentimeter des Spree- und über Sand filtrierten Wassers wechselt, haben *W o l f f h ü g e l* und *K o c h* in den Jahren 1885 und 1886 festgestellt:



Tag der Untersuchung	Spreewasser		Tag der Untersuchung	Spreewasser	
	roh	filtriert		roh	filtriert
1885	M a x i m u m		1885	M i n i m u m	
Juni . . . 9.	7 980	22	Juni . . . 30.	4 400	53
Juli . . . 21.	110 740	1 656	Juli . . . 28.	3 500	28
August . . . 25.	11 900	26	August . . . 25.	11 900	26
September . . . 8.	960	1 000	September . . . 29.	1 120	30
Oktober . . . 27.	4 840	24	Oktober . . . 24.	4 840	24
November . . . 24.	31 500	167	November . . . 10.	2 520	42
Dezember . . . 8.	2 700	220	Dezember . . . 29.	4 000	20
1886			1886		
Januar . . . 26.	29 000	100	Januar . . . 12.	1 400	40
Februar . . . 2.	20 000	80	Februar . . . 9.	5 900	7
März . . . 30.	100 000	2 300	März . . . 2.	1 010	8

Die ermittelten Zahlen deuten auf große Widersprüche, was keines weiteren Kommentars bedarf, da sie in kurzen Fristen außerordentlich wechseln und deutlich dartun, wie ungleich, trotz eifrigster Mühewaltung des Betriebsbeamten, die Filter gearbeitet haben.

Das Reichsgesundheitsamt hat nach Verhandlung mit der Verwaltung der Berliner Wasserwerke zugegeben, daß 100 Bakterienkeime im Kubikzentimeter als zulässig erachtet würden. In diesem werden aber sehr leicht schädliche Keime, trotz eifrigster Forschung, übersehen, die sich nachträglich vermehren und schädigend wirken können. Trotz der großen Mühen, welche die bakteriologische Forschung fortlaufend verursacht, bietet sie also durchaus nicht die Sicherheit, die man davon erwartet.

Letztere kann vielmehr nur und allein in einer wissenschaftlich rationellen Filter-Konstruktion als solche gesucht und gefunden werden, sobald dieselbe eine richtig bemessene Arbeit auf die Dauer verbürgt und diese leicht und in kurzer Frist kontrolliert werden kann.

Denn eine weit bessere und richtigere Feststellung des Reinheitsgrades gewinnt man aus dem Maß der Oxydierbarkeit der im rohen und gereinigten Wasser gelösten organischen Substanz mit Kaliumpermanganat. Diese Bestimmungen werden zwar auch in Berlin gemacht; es liegen aber leider von den Berliner Wasserwerken keine derartigen geschlossenen Untersuchungen vor. Es ist nur bekannt, daß 10—16 mg Kaliumpermanganat

für ein Liter filtrierten Wassers nötig waren, was anscheinend 30—48 Prozent (Faktor 3) Organischem entspricht; es fehlt aber der Vergleich mit rohem Wasser.

Versuchsweise wurde von Piefke bestimmt, daß die Dicke der Sandschichten keinen bedeutsamen Einfluß auf den Reinheitsgrad ausgeübt hat. Derselbe hat dabei auch untersucht, wie sich die Oxydationskraft eines steril gemachten Filters gegenüber einem reifen verhält und gefunden, das auf 1 Liter die folgenden Milligramme Kaliumpermanganat verbraucht wurden:

Das untersuchte Wasser war

geschöpft am	22/12	23/12	28/12	5/1	15/1
1. aus der Spree (unfiltriert)	23,0	22,6	22,9	21,3	26,3
2. aus einem sterilen Filter	24,0	22,8	22,0	18,9	23,2
3. „ „ reifen „	19,0	19,4	19,0	17,5	20,1

Da die Leistung des reifen Filters durchweg größer, als die eines durch Zerstörung der Bakterien steril gemachten Filters ist, so würde daraus folgen, daß ihre Reinigungskraft völlig versagt habe, was unbegründet ist, weil das rohe Wasser ständig neue Bakterienkeime einem steril gemachten Filter wieder zuführt.

Auch zeigt der Versuch, daß die durch Permanganat bestimmte Oxydationskraft der Sandfilter eine zu geringe ist, während im folgenden gezeigt wird, daß die Kombination von Koks und Sand im Mittel 50 Prozent der organischen löslichen Substanzen durch Oxydation monatelang andauernd zerstört und unschädlich zu machen gestattet, während reine Sandfilter nur 10—15—20 Prozent Organisches zu zerstören vermögen.

## 6. Die Prüfung des Wassers

auf seinen Reinheitsgrad mit Kaliumpermanganat auf maßanalytischem Wege empfiehlt sich durch leichte und rasche Durchführung, die selbst ein darin unterrichteter Laie genau genug und zweckmäßig in kurzen Zwischenräumen auszuführen vermag, um über die qualitative Leistung eines Filters stets auf dem Laufenden zu bleiben.

Diese Analyse ermittelt, wie viel organische Substanz im rohen und gereinigten Wasser der Oxydation

unterlegen ist und läßt eine direkte prozentuale Berechnung dieser vernichteten und unschädlich gemachten nachteiligen Substanz und damit eine Kontrolle der zulässigen Dauer einer und derselben Füllung zu.

Allerdings sind neben dem Organischen auch mitunter Eisenoxydulsalze, Nitrite, Sulfite und Schwefelwasserstoff im rohen Wasser vorhanden, die bei der Analyse gleichzeitig der Oxydation unterliegen; allein ihre Menge ist meist so gering, daß sie die analytische Prüfung des filtrierten Wassers nicht zu trüben vermögen, weil sie bereits bei der Vorreinigung zerstört werden und im filtrierten Wasser nicht mehr bestehen bleiben können.

Wird das zu untersuchende mit Schwefelsäure  $3(\text{H}_2\text{SO}_4)$  angesäuerte Wasser mit titrierten Lösungen von Kaliumpermanganat ( $2\text{KMnO}_4$ ) und von Oxalsäure ( $5\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ ) vermischt, so zerfällt ersteres in Mangan und Kalisulfat, Kohlensäure und Wasser nach der Formel  $2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{O}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$  unter Abgabe von Sauerstoff, welcher das Organische oxydiert.

Man kann daher aus dem Verbrauch einer bekannten Lösung von Kaliumpermanganat und deren Gehalt an Sauerstoff — da 3,95375 g Kaliumpermanganat 1 g Sauerstoff abgeben — auf die Menge der gelösten oxydierbaren Substanz im rohen und filtrierten Wasser schließen und darnach die qualitative Leistung der Filter viel genauer, als durch bakteriologische Untersuchung verfolgen und beurteilen.

Man darf dabei nicht übersehen, daß der Sauerstoffverbrauch, der eine Art Verbrennung des Organischen bedeutet, größere Schwankungen zeigen kann, weil die Verunreinigung öffentlicher Gewässer, je nach ihren wechselnden Wasserständen in trockenen und nassen, in warmen und kalten Jahreszeiten und infolge periodisch einfließender Fabrikwasser etc. oft in kurzen Fristen und bei Gewittern einem starken beständigen Wechsel unterliegt, was diese Analyse des Filterwassers deutlich erkennen läßt.

Auch die zeitweise Prüfung von Tiefbrunnen- und Pumpenwasser mit Kaliumpermanganat ist hygienisch sehr belehrend.

Zahlreiche derartige Proben hat Professor König-Münster ausgeführt und Oxydierbares im Liter gefunden:

in 9 Proben	20—47	mg, Mittel	32,2 mg
„ 17 „	50,6—88,5	„ „	85,1 „

in 16 Proben 102,7—194,3 mg, Mittel 142,5 mg  
 „ 6 „ 230,7—278,1 „ „ 236,6 „  
 und in zwei Proben sogar 355,5 und 478,7 mg Organisches.

Es ist daher nicht zu verwundern, daß der Gebrauch und Genuß solcher unreinen Wasser Krankheiten und Seuchen veranlassen kann; denn bestes Trinkwasser sollte nur 3,8 bis 4 Milligramm Kaliumpermanganat und noch brauchbares 5—6 mg reduzieren.

Der zweite Abschnitt der Schrift bringt deshalb eine populäre Anleitung zur Prüfung des Wassers auf organische Substanzen mit Kaliumpermanganat, um diese nützliche Kenntnis und Anwendung weiteren Kreisen zur Förderung der Hygiene zugänglich zu machen.

König fand u. a. in einem in Sand 14 m vom Abort gefaßten Röhrenbrunnen schwachtrübes geschmackloses Wasser (I), in einem in Lehm abgeteuften Pumpbrunnen trübes Wasser (II) und in einem in Sand gegrabenen Ziehbrunnen (III) mittelst Kaliumpermanganat\*) folgende Bestandteile in Milligramm:

	I	II	III
Abdampfrückstand . . . . .	94,4	252,0	662,0
Organisches . . . . .	23,7	131,1	72,1
Kalk . . . . .	17,0	45,0	83,5
Magnesia . . . . .	4,3	9,3	31,0
Kali . . . . .	9,7	7,2	25,1
Natron . . . . .	15,2	14,9	49,4
Chlor . . . . .	21,3	21,3	78,1
Salpetersäure . . . . .	3,0	38,0	101,8
Schwefelsäure . . . . .	17,0	31,2	62,1
Kieselsäure und Silikate . . . . .	6,0	14,0	23,0
Salpetrige Säure . . . . .	—	—	—
Ammoniak . . . . .	—	—	—

Es folgt aus diesen Zahlen und besonders für II und III, wie nötig eine künstliche Filtration solcher Brunnenwasser wäre, was noch ersichtlicher wird, wenn man jene Analysen mit solchen der folgenden besten Quellwasser vergleicht.

\*) Anm.: Berechnet durch Multiplikation mit 15,8 für jedes verbrauchte Kubikzentimeter Kaliumpermanganat.

Im Liter Milligramm.

Frankfurt: Quellwasser			Wiener Hochquellen		Wiesbadener Stollenwasser aus Taunusgestein
	aus Basalt (Vogelsberg)	Sandstein (Spessart)			
Chlornatrium . . .	3,1	3,7	Kieselsäure . . .	2,9	—
Schwefelsaures Calcium . . .	4,3	2,0	Kalk . . . . .	74,8	7,0
Kohlensaures Natrium . . .	7,8	2,3	Magnesia . . . .	11,4	5,0
Kohlensaures Calcium . . .	31,0	1,5	Kali . . . . .	Spur	1,5
Kohlensaures Magnesium . . .	—	0,1	Natron . . . . .	6,5	4,9
Kieselsäure . . .	27,8	0,7	Schwefelsäure . .	13,5	1,0
Mineralisches . . .	105,5	—	Chlor . . . . .	1,3	4,0
Halbgebundene und freie Kohlensäure . . .	55,7	3,5	Gebundene und freie Kohlen- säure . . . . .	138,8	—
Organisches . . .	—	Salpeter- säure, Eisen, Ton- erde und Organisches	Organische Sub- stanz . . . . .	12,3	3,0
			Salpetersäure . .	—	1,0
			Gesamtrückstand	—	42,0

7. Die Beurteilung des Wassers.\*)

Aus vorstehenden Analysen folgt, wie verschieden Gebrauchs- und Trinkwasser sein kann und wie viel mehr dies von Oberflächenwasser gelten muß.

Eigentlich nachteilig sind neben den gelösten organischen Stoffen: Ammoniak, salpetrige und Salpetersäure und Chlor, deren Grenzwerte, wo ihre Nachteile aufhören, von verschiedenen Forschern abweichend angegeben werden.

Nach Pettenkofer darf ein Liter Trinkwasser höchstens 50 mg oxydierbares Organische (entsprechend 10 mg Kaliumpermanganat, mit Faktor 5) enthalten; nach Kübel nur 30—40 mg. Reichardt will bei Leitungswasser den Verbrauch von höchstens 2—4 mg  $2\text{KMnO}_4$  im Liter gestatten, was offenbar zu weit geht; er verwirft solches, das 6—10 mg für die Reduktion des Organischen verbraucht.

\*) Anm.: Vergl. Dr. F. Fischer, chemische Technologie des Wassers. Braunschweig 1878. Vieweg & Sohn.

Derselbe: Das Wasser und seine Verwendung, Reinigung und Beurteilung. Berlin 1902. J. Springer.

Spuren von Ammoniak und salpetriger Säure im Trinkwasser stammen von Fäulnisstoffen in unreinem Boden, die zwar schnell zu Salpetersäure oxydiert werden, aber das Genußwasser tadelnswert machen.

Salpetersäure ist, wenn nicht im Übermaß vorhanden, minder nachteilig; über die zulässige Menge im Trinkwasser gehen indes die Ansichten sehr auseinander und schwanken als zulässig von 4,10 und 27 mg im Liter, weil auch Regenwasser, das für den Gebrauch vielfach gesammelt wird, noch mehr von jener Säure enthalte. Ein noch bekömmlicher Wert dürfte 20 mg sein.

Ein stärkeres Vorkommen von Chlor rührt häufig von Kochsalz her und gelangt durch menschliche Exkrete ins Wasser, da Chlor von dem Boden nicht absorbiert wird (S. 10). Ein stärkerer Chlorgehalt macht daher Trinkwasser verdächtig, obwohl manche Quellwasser, besonders in der Nähe von Salinen, von 15—35 mg Chlor im Liter enthalten.

Schwefelsäure kommt in sehr schwankenden Mengen, selbst in noch gutem Wasser vor, sollte aber 80 mg im Liter nicht übersteigen, weil sie im Trinkwasser an Kalium, Natrium und Magnesium gebunden, als Medizin wirken kann.

Kalk und Magnesiumsalze, gebunden an Kohlensäure, werden durch überschüssige Kohlensäure als Bikarbonate leicht gelöst und kommen im Genußwasser in sehr wechselnden Mengen vor. Ihre Gegenwart bedingt die relative Weichheit bzw. Härte des Wassers, die in Graden bestimmt wird.

Am weichsten ist das Regenwasser mit einer Härte unter 1° und wirkt es deshalb beim Genuß nicht erfrischend. Harte Wasser sollten 20—25° nicht übersteigen, weil sie beim Kochen und Waschen Schwierigkeiten und Seifenverluste bewirken.

Härtegrade von 10—12° machen Trinkwasser schmackhaft und sind für manche Gewerbe erwünscht.

Die Bestimmung der Härtegrade behandelt deshalb der zweite Abschnitt.

An Chlor gebundenes Calcium und Magnesium sind in ausgesprochenen Mengen, und besonders das letztere für menschlichen Gebrauch und in manchen Gewerben nachteilig, auch durch einfache Filtration schwierig oder gar nicht zu entfernen.

# Erster Abschnitt.

## Praktischer Teil.

### Erstes Kapitel.

#### I. Die neue Filterkonstruktion

ist aus der Patentschrift ersichtlich. Dieselbe hat für Deutschland folgenden Wortlaut:

Vorrichtung zur chemischen, mechanischen und biologischen Reinigung von Wasser.\*)

Die zur Reinigung großer Wassermengen bestimmte Vorrichtung ist in der umstehenden Zeichnung dargestellt und in folgender Weise aufgebaut:

Der äussere, wasserdichte Zylindermantel *B* von etwa 3,60 m lichter Weite und 4,0 bis 5,0 m Höhe aus Backsteinmauerung oder Stampfbeton auf wasserdichtem Fundament umgibt mehrere eiserne, verzinkte, fein geschlitzte Röhren *F*, die in ausgesparten Nischen desselben angeordnet sind und eine größere Anzahl aufrecht- und übereinanderstehender Drainröhren *G* aus Ton und dergleichen umschließen, welche das rohe Wasser vorreinigen und durch etwa 0,7 mm offene Schlitze in der metallischen Umhüllung fein verteilt in das eigentliche Filtermaterial gelangen lassen. Der

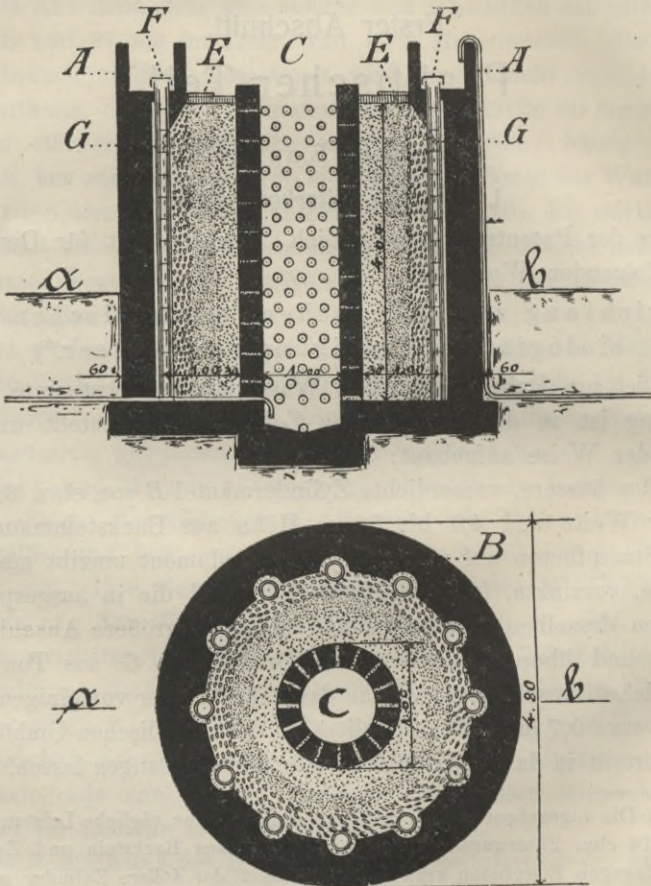
---

\*) Die angegebenen Maße beziehen sich auf eine tägliche Leistung von etwa 216 cbm Filterwasser und einen Aufbau aus Backstein und Zement. Wird dagegen Eisenbeton verwendet, so kann der äußere Zylinder minder stark werden.

Bleibt der örtliche tägliche Wasserbedarf unter 200 cbm, so wird die Höhe von 4 m entsprechend abgemindert, um wieviel ist von Fall zu Fall zu entscheiden.

Kommunale Wasserversorgung und große gewerbliche Betriebe erfordern weit größere Wassermengen als in Skalitz, die leicht befriedigt werden können, wenn die lichte Weite des inneren Zylinders entsprechend und demgemäß auch der Umfang des äußeren Zylinders vergrößert wird.

innere Zylinder *C* von etwa 1 m lichter Weite ist von zahlreichen, mit feinkörnigem Kies gefüllten Drainröhren wagerecht durchbrochen, die das Wasser, welches in dem zwischen beiden Zylindermänteln enthaltenen Filtermaterial *E* gereinigt worden ist, in den Hohlraum des inneren Zylinders gelangen lassen, von dessen Boden es nach Bedarf abfließen kann.



Auf dem äußeren Zylinder *B* ist eine wagerechte, tiefe Verteilungsrinne *A* vorgesehen, die das rohe Wasser aufnimmt und den Metallröhren *F* zuführt, welche innerhalb der Rinne etwa 30 cm über deren Boden hinausragen, so daß nur von Schlamm vorgeklärtes Wasser in die Röhren *F* bzw. die Drainröhren *G* gelangen kann.



Das eigentliche Filtermaterial *E*, welches sich in dem Raum zwischen beiden Zylindern befindet, besteht aus möglichst schwefelfreien Koks- und Sandschichten.

Der Filtrervorgang spielt sich in folgender Weise ab:

Das rohe, in den wagerechten Trog *A* geflossene Wasser setzt in der Ruhe seine gröberen Sinkstoffe ab, die zeitweilig entfernt werden, und kommt dann in den Metallröhren *F* mit den Drainröhren *G* in innige Berührung, welche vermöge ihrer großen Absorptionskraft für tonig-lehmige Teile und gelöste Salze auch die feinsten Sinkstoffe festhalten.

Nach Bedarf können die beschmutzten Drainröhren, selbst während des Betriebes, durch neue ersetzt werden. Erst nach dieser doppelten mechanischen Vorreinigung gelangt das Wasser durch enge Schlitzte, fein verteilt, in das eigentliche Filtermaterial, und zwar zuerst in die Koksschicht, die ihrer starken Porosität halber eine sehr große Absorptionsfläche für Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Salze usw. und die schädlichen gelösten organischen Stoffe darbietet und diese unter Mithilfe aërober Bakterien chemisch-biologisch zersetzt, oxydiert und mineralisiert bzw. hygienisch unschädlich macht.

Hierauf gelangt das wesentlich verbesserte Wasser in eine feine Sandschicht, die ein mechanisches Hindernis gegen allzu rasches Abfließen bildet und ein längeres Verweilen in der Koks-schicht bedingt. Die Bildung einer Filterhaut an der feinen Sandschicht unterstützt ebenfalls die Reinigung. Eine sich anschließende gröbere, den Zutritt der Luft erleichternde Sand-schicht läßt das Wasser etwas rascher in die Drainröhren des inneren Sammelzylinders gelangen.

Die Filtration zerfällt demnach in zwei sich ergänzende Abschnitte, und zwar in einen mehr mechanisch und einen mehr chemisch-biologisch wirkenden. Wesentlich ist dabei, daß vom inneren Zylinder aus die Luft durch zahlreiche Öffnungen das Filtermaterial ständig durchtränkt und dessen reinigende Kraft steigert.

Dazu kommt noch, daß durch einen niederen oder höheren, beliebig herzustellenden Wasserstand im inneren Zylinder der Durchfluß des Wassers beschleunigt oder erschwert werden kann.

Endlich läßt sich mittels der beschriebenen Vorrichtung eine für manche Gewerbe ersprißliche Verbesserung des Wassers

durch chemische Zusätze (z. B. Kalk, Gips usw. für Brauereien) schon im Verteilungstrog *A*, also vor der Filtration, leicht bewirken.

#### Patent-Anspruch:

Vorrichtung zur chemischen, mechanischen und biologischen Reinigung von Wasser, dadurch gekennzeichnet, daß an dem inneren Umfange eines aus wasserdichtem Material hergestellten und oben eine Verteilungsrinne (*A*) für das zu reinigende Wasser tragenden Zylinders (*B*) zwecks gleichmäßiger Verteilung und Vorfiltrierung des zu reinigenden Wassers mit feinen Öffnungen ausgestattete, zweckmäßig aus Metall gebildete Rohre (*F*) angeordnet sind, welche mit übereinandergeschichteten, senkrecht stehenden, kurzen Drainröhren (*G*) aus Ton oder dergl. gefüllt sind, innerhalb der Verteilungsrinne (*A*) über deren Boden etwas hinausragen und zwischen sich und einem mit Drainröhren (*D*) versehenen zweiten Zylinder (*C*) die Filterschicht (*E*) einschließen.

## 2. Der VersuchsfILTER zu BöhMisch-Skalitz.

Die in der Einleitung entwickelten wissenschaftlichen und praktischen Gesichtspunkte gaben dem Erfinder seit Jahren Veranlassung, ein demgemäßes System zu ersinnen, dessen Prinzip aber weder bei Fachmännern noch bei Konsumenten als berechtigt und vorteilhaft anerkannt wurde, weil man an den gewohnten reinen Sandfiltern mit Zähigkeit festhält und auch jetzt noch, in Verkennung ihrer Nachteile, vom Besseren absieht.

Erst im Jahre 1903 erklärte sich der jedem technischen Fortschritt holde Prinz Wilhelm zu Schaumburg-Lippe, Besitzer der Herrschaft Nachod bereit, allen Einreden sogen. Sachverständiger zum Trotz, für seine Maschinen-Brauerei zu BöhMisch-Skalitz das erste VersuchsfILTER nach neuerer Konstruktion zu erbauen und seine Leistung zu erproben.

Die schon vor dem Jahre 1800 errichtete Brauerei wird aus dem Aupafluß gespeist, dessen Quellgebiet eben so groß ist, wie das der Elbe, und unterhalb der Schneekoppe liegt. Die Aupa durchfließt Granit, Gneiß, Pläner und in noch größerer Erstreckung Rothtodtligendes in schroffen Gefällen. Die sekundliche Wasserführung wechselt zwischen 1,5—250 cbm (letztere bei Katastrophen) und ist daher die Aupa als ein Wildge-

wässer anzusprechen, das bei heftigen Niederschlägen im Riesengebirge große Massen von gröberen und feineren Geschieben und viele Sinkstoffe mit sich führt, die seinen Unterlauf belasten und das Wasser zeitweise braunrot färben, während es in trockenen Zeiten mehr oder minder klar erscheint.

So lange das Flußgebiet der Aupa minder bevölkert war, und darin eine weit geringere Fabrikthätigkeit als jetzt bestand, auch die Konkurrenz der Brauereien der Umgegend geringer war, hatte das Skalitzer Bier einen flotten Absatz; seit indessen die Bevölkerung und die Zahl der Fabriken sich mehrte, — es zählt jetzt das Flußgebiet 10000—12000 Bewohner auf der Quadratmeile — nahm die Verunreinigung des Flusses besonders durch organische Schmutzstoffe aller Art so zu, daß die neuzeitlich eingerichtete Brauerei, trotz Verwendung des besten Materials, kein gleichartiges Getränk jederzeit zu liefern vermochte.

Quellwasser zu benutzen, verboten der hohe Kalkgehalt des Gebirges und die großen Kosten der Zuleitung. Es war daher nach wie vor die Benutzung des Aupawassers und seine Reinigung geboten. Schon seit langer Zeit erfolgte diese einigermaßen in zwei Absatzbecken, auf deren Böden Drainröhren und darüber Sand liegen, die es ermöglichen, den Sand und Schlamm der Aupa abzusondern und das Wasser anscheinend zu klären. Auf der Oberfläche dieser Becken bildet sich indes im Sommer eine üppige Flora von Algen, die ein weiches dunghaltiges Wasser verraten, das auch durch ergiebige Rieselwiesen sehr vorteilhaft ausgenutzt wird.

Die zu diesem Zwecke vielfach wiederholten genauen Analysen zahlreicher Proben ergaben im Mittel im Kubikmeter Aupawasser in Gramm (Milliontel), in Zeiten, wo

das Aupawasser war	klar	trüb	schlammig
Chlor . . . . .	2,84	1,70	4,26
Schwefelsäure . . . . .	3,70	2,32	0,42
Kieselsäure . . . . .	5,40	4,20	13,00
Ammoniak . . . . .	3,00	0,51	0,41
Kalkerde . . . . .	34,00	17,58	32,36
Magnesia . . . . .	10,24	5,76	9,58
Eisenoxyd . . . . .	—	—	6,40

das Aupawasser war	klar	trüb	schlammig
Kali . . . . .	1,66	2,00	8,00
Natron . . . . .	4,28	2,44	5,40
Gesamtstickstoff . . . . .	3,44	2,27	3,15
Schlamm . . . . .	6,40	217,83	235,73
Organisches im Schlamm . . . . .	2,50	40,52	47,73
Anorganisches im Schlamm . . . . .	3,60	177,81	188,00
Nicht aufgeschlossener Rückstand . . . . .	—	—	162,45

Die Analysen lassen nur unvollständig die öfters in kurzen Fristen stark wechselnde Beschaffenheit des Aupawassers klar erkennen, zeigen aber schon im Schlammgehalt und seiner schädlichen organischen Substanz den hohen Grad seiner Verschmutzung an, die auch der hohe Stickstoffgehalt belegt. Dieser ist sogar im klaren Wasser am höchsten, tritt dagegen im trüben, der stärkeren Verdünnung wegen etwas zurück und nimmt im schlammigen Wasser wieder zu, weil die Flut alle Kanäle und Rinnen am stärksten ausfegt. Demgemäß wechselt auch der Ammoniakgehalt.

Um trotzdem eine genügende Reinigung zu erzwingen und ein tadelfreies Brauwasser, ja selbst Trinkwasser, zu erzielen, war es nötig, alte ausgefahrene Geleise zu verlassen und eine gründlichere Filtration einzuleiten.

Eine einmalige, nach Gruppen geordnete Analyse des Anorganischen im Aupawasser von Dr. Hanamann, Direktor der Fürstlich Schwarzenbergschen Versuchsstation Lobositz, belegt das oben Gesagte aus neuerer Zeit. Sie ergab:

im Liter	Milligramm	Prozente
Kalkkarbonate . . . . .	49,47	40,04
Magnesiakarbonate . . . . .	24,15	19,71
Eisenoxydulkarbonat . . . . .	0,97	0,80
Kalksulfat (Gips) . . . . .	23,63	19,30
Kalknitrat (Salpeter) . . . . .	5,16	4,21
Chlorkalium . . . . .	4,61	3,80
Chlornatrium (Kochsalz) . . . . .	8,11	6,62
Kieselsäure . . . . .	6,40	5,22
	Summa 122,50	99,70
für Chlor Sauerstoff ab . . . . .	1,60	
	Summa 120,90	

Die Analyse zeigt, daß Eisenoxydul vorhanden und unbedingt zu entfernen ist. Trotz der stark vertretenen Kalk- und Magnesiakarbonate und dem Gipsgehalt fällt auf, daß die Aupa bei einer Härte von  $5,5^{\circ}$  ein zu weiches Wasser für Brauzwecke führt.

Das nötige Brau- und Spülwasser wurde von jeher mittelst Wasserkraft in die Brauerei gepumpt und diese vermochte auch das höher gelegene neue Filter ohne weiteres genügend zu speisen.

---

## Zweites Kapitel.

### Die bauliche Einrichtung.

Das neue Filter wurde von dem herrschaftlichen Baumeister Komarowski genau nach dem Plan des Erfinders in musterhafter Weise erbaut — eine Bedingung, die nicht erfüllt ist und den gewünschten Erfolg verbürgt, wenn etwa ausführende Techniker unerprobte Neuerungen anzubringen versuchen sollten.

Das Fundament des Filters bildet eine so tief im Boden liegende Betonplatte, daß die Zu- und Abflußröhren vor dem Einfrieren des Wassers geschützt sind, da in Skalitz Fröste von  $-20^{\circ}$  R. und mehr vorkommen.

Das Filter ragt daher bei einer Gesamthöhe von 4 m nur 2,5 m über die Bodenfläche hervor und dieser Teil ist durch einen Erdmantel vor dem Einfrieren geschützt. Die einzelnen Dimensionen sind in den Figuren 1 und 2 (Seite 28) angegeben.

Darnach hat der innere Zylinder einen lichten Durchmesser von 1 m, ist 0,33 m stark in Backstein ummantelt und seine Wandung von 300 wagerecht eingemauerten mit gröberem Kies gefüllten Drainröhren durchbrochen, durch welche das filtrierte Wasser in das Innere gelangt.

In Sohlenhöhe führt ein Spülrohr, wenn geöffnet, etwa aus der Luft etc. aufgenommene Staubteile nach außen ab und ein etwas höher eingeführtes eisernes Rohr entläßt das Filterwasser in die Brauerei, sobald die Hähne in den einzelnen Abteilungen derselben nach Bedarf geöffnet werden.

Ein auf der inneren Wand des Zylinders eingezeichneter Pegel läßt den wechselnden Wasserstand feststellen. Der Mantel des im übrigen durchlassenden Zylinders ist über 4 m hinaus noch 0,40 m wasserdicht gemauert, um bei etwaiger Überfüllung das Einfließen von rohem Wasser in das gereinigte zu verhindern.

Dagegen ist der Mantel des äußeren Zylinders nur 4 m hoch, wasserdicht in Zement gemauert und von der äußeren Mauer des inneren Zylinders 1 m entfernt; dieser Zwischenraum wird mit Filtermaterial angefüllt.

Die Breite von 1 m bleibt bei allen Filtern mit vergrößerter Leistung dieselbe. Nur der lichte Durchmesser des inneren Zylinders wird entsprechend und demgemäß auch der äußere Umfang des ganzen Bauwerks, wie der Kubikinhalte für das Füllmaterial erweitert.

Letzteres gliedert sich in drei senkrecht stehende Zonen.

Die äußerste beansprucht den größten Kreisumfang und besteht aus etwa wallnußgroßen Koksstücken, deren Volumen indessen kein ganz gleichmäßiges zu sein braucht, damit sich etwas kleinere zwischen größere einlagern können und keine ausgesprochenen Höhlungen bestehen bleiben.

Die zweite ist mit feinerem Sand von üblicher Körnung und die dritte mit etwas gröberem Sande ausgefüllt; jede dieser Schichten ist 0,33 m stark.

Bei ihrer gleichbleibenden Höhe von 4 m verhält sich daher ihr Volumen annähernd wie ihre mittleren Umfänge und rund wie 11 : 8 : 5 und die gesamte Füllung beträgt etwa 33 cbm.

Die getrennte Einfüllung des Materials in die drei Zonen erfolgt zwischen rund gebogenen und durch Spreitzen in der Entfernung von 0,33 m auseinander gehaltenen Blechtafeln ringsum nach und nach in Schichten von etwa 0,5 bis 0,6 m Höhe. Ist eine Schicht gefüllt, so werden die Blechtafeln hochgezogen und eine neue Schicht begonnen. Es wird dadurch verhütet, daß sich die Schichten während der Arbeit vermischen.

In diesen drei Schichten vollzieht sich die eigentliche Reinigung des Wassers in abweichender Weise.

Die hauptsächlichste Wirkung fällt der größten Zone — der Koks-*schicht* zu, deren zahlreiche feine Poren die im Wasser gelösten Gase — auch den Sauerstoff der Luft —

ferner Ammoniak, Schwefelwasserstoff und stickstoff- und kohlenstoffhaltige organische Stoffe des rohen Wassers woraus Nitrite und Nitrate entstehen durch Flächen- und chemische Anziehung festhalten und sich zu einer gedeihlichen Nahrung für die im Wasser zugeführten zahllosen Bakterien verdichten, unter denen sich besonders die nützlichen aëroben, denen es an Sauerstoff nicht mangelt, am stärksten vermehren, das Organische mineralisieren und die anaëroben und schädlichen Bakterien unterdrücken.

Stets mit Sauerstoff genährt, wird die Koksschichte zu einem mächtig arbeitenden Laboratorium für nützliche Verwesungsprozesse, denen nichts wesentlich Oxydierbares entgeht. Anaëroben, im Wasser zugeführte Bakterien und die von ihnen ausgehenden Gärungs- und Fäulnisprozesse wie nachteilige Desoxydationen können infolge der kräftigen Lüftung des Filters nicht aufkommen; sie müssen absterben und zersetzt werden.

Auch saugt die Koksschichte gelöste Salze auf, die ihre Basen und Salze gegeneinander austauschen können; feinste Stäubchen werden angezogen und vermehren die Absorptionskraft der Koks.

Dieser stetig und vielseitig wirkende Chemismus erzeugt Wärme zu allen Jahreszeiten und fördert dadurch die zersetzenden Kräfte wie die Entwicklung nützlicher Bakterien, die vor krassen nachteiligen Temperaturschwankungen bewahrt bleiben.

Es ist sonach verständlich, daß dieser ersten Zone des Filtermaterials die hauptsächlichste reinigende Wirkung zufällt und zu dem Ende das Wasser eine gewisse Zeit darin verweilen muß.

Dies zu sichern, ist derselben eine zweite aus feinerem Sande bestehende Zone vorgelagert, die in erster Linie mechanisch wirkt, ein zu rasches Durchfließen der Koksschichte verhindert und auch alle die feinsten Sinkstoffe zurückhält, die der letzteren etwa entgehen könnten und daraus entsteht eine nützlich wirkende Filterhaut, in der sich ebenfalls aëroben Bakterien-Kolonien ansiedeln und die reinigende Wirkung fortsetzen.

Eine stetig und in so kurzen Fristen nachlassende Wirkung der feinen Sandschichte, wie sie leider in reinen Sandfiltern zu beklagen ist, kann im neuen Filter, in dem ein mittlerer Druck von 2,5 m und ein dauernder von 4 m Höhe in den untersten Schichten besteht, nicht vorkommen.

Auch ist aus gleichem Grunde die Bildung von Rissen und Spalten im Filtermaterial und eine daraus folgende mangelhaftere Reinigung nicht zu befürchten, weil die einzelnen Schichten des neuen Filters unter dem Druck der darüber liegenden und des Wassers nachrücken müssen.

Alles dies wird durch die dritte gröbere Sandschichte wesentlich unterstützt, weil diese in unmittelbarer Nähe des durchbrochenen inneren Zylinders gelegen, mit dessen durch zahlreiche Drainröhren stetig zuströmenden Sauerstoff der Luft gespeist wird und die reinigende Wirkung sichert.

Alle diese Vorteile sind nur durch Kombination des Sandes mit Koks und die senkrechte Stellung der Filterschichten ermöglicht.

Ein weiterer Vorteil beruht in dem kreisrunden Aufbau der Filterschichten, und besonders darin, daß die wirksamste Zone den größten Umfang einnimmt und das rohe Wasser zuerst empfängt, während sich der Austritt des filtrierte Wassers auf dem kleinsten Umfang in der dritten Zone vollzieht.

Beide Umfänge verhalten sich im neuen Filter wie 11,30 : 5,024 in Metern, oder wie 2,25 : 1, wodurch ein vielfaches Kreuzen der Wasserfäden und ein Abirren von der direkten Durchflußrichtung sowie eine stete Vermischung innerhalb der reinigenden Schichten, mithin eine Abminderung der Geschwindigkeit des durchfiltrierenden Wassers und sein längeres Verweilen in der Koks- und feinen Sandschichte die natürliche Folge ist.

Dies ist zweckmäßig und nötig, weil ein Druck von 4,5 m Wassersäule auf den untersten Filterschichten lastet, bzw. ein mittlerer Druck von 2,5 m im Filtermaterial besteht, der in Sandfiltern meist nur 1 m beträgt.

Es ist zuzugeben, daß deshalb die untersten Schichten stärker als die mittleren und höheren arbeiten, was aber dadurch teilweise ausgeglichen ist, daß die unteren Schichten durch den Druck der oberen dichter aufeinander gepreßt werden, wie denn auch eine frische Füllung sich um etwa 10 cm setzt und eine Nachfüllung nötig macht.

Auch läßt sich der stärkere Wasserdruck in den unteren Schichten sehr leicht nach Belieben vermindern, wenn der Abfluß des filtrierte Wassers aus dem inneren Zylinder dahin geregelt



wird, daß sein Wasserstand ständig 1,5—2 m beträgt, also durch einen größeren Gegendruck ein Auftrieb des Wassers aus den untersten Filterschichten nach den mittleren hergestellt und eine verstärkte Arbeit in dieser, wie in der größeren Höhe des Filters veranlaßt wird.

Eine solche beliebige Regelung der Durchflußgeschwindigkeit ist in wagerechten Sandfiltern unmöglich.

Wie rasch sich das Durchfließen im neuen Filter vollziehen werde, war nur durch den Versuch festzustellen; es wurde vorher im Mittel auf 0,20 m in der Stunde geschätzt.

Der bedeutsame Vorteil der kompakten Anordnung des kombinierten Filtermaterials im neuen System tritt klar hervor, wenn man sich die Mühen und Sorgen der Betriebsleiter reiner Sandfilter vergegenwärtigt, die mit einem sehr beweglichen Filtermaterial arbeiten, dasselbe fortwährend erneuern und ängstlich bedacht sein müssen, die Filterhaut zu erhalten, auch Risse in derselben zu entdecken und „Totwässern“ zu verhüten.

Der Nutznießer des neuen Systems dagegen ist ein für allemal solcher Schwierigkeiten auf zehn Monate lange Dauer enthoben und außer Stand, direkt auf die reinigende Arbeit des Filtermaterials irgendwie einzuwirken, da sich solche naturgemäß und stetig in bestimmt vorgezeichnetem Maße vollzieht.

Es würde auch ein nachteiliges Beginnen sein, von der kreisrunden Form der Filterschichten abzusehen und sie in geradlinigen Gallerieen unterzubringen, weil der Bau dieser Konstruktion wesentlich erleichtert wäre; denn gerade in kreisrunden Schichten ist die Reinigung des Wassers wesentlich dadurch gesichert, daß dieses von dem größeren Umfang der Kokszone ausgehend auf dem weit kleineren Umfang der gröberen Sandschichte austreten muß, mithin dieser einengenden Wirkung ausgesetzt, eine längere Zeit im gesamten Filtermaterial verweilen muß, was seine genügende Reinigung und Mischung besonders unterstützt.

### Drittes Kapitel.

#### Die Zuleitung des rohen Wassers.

Bei einer periodisch so starken Verunreinigung der Aupa, wie sie S. 31 u. f. nachgewiesen ist, wäre es töricht gewesen, die beiden bestehenden Absatzbecken ständig auszuschalten, obwohl noch eine Einrichtung besteht, relativ klares Wasser direkt aus dem Fluß aufzupumpen, was auch für das neue Filter zeitweise benutzt werden konnte. Dagegen würde trübes und schlammiges Wasser das Filter ganz unnötig belastet haben.

Es läßt sich übrigens nicht gänzlich vermeiden, daß trotz der Vorbecken zeitlich wechselnde Mengen von feinen und feinsten Sinkstoffen mit dem rohen Wasser aufgepumpt werden, und es war daher Vorsorge zu treffen, diese so weit als tunlich von dem eigentlichen Filtermaterial fernzuhalten.

Bei wagerechten Filtern erfolgt die Wasserzufuhr meist von unten durch Druckrohre, die in der Höhe der Sandoberfläche münden, deren wagerechte Einebnung durch unvermeidbare Wirbelbewegung stören und mitunter verstärkte Schlammabsätze bewirken, was mancherlei Nachteile veranlaßt.

Im neuen Filter ist dieser Mißstand dadurch vermieden, daß auf dem Kranz des äußeren Zylinders ein wagerechter wasserdichter Verteilungstrog von 0,60 m Sohle und 0,75 m Tiefe aus zementierten Backsteinen ruht, welcher das Pumpwasser aufnimmt, wodurch keinerlei Strömung, ja sogar ein völlig ruhiger Wasserspiegel gesichert wird. Die Folge ist, daß im Wasser suspendierte feine Stoffe sich auf der Sohle des Troges ablagern und nicht direkt in das Filtermaterial gelangen können. Die Reinigung des Troges ist sehr erleichtert, wenn in seiner Sohle ein Spülventil eingesetzt wird.

Um diesen Vorteil noch weiter zu sichern, münden 12 senkrechte auf dem größten Umfang der Kokszone stehende, feingeschlitzte unten geschlossene Metallröhren von 4,5 m Höhe 0,30—0,40 m über der Sohle des Troges, damit nur abgeklärtes Wasser in diese Röhren gelangen kann.

Um ferner zu verhindern, daß nicht auf dem Wasserspiegel schwimmende Stoffe in jene Röhren einfließen, tragen diese lose übergreifende Kapseln von Zinkblech, damit nur abgeseihtes

Wasser unter leichtem Druck des Wasserstandes von wenigen Zentimetern von unten einströmen kann. Selbstverständlich ist, daß die Mündungen aller zwölf Röhren genau in demselben Niveau liegen, um eine gleichmäßige Speisung des gesamten Filtermaterials zu ermöglichen.

Die 10 mm langen Schlitzte der Metallröhren, die nach innen 0,7 mm, nach außen 1,5 mm breit sind, lassen das rohe Wasser seitwärts in ihrem ganzen Umfang von 56,52 cm fein verteilt in die Filterwand der Koks gleichmäßig ausfließen, während etwa noch in die Röhren gelangende suspendierte Stoffe sich in auf dem Boden derselben stehende Kapseln von Zinkblech ansammeln, die zeitweise entleert werden.

Die Metallröhren sind in ihrem oberen und unteren Ende auf 30 und 40 cm nicht geschlitzt. Es hat sich indessen gezeigt, daß in den Kapseln nur ganz unbedeutende Niederschläge erfolgt waren.

Der Trog und die Metallröhren bewirken daher eine nützliche Vorreinigung des rohen Wassers, die in wagerechten Filtern entfällt, weil sich sonst keine Filterhaut bilden könnte, auf deren Entstehung für das neue System kein besonderes Gewicht zu legen nötig ist.

Um dagegen die Vorreinigung des rohen Wassers auch auf die gelösten mineralischen und organischen Stoffe zu erstrecken und dieselbe vor der eigentlichen Filtration ausgiebig zu sichern, sind in die Metallröhren von 180 mm lichter Weite je 12 Drainröhren von 150 mm Stärke mit losen Fugen übereinander eingesetzt, welche infolge ihrer natürlichen Porosität und Absorptionskraft gelöste Salze und Organisches aufsaugen und festhalten, wobei chemische Umsetzungen stattfinden, auch Bakterien schon eine nützliche Wirkung ausüben und die Vorreinigung verstärken. Nach einiger Zeit können diese Drainröhren, selbst während des Betriebes, mittelst eines einfachen Greifapparates hochgezogen und durch neue ersetzt werden.

In dieser gesamten und billigen Anordnung beruht ein wesentlicher Vorzug des neuen Filters.

Hierzugeseht sich die besondere Vorsorge.

daß man durch chemisch wirkende Zusätze in dem wagerechten Trog die Beschaffenheit des rohen Wassers und eine für manche Gewerbe zweckmäßige Verbesserung desselben vor der Filtration nach Bedarf günstig beeinflussen und zugleich eine innige Vermischung der Zusätze mit dem gereinigten Wasser einleiten kann.

Ist es doch sogar bei dem Betrieb des neuen Filters vorgekommen, daß das Aupawasser durch Fabrikeinflüsse vorübergehend entschieden sauer reagierte, was durch dauerndes Einlegen roher Kalksteine auf die Sohle des Verteilungs-Troges ein für alle Male unschädlich gemacht wurde; denn saures Wasser ertötet Bakterien, auf deren Gedeihen eine sichere Reinigung mit beruht.

---

## Viertes Kapitel.

### Die Leistung des Filters.

#### 1. Die quantitative Leistung

war nicht bestimmt vorauszusehen, weil solche von der Durchflußgeschwindigkeit abhing, die erst durch den Versuch ermittelt werden mußte.

Man konnte vorher nur die mittlere Filterfläche rechnerisch bestimmen, weil sie ideal aus dem Mittel des größten und kleinsten Umfanges der Filterschichten und ihrer Höhe von 4 m folgte.

Jener beträgt, wie oben S. 36 erwähnt 11,30 m, diese 5,24 m, woraus sich der mittlere Umfang von 8,162 m und aus der Höhe 4 m eine Filterfläche von 32,648 qm berechnet.

Der Versuch zeigte, daß stündlich 9 cbm (90 hl oder pro Quadratmeter Grundfläche 245 $\frac{2}{3}$  Liter) filtrierten, die Durchflußgeschwindigkeit also  $\frac{9}{32,648} = 0,275$  m

betrug, oder 7,5 cm mehr, als veranschlagt war, und daß das Filter in 24 Stunden 216 cbm — oder pro Quadratmeter seiner arbeitenden Fläche je 6,616 cbm lieferte.

Der tägliche Bedarf der Brauerei wechselt von 150 bis 180 cbm, war also reichlich gedeckt, und konnte das Filter etwa 7—4 Stunden außer Betrieb bleiben, also sich längere Zeit wieder mit Sauerstoff sättigen.

## 2. Die qualitative Leistung.

Nachdem das Filter vom 25. September 1904 ab ständig gearbeitet hatte, wurden von dem durch Dr. Hanamann instruierten Baumeister Komarowski von Januar 1905 ab etwa alle zwei Tage Proben des rohen und Filterwassers maßanalytisch mit Kaliumpermanganat bis zum 27. August untersucht.

Das neue Filter lieferte zwar ein völlig klares von allen Niederschlägen befreites Wasser in mehr als genügender Menge; es mußte aber daran gedacht werden, durch genaue Analysen den erlangten Reinigungsgrad festzustellen, und ständig zu kontrollieren, wobei das rohe Aupawasser den Ausgangspunkt bilden mußte.

Direktor Dr. Hanamann-Lobositz fand, daß eine am 9. Januar 1905 geschöpfte rohe Wasserprobe klar, geruchlos, reichschmeckend und farblos war, auch weder sauer noch alkalisch reagierte. Sie zeigte 5,52 Gesamthärtegrade und enthielt 7,9 mg Chlor. Dieses rohe Wasser reduzierte 14,5 mg Kaliumpermanganat und sein Kohlenstoffgehalt betrug der Rechnung gemäß 39,4 mg als organischer Stoff im Liter.

Die der obigen Rohwasserprobe entsprechende nach viermonatlicher Benutzung des Filters entnommene Probe gereinigten Wassers zeigte ebenfalls neutrale Reaktion und ein Liter reduzierte nur noch 7,2 mg Kaliumpermanganat, enthielt also  $14,5 - 7,2 = 7,3$  mg oder 50,34 Prozent Organisches weniger als rohes Wasser.

Die aus dem Kohlenstoffgehalt berechnete Menge des Organischen war 18,9 mg im Liter, also  $39,4 - 18,9 = 20,5$  mg oder 52,03 Prozent weniger als im rohen Wasser.

Durch Destillation beider Proben mit Magnesia usta wurden darin im Liter Milligramm (Milliontel) gefunden:

	im rohen Wasser		filtriert		Minus-Prozente des Stickstoffs
		Stickstoffgehalt		Stickstoffgehalt	
Ammoniak . . . .	1,70	1,40	0,97	0,80	42,90
Salpetersäure . . .	3,40	0,88	3,38	0,87	0,70
Salpetrige Säure . .	Spur	Spur	—	—	—
Organische Stoffe .	—	1,77	—	0,65	63,27
Gesamt-Stickstoff .	—	4,05	—	2,32	

Die Verminderung des gesamten Stickstoffs durch das Filter beträgt sonach 42,71 Prozent.

Dr. Hanamann verlangt, daß die organischen Stoffe mit 6 anstatt wie üblich mit 5 vermehrt werden müßten, um die stickstofffreien Verbindungen annähernd festzustellen; denn sie bestünden nicht nur aus humusartiger Substanz mit 58 Prozent Kohlenstoff, sondern auch aus organischen Säuren etc., die höchstens 50 Prozent davon enthielten.

Geschieht dies, so erhält man an Kohlenstoff

im rohen Wasser	filtriert
10,62 mg	3,90 mg,

die kohlenstoffhaltige Substanz ist also um 6,72 mg oder um 68,28 Prozent durch das neue Filter vermindert worden.\*)

Der Schwerpunkt der Reinigung liegt in erster Linie in der Entfernung der schädlichen gelösten stickstoffhaltigen Substanz.

Nach Dr. Stolba-Prag enthält das Pilsener Brauwasser nur 6,43 mg Organisches im Liter bei 8 Härtegraden, worauf der gute Ruf dieses Bieres mit zurückzuführen ist.

Nach den vielseitigen Versuchen und Erfahrungen des Dr. Hanamann in den ihm unterstehenden 15 fürstlich Schwarzenbergischen Brauereien bedingen weniger als 8 Härtegrade einen

\*) Dr. Frankland-London erzielte bei einem 14tägigen Filterversuch durch Sand und Kreide nicht allein keine Verminderung des löslichen Organischen, sondern sogar eine Vermehrung desselben.

zu hohen Vergärungsgrad und häufigen Hefewechsel; dagegen bewirkt eine Härte von 25° eine träge Vergärung.

Das rohe Aupawasser weist nur 5,52 Härtegrade auf, ist also zu weich, was im neuen Filter von Mitte August 1905 ab durch Einlegen von rohen Gipsstücken in den wagerechten Trog leicht zu verbessern war, und 8° Härte, wie im Pilsener Wasser zur Folge hatte.

Es handelt sich weiter um die Frage, ob der Gehalt des Aupawassers an Organischem durch das Filter noch mehr erniedrigt werden könnte.

Es wurde daher die Koksschichte der neuen Füllung um 7 cm verstärkt und die gröbere Sandschichte um ebensoviel vermindert.

Das Ergebnis war, daß unmittelbar nach der zweiten frischen Füllung 53,52 Prozent des Organischen reduziert wurden. Abzuwarten bleibt, ob der Reinigungsgrad später noch etwa zunehmen werde, oder nicht.

### Analysenreihen.

Um in jeder Hinsicht klar zu sehen, und auch festzustellen, wie lange eine und dieselbe Füllung ohne Schaden beibehalten werden könnte, wurde von Januar 1905 ab eine ständige maßanalytische Kontrolle des Filterwassers mittelst Kaliumpermanganat angeordnet und durch den Baumeister Kumarowski nach der Instruktion von Dr. Hanamann-Lobositz sorgfältig ausgeführt. Die Ergebnisse sind auf ein Liter berechnet:

		roh		filtriert				roh		filtriert	
1905		Kalium-	Orga-	Kalium-	Orga-	1905		Kalium-	Orga-	Kalium-	Orga-
		perman-	nisches	perman-	nisches			perman-	nisches	perman-	nisches
		ganat		ganat				ganat		ganat	
		mg	mg	mg	mg			mg	mg	mg	mg
Januar	11.	14,5	72,5	7,6	38,4	Januar	21.	15,2	76,0	9,5	47,5
"	13.	13,6	68,0	7,0	35,0	"	23.	15,2	76,0	9,5	47,5
"	16.	13,9	69,5	7,0	35,0	"	25.	15,8	79,0	10,4	51,0
"	17.	13,0	65,0	7,0	35,0	"	27.	15,2	76,0	9,5	47,5
"	18.	12,3	61,5	6,6	33,0	"	29.	14,9	74,5	9,2	46,0
"	19.	13,3	76,5	7,6	38,4	"	31.	16,7	83,5	9,2	46,0
	Summa	80,6	413,0	42,8	214,8		Summa	93,0	465,0	57,3	285,5
							Übertrag	80,6	413,0	42,8	214,8
							Summa	173,6	878,0	100,1	500,3

Im Januar 1905 betrug sonach die Verminderung des Organischen (im rohen klaren Wasser) im Mittel 43,13 Prozent.

		roh		filtriert				roh		filtriert	
1905		Kalium-perman-ganat mg	Orga-nisches mg	Kalium-perman-ganat mg	Orga-nisches mg	1905		Kalium-perman-ganat mg	Orga-nisches mg	Kalium-perman-ganat mg	Orga-nisches mg
Februar	2.	23,7	118,5	11,0	55,0	Februar	15.	16,1	80,5	8,8	44,0
"	4.	30,0	150,0	11,0	55,0	"	17.	23,3	116,5	11,9	55,0
"	6.	20,5	102,5	9,2	46,0	"	20.	17,4	87,0	8,8	44,0
"	8.	29,3	146,5	11,0	55,0	"	22.	27,1	135,5	10,1	50,5
"	10.	22,7	113,5	8,8	44,0	"	24.	23,0	115,0	11,3	56,5
"	13.	13,9	69,5	7,2	36,0	"	27.	23,0	115,0	11,3	56,5
	Summa	140,1	700,5	58,2	291,0		Summa	129,9	649,5	61,3	306,5
Reduktionsmittel des Organischen = 55,74 %.							+	140,1	700,5	58,2	291,0
							Summa	270,0	1350,0	119,5	597,5
März	1.	27,1	135,5	11,3	56,5	März	19.	19,0	95,0	8,2	41,0
"	3.	29,3	146,5	12,3	61,5	"	21.	17,4	87,0	7,6	38,0
"	6.	12,6	63,0	9,1	45,5	"	23.	19,0	95,0	7,9	39,5
"	8.	21,1	105,5	8,2	41,0	"	25.	17,4	87,0	7,9	39,5
"	13.	19,0	95,0	7,9	39,5	"	27.	10,7	53,5	9,5	47,5
"	15.	17,4	87,0	8,8	44,0	"	29.	19,0	95,0	11,9	55,0
"	17.	16,4	82,0	6,9	34,5	"	31.	15,8	79,0	8,8	44,0
	Summa	142,9	714,5	64,5	322,5		Summa	118,3	591,5	60,9	304,5
Reduktionsmittel des Organischen = 51,90 %.							+	142,9	714,5	64,5	322,5
							Summa	261,2	1306,0	125,4	627,0
April	3.	19,6	98,0	12,3	61,5	April	17.	10,7	53,5	4,7	23,5
"	6.	20,5	102,5	10,4	52,0	"	19.	21,4	107,0	6,0	30,0
"	8.	18,6	94,0	11,0	55,0	"	21.	13,6	68,0	6,0	30,0
"	10.	16,1	80,5	9,1	45,5	"	25.	11,3	56,5	5,0	25,0
"	12.	9,5	47,5	5,7	28,5	"	27.	15,8	79,0	5,7	28,5
"	14.	9,5	47,5	5,7	28,5	"	29.	18,0	90,0	7,9	39,5
	Summa	93,8	470,0	54,2	271,0		Summa	90,8	454,0	35,3	176,5
Reduktionsmittel des Organischen = 51,56 %.							+	93,8	470,0	54,2	271,0
							Summa	184,6	924,0	89,5	447,5



1905	roh		filtriert		1905	roh		filtriert			
	Kalium-perman-ganat mg	Orga-nisches mg	Kalium-perman-ganat mg	Orga-nisches mg		Kalium-perman-ganat mg	Orga-nisches mg	Kalium-perman-ganat mg	Orga-nisches mg		
Mai	2.	21,4	107,0	8,2	41,0	Mai	17.	14,5	72,5	6,6	33,0
"	4.	13,6	68,0	6,9	34,5	"	19.	26,8	134,0	9,1	45,5
"	6.	23,3	116,5	8,2	41,0	"	21.	11,7	58,5	6,6	33,0
"	8.	10,7	53,5	7,6	38,0	"	23.	15,4	77,0	6,0	30,0
"	10.	14,8	74,0	7,9	39,5	"	25.	15,4	77,0	6,0	30,0
"	15.	13,6	68,0	6,9	34,5	"	30.	9,5	47,5	5,3	26,5
Summa		97,4	487,0	45,7	228,5	Summa		93,3	466,5	39,6	198,0
Reduktionsmittel des Organischen						+	97,4	487,0	45,7	228,5	
= 53,87 %						Summa		190,7	953,5	85,3	426,5
Juni	5.	10,4	52,0	6,3	33,5	Juni	23.	16,4	82,0	7,2	36,0
"	10.	15,8	79,0	9,5	47,5	"	26.	10,1	50,5	7,2	36,0
"	14.	18,3	91,5	10,4	52,0	"	28.	9,5	47,5	6,3	31,5
"	17.	15,8	79,0	7,2	36,0	"	30.	30,6	91,8	7,2	21,6
"	20.	15,8	79,0	7,2	36,0	Summa		66,6	271,8	27,9	125,1
Summa		76,1	380,5	40,6	205,0	+		76,1	380,5	40,6	205,0
Reduktionsmittel des Organischen						Summa		142,7	652,3	68,5	330,1
= 49,39 %											
Juli	5. *)	7,0	35,0	4,7	23,5	Juli	21.	7,0	35,0	5,7	28,5
"	10.	7,6	38,0	5,7	28,5	"	24.	7,2	36,0	5,7	28,5
"	13.	7,2	36,0	5,7	28,5	"	28.	9,1	45,5	7,0	35,0
"	17.	7,2	36,0	6,0	30,0	Summa		23,3	116,5	18,4	92,0
Summa		29,0	145,0	22,1	110,5	+		29,0	145,0	22,1	110,5
Reduktionsmittel des Organischen						Summa		52,3	261,5	40,5	202,5
= 22,56 %											
Neue Füllung:											
September	25.	14,2	71,0	6,6	33,0	Oktober	4.	12,6	63,0	6,0	30,0
Oktober	2.	14,3	71,0	6,3	31,0	"	5.	9,5	47,5	5,4	27,0
Summa		28,4	142,0	12,9	64,0	Summa		22,1	110,5	11,4	57,0
Reduktionsmittel des Organischen						+		28,4	142,0	12,9	64,0
= 48,0 %						Summa		50,5	252,5	24,3	121,0

Die letzte Beobachtungsreihe ist unvollständig und daher nicht so beweiskräftig wie die vorhergehenden.

\*) Vom 5. Juli ab sind alle folgenden Rohwasserproben, bevor sie filtriert wurden, durch die Vorbecken gegangen. Am 28. August wurde das alte Filtermaterial ausgehoben und am 25. September das frisch gefüllte Filter wieder in Gang gesetzt.

In der folgenden Tabelle sind die Durchschnittszahlen von 7 Monaten zusammengestellt.

	Organisches		
	roh	filtriert	Prozente
Januar . . . . .	878,0	500,3	43,13
Februar . . . . .	1350,0	597,5	55,74
März . . . . .	1306,0	627,0	51,90
April . . . . .	924,0	447,5	51,56
Mai . . . . .	953,5	426,5	53,87
Juni . . . . .	652,3	330,1	49,50
Juli . . . . .	261,5	202,1	22,56
Summa	6325,3	3131,4	
Mittel	903,6	447,3	50,49

Es folgt daraus die große Verschiedenheit der gelösten organischen Substanz im rohen Aupawasser, die von 1350,0 bis 261,5 wechselte und im Mittel 903,6 mg betrug, während das Organische im Filterwasser von 202,1 bis 627,0 wechselte, deren Mittel 447,3 mg ist.

Das prozentuale Mittel beträgt also, obwohl der Reinheitsgrad im Juli, nach 11 Monaten, stark zurückgegangen war, noch immer 50,49 Prozent, ein Ergebnis, woran reine Sandfilter mit 15 bis höchstens 25 % nicht entfernt heranreichen.

Der Unterschied der monatlichen Prozentzahlen erläutert sich aus der stark wechselnden Verschmutzung des Aupawassers, besonders auch durch schädliche Fabrikeinflüsse.

Am 20. Oktober 1904 wurde gemeldet, daß die in dem Verteilungstrog mündenden verzinkten Metallröhren rosteten. Proben mit Lackmuspapier stellten Säure im Wasser fest, die zwar leicht durch Einlegen roher Kalkstücke auf den Boden des Troges unschädlich gemacht wurde, aber sicher auf das Gedeihen nützlicher Bakterien nachteilig einwirken mußte, weil diese in saurem Wasser zugrunde gehen.

Leider liegen aus dem Jahre 1904 keine Untersuchungen mit Kaliumpermanganat vor, weil sie erst mit Januar 1905 ange stellt werden konnten.

In den Wintermonaten ist das Aupawasser, wie das aller

Hochgebirgsflüsse bei ihren niedersten Wasserständen klar, und die Verschmutzung nimmt erst nach der Schneeschmelze zu.

Wenn demgemäß der Monat Januar etwas niedrigere Prozente, als die folgenden Monate nachweist, so kann dies auch aus seiner niedrigen Temperatur erklärt werden; denn schon im Februar schwellen die Prozente stark in die Höhe und der Monat Mai weist die höchste Prozentzahl auf — um von da ab wieder abzunehmen, weil die Wirkung der ersten Füllung — nachlassen mußte, was im Juli entschieden der Fall war.

Es ist indessen lehrreich, in der folgenden Tabelle diesem allmählichen Rückgang im Juli einzeln nachzuforschen: Ein Liter ergab:

1905	Rohes Wasser		Filtrat		
	Kaliper- manganat mg	Orga- nisches mg	Kaliper- manganat mg	Orga- nisches mg	Prozente
Juli 5.	7,0	35	4,7	23,5	50,00
„ 10.	7,6	38	5,7	28,5	25,00
„ 13.	7,2	36	5,7	28,5	20,83
„ 17.	7,2	36	6,0	30,0	16,66
„ 21.	7,0	35	5,7	28,5	18,26
„ 24.	7,2	36	5,7	28,2	23,76
„ 28.	9,1	45,5	7,0	35,0	23,07
	52,3	261,5	40,5	202,5	22,56

Obwohl noch am 5. Juli die Reinigung eine hohe war, fiel sie schon nach fünf Tagen auf die Hälfte und nahm nun immer mehr ab, ein Nachweis, daß das Filtermaterial überarbeitet und wenig Organisches vorhanden war. Dennoch wurde die Gewaltprobe noch fortgesetzt.

K o m a r o v s k i fand am 12. August noch 23 Prozent des Organischen reduziert, am 19. des Monats 16,66 Prozent und am 26. nur 15 Prozent. Die letzte Zahl gilt auch für wagerechte Sandfilter als erreichbare mittlere Reduktion, was aber für Brauwasser zu gering erscheint. Es war daher die Zeit gekommen, das Filtermaterial vom 28. August ab zu erneuern, nachdem es vom 23. September 1904 also über 11 Monate benutzt worden war. Die normale Benutzungszeit dürfte also mit 10 Monaten abschließen.

Über das günstige Verhalten der erneuten Fällung geben folgende Zahlen — Milligramm im Liter — Aufschluß:

1905	Rohes Wasser		Filtrat		
	Kaliper- manganat mg	Orga- nisches mg	Kaliper- manganat mg	Orga- nisches mg	Prozente
Sept. 25.	14,2	71	6,6	33	53,52
Okt. 2.	14,2	71	6,3	31	56,34
„ 4.	12,6	63	6,0	30	52,38
„ 5.	9,5	47,5	5,4	27	43,11
	50,5	252,5	24,3	121	47,92

Überraschend war, daß das am 23. September in Benutzung genommene Filter, schon zwei Tage nachher 54—56 % reduzierte, was um so beweiskräftiger ist, als bei frischer Fällung reiner Sandfilter längere Zeit vergeht, bis ihre minder gute Leistung eine relativ genügende wird.

Also auch hier tritt die Wirkung der Koksschichte klar hervor. Wenn am 5. Oktober nur ein Effekt von 43,11 Prozent erzielt wurde, so mag sich dies mit daraus erklären, daß die nützlichen Bakterien-Kolonien einer längeren Frist zu ihrer Vermehrung bedürfen.

### 3. Gewerbliche Ergebnisse in Skalitz.

Der jährliche Ausstoß der Brauerei von einigen 30000 Hektoliter schlägt ein sehr bedeutendes Kapital um und da in Böhmen eine scharfe Konkurrenz besteht, so ist ein flotter Absatz nur bei gleichbleibender Bierqualität zu erzielen.

Infolge des früheren zeitweise zu hohen Gehaltes an löslichen organischen Stoffen im Wasser, war die Vergärung mancher Gebräue ungleich, die eigene Hefe konnte nicht benutzt werden und der Geschmack des Bieres wechselte, obwohl der Betrieb in erfahrenen Händen lag. Es war daher zu erwarten, daß filtriertes Wasser günstig wirken würde. Dies trat aber erst voll zutage, als das vorjährige mit rohem Wasser erzeugte Malz verbraucht war, und neues mit filtriertem Wasser bereitetes Malz zur Verwendung kam, — ein Beweis, daß die Malzbereitung durch rohes Aupawasser wesentlich gelitten hatte — während jetzt die Vergärung gegen früher eine weit normalere geworden ist, was

der Bräuer aus freiem Antrieb dankend anerkannte. Er beantragte, das Filterwasser in alle Teile der Brauerei zu leiten um auch beim Reinigen der Gefäße und Lokalitäten benutzt zu werden, was denn auch geschah.

#### Die Dauer der ersten Füllung

war eine so lange, daß sie alle Erwartung der Beteiligten übertraf, denn der erzielte Zeitrekord ist bisher von keiner einzigen Filterkonstruktion im großen erreicht worden.

Zwischenzeitliche Untersuchungen des Filters, soweit es zugänglich war, zeigten bei dem seltenen Auswechseln der Drainröhren, daß die Verschmutzung keine bedeutsame sein konnte. Auch in den Zinkgefäßen der geschlitzten Röhren hatte sich nur eine unbedeutende Schlickmenge abgesetzt.

Als den maßanalytischen Untersuchungen gemäß die Prozenz der oxydierten Substanz immer mehr abnahmen, nach mehr als 11 Monaten zum Ausleeren des Filtermaterials geschritten und Proben desselben untersucht wurden, stellte sich heraus, daß das gesamte Filtermaterial völlig geruchlos war.

Verfasser fand durch Dekantieren, daß allerdings die feine Sandschichte das Wasser stark trübte und wiederholte Waschungen nötig machte, daß aber die Schmutzstoffe außerordentlich fein waren und lange Zeit hindurch keine Absätze von Bedeutung ergaben.

Dagegen waren die Koks sehr verschmutzt, was zu vermuten war und besonders nach dem Abtrocknen sichtbar hervortrat.

An eine Wiederbenutzung der Koks, die bei Sand nach gründlicher Waschung möglich ist, war daher nicht zu denken, aber als ein Verlust nicht anzusprechen, da die Koks unter dem Dampfkessel verwendet werden konnten.

Das Äußere der Siebröhren war, weil im steten Kontakt mit dem Sauerstoffgehalt der Koks, von dicken, weichen, mit einer Bürste leicht zu entfernenden Krusten von Eisenoxydhydrat bedeckt, ein Beweis, wie kräftig die gelösten Eisenoxydul-Salze des rohen Wassers im neuen Filter oxydiert und unschädlich gemacht wurden.

Eine gründliche Enteisung ist also durch das neue Filter ohne weiteres völlig gewährleistet.

Nach der Untersuchung von Dr. Hanamann enthielt auch

die Koksschichte selbst viel Eisenoxydhydrat, etwas Schwefeleisen, wenig Kalk- dagegen weit mehr Magnesiumsilikate, was wichtig sein dürfte; denn Magnesiumsalze sind im Gebrauchswasser wenig erwünscht.

Im Ganzen genommen, hat sich also das Filter materiell nach Wirkung und Dauer sehr gut bewährt und kann die neue Konstruktion für weite Kreise und ganz besonders auch für viele Gewerbe von Nutzen werden, wie im Folgenden nachgewiesen wird.

## Fünftes Kapitel.

### Die Anwendung des Filters in Gewerben.\*)

#### 1. Molkereien.

Die Milch nimmt nur allzuleicht aus Luft und Wasser üble Gerüche, Gase und schädliche Bakterien auf, die rasche Zersetzung bewirken, weshalb die Vorbeugung gegen Verderbnis der Butter und die Herstellung tadelloser Käse eine emsige und gründliche Reinigung der Meiereilokale, Aufbewahrungsorte, Gefäße und Zentrifugen mit gutem Wasser erfordert. Nur zu häufig kommt es vor, daß von durch unreines Wasser geschädigter Milch sogar Typhusepidemien entstanden, besonders wenn Wasser aus Tiefbrunnen in der Nähe der Gehöfte benutzt wurde, die durch unreines Oberflächenwasser und Jauche etc. verseucht werden.

Auch geben lösliche Eisenoxydulsalze im unreinen Wasser der Butter unangenehmen Beigeschmack und Färbung.

Deshalb müssen besonders große Molkereien und Genossenschaften einen hohen Wert auf reines Spülwasser legen und können von dem neuen Filtersystem einen sehr vorteilhaften Gebrauch machen, da es sich auch dem größeren Wasserbedarf anderer landwirtschaftlicher Gewerbe gleichzeitig anpassen läßt.

\*) Vergl. Dr. Ferd. Fischer. Die chemische Technologie des Wassers. Braunschweig 1878. Vieweg & Sohn.

Derselbe: Das Wasser, seine Verwendung und Beurteilung 3. Auflage Berlin 1902. J. Springer.

## 2. Gärungsgewerbe.

### a) Bierbrauerei.

Obwohl aus verschiedenartigem Wasser gute Biere erzeugt werden, so fehlt es doch auch nicht an verdorbenem Ausstoß, der auf das verwendete Wasser und seine häufig periodische Verunreinigung zurückzuführen ist.

Obwohl schädliche Bakterien und Pilze bei dem Kochen der Würze absterben, so ist doch unreines Wasser schon bei dem Quellen der Gerste von üblem Einfluß, weil organische Stoffe und Bakterien durch ihre Zersetzung und Schimmelbildung die regelrechte Keimung der Gerste und die Herstellung eines tadel-freien Malzes schädigen können (S. 48). Auch das Darren kann diesen Nachteil nicht wieder aufheben.

Lintner stellt daher an Wasser für Brauzwecke dieselben Ansprüche, wie an reines Trinkwasser. Ammoniak, salpetrige Säure, Schwefelwasserstoff zerstören die Diastase im Malz, bedingen schlechte Gärung und schmierige Hefe. Chlormengen von 50 mg im Liter oder 40—60 mg Salpetersäure oder 100 mg Schwefelsäure verzögern die Quellreife und Keimung des Malzes, vermindern die Extraktausbeute und den Zuckergehalt der Würze.

Auch Magnesiasalze sind bedenklich und bedingen neben Kalksalzen den Härtegrad des Wassers, der aber weder zu gering, noch zu hoch sein darf (S. 42); denn zu weiches Wasser entzieht dem Gerstenkorn beim Weichen phosphorsaure Alkalisalze, die bei der Gärung und Hefebildung nötig sind.

Auf S. 43 ist gezeigt, wie leicht im neuen Filter weichem Wasser durch rohe Gipssteine im Verteiltrog des Filters eine höhere Härte verliehen werden kann; dagegen finden praktische Brauer, daß sehr leichte Biere nicht mit ausgesprochen hartem Wasser zu erzeugen sind.

Eisenhaltiges Wasser ist nach Lintner ebenfalls bedenklich, weil die Hauptwürze schlecht ablaufen soll, der Nachguß bläulich getrübt werde und der Bruch beim Würzekochen nicht befriedigend sei.

Diesen Schäden läßt sich mit dem neuen Filter leicht und gründlich begegnen, wie auch nachteiligen Folgen, die durch Spülen der Gefäße und des Bodens der Brauereilokale mit un-

reinem Wasser, selbst wenn auch zum Brauen filtriertes Wasser verwendet wird, unbedingt entstehen können.

Deshalb wurde letzteres in Skalitz in alle Lokale der Brauerei, und selbst in die Lagerkeller durch eiserne Röhren neu eingeleitet.

#### b) Für Spiritus- und Hefefabriken

gilt das oben Gesagte, und die Herstellung guter Liköre erfordert sehr reines Wasser.

### 3. Stärke- und Zuckerfabriken.

Die Fabrikation der Stärke erfordert große Mengen reinen Wassers, das nach Sarre frei von Sink- und organischen Stoffen, Pflanzenresten, Eisenoxydhydrat, Algen und Pilzen sein muß, weil diese teilweise in der Stärke verbleiben und trocken, als Stippen erkennbar, den Preis der Stärke drücken.

Daß das Wasser von Gährung und Fäulnis erregenden Bakterien, die das Absitzen der Stärke erschweren und von Hefe- und Spaltpilzen frei sein muß, die organische Säuren (Milch- und Buttersäure) bilden und durch das sorgfältigste Waschen nicht entfernbar sind, auch der Stärke einen schlechten dumpfen fauligen Geruch geben, ist selbstredend, und können besonders auch im Sommer gefährlich werden.

Ebensowenig dürfen Ammoniak und Nitrate, wie organische Substanzen (die im Liter mehr als 10 mg Kaliumpermanganat erfordern), und Eisensalze, die die Stärke gelblich machen, im Wasser nachweisbar sein.

Allen diesen Erfordernissen kann die Wirkung des neuen Filtersystems leicht und genügend entsprechen.

Auch bei der Zuckergewinnung können Gärungs- und Fäulniserreger schon bei der Diffusion nachteilige Zersetzungen veranlassen. Salze stören beim Kochen und Kristallisieren; sie vergrößern den schädlichen Aschengehalt, der bei der Wertberechnung fünffach von der Polarisation abgezogen wird. Dies bezieht sich besonders auf den Gips- und Kochsalzgehalt. Nitrite vermehren die Bildung von Melasse und behindern die Kristallbildung des Zuckers um die sechs- bis siebenfache Menge, denen sich Sulfate, Alkalikarbonate und die Chlorsäure im abgeminderten Maße anschließen. Zweifellos kann das neue Filtersystem einen Teil dieser Schädigungen aufheben.



## Wasserreinigung durch Erdfiltration etc. \*)

Es erübrigt noch, der großen Nachteile zu gedenken, welche jene beiden Gewerbe ihrer Umgebung durch ihre stark verunreinigten Abwasser bereiten, die durch ihre faulenden Bestandteile Luft und Boden verpesten, auch in öffentliche Gewässer entlassen, ihre hygienischen Gefahren in weite Entfernungen übertragen und langwierige, kostspielige Prozesse veranlassen.

Das einfachste und durchschlagendste Mittel zur Verhütung jener Schäden ist die Abscheidung der gröberen Unreinigkeiten in Absatzbecken, ihre Verarbeitung zu Kompost unter Zusatz von Kalk und die Reinigung des Flüssigen durch Überrieselung von Grasländereien.

Wo dies Mittel, der Ortlichkeit wegen, nicht benutzbar ist, bleibt nur, wenn stark durchlässige Bodenarten vorhanden sind, übrig, die Abwasser durch intermittierende Bodenfiltration von den größten, das Land düngenden Stoffen vorzureinigen und sodann aus der ablaufenden Flüssigkeit mittelst des neuen Filters ein völlig genügendes Gebrauchswasser wieder herzustellen.

Dies ist besonders für Zuckerfabriken wichtig und nützlich, die seither schon mit minder zweckmäßigen Verfahren eine wiederholte Nutzung derselben Wassermengen zu erreichen versuchen, aber mit weit geringerem Erfolg, als es mit dem neuen Filtersystem geschehen kann.

### 4. Bleichereien und Färbereien

können nur völlig klares, farbloses und von Eisen- und organischen Stoffen freies Wasser verwenden, das in der Wollbleiche keine Flecken, besonders durch Eisen und die Bildung von Eisen-seifen veranlaßt, auch in der Flothe den Farbton durch dunkle Schattierungen nicht nachteilig beeinflussen dürfen, damit selbst für schwarze Töne das Wasser zu gebrauchen ist. Nicht minder verderblich wird Eisen im Wasser beim Färben anderer Stoffe und beim Drucken, auch in Bleichereien durch Entstehen sogen. Rostflecken.

Bei dem Waschen mit Seife werden auch Kalk- und Magnesiumsalze sehr nachteilig, insofern sie einen Seifeverlust bedingen, sich in die Fasern der gewaschenen Stoffe, besonders

---

\*) Die Technik der Reinigung städtischer und industrieller Abwasser durch Berieselung und Filtration. Braunschweig 1900, Fr. Vieweg & Sohn.

der Wolle beim Trocknen festsetzen, wodurch diese ihre Weichheit verliert, und auch üble Gerüche entwickeln. Kalk- und magnesiahaltige Wasser werden daher vor Anwendung der Seife beim Walken des Stoffes, wie bei der Hauswäsche mit aliquoten Mengen von Soda erwärmt und damit auch Eisen- und Manganverbindungen entfernt.

Sehr einfach und billig gestaltet sich dieser Prozeß, wenn das Wasser im neuen Filter gereinigt und schon in den wagerechten Verteilungstrog eine richtig bemessene Menge Soda vor der Filtration beigegeben wird, wodurch das Eisen gründlich entfernt wird und Kalk und Magnesia unschädlich werden.

Denn nach Kielmeyer ändern harte Wasser den Ton verschiedener Farben. Cochenille und Holzrot erhalten auf Wolle und Baumwolle einen bläulichen Stich; auch bei Krapprot, Alizarin und Rosarot ist dies der Fall.

Nach Ulrich beeinflußt kalkreiches Wasser auch Alkali-blau, Echtviolett, Echrot etc. sehr ungünstig. Rohseide dagegen ergibt in hartem Wasser die schönste Ware; der Stofffabrikant und Färber aber hält die mit hartem Wasser gesponnenen Seiden nicht für vorteilhaft, weil sie Kalk mechanisch einschließen und diese Kalkteilchen den Farbstoff weniger leicht aufnehmen, wodurch die Seidenstoffe streifig erscheinen. Für helle Farben zieht der Färber in weichem Wasser gesponnene Seide vor.

Papierfabrikate erhalten durch Eisen Flecke, und Organisches veranlaßt bei seiner Fäulnis selbst Pilzbildung im Papier.

##### 5. Gerbereien und Leimfabrikation.

Die ersteren bedürfen eines reinen Wassers, weil seine etwaige Fäulnis die Narbe blind macht, ihren Schmelz und eigentümlichen Glanz zerstört, auf den es beim Glacéleder besonders und selbst bei allen gröberen Ledersorten ankommt. Fauliges Wasser veranlaßt sogar Löcher von der Fleischseite aus, die durch Einfressen von Fäulnisorganismen entstehen.

Gutes Schwellwasser für Häute vermitteln Gips- und Kalksulfat; Gerbwasser soll dagegen auch nicht zu hart sein und nicht zu viel Chlor enthalten.

Bei der Herstellung von Leim ist zu beachten, daß dabei

verwendete Gerbereiabfälle mit weichem Wasser weit vollständiger als mit hartem erschöpft werden, auch im harten Wasser gekochter Leim sich nach dem Trocknen nicht mehr klar auflöst.

### 6. Wasser für Dampfkessel.

Die aus dem verdampften Wasser sich im Kessel allmählich ansammelnden rückständigen Niederschläge zerstören die Eisenbleche und bilden feste Absätze (Kesselstein) und Schlamm, die eine ungleiche Erhitzung und Verlust an Brennmateriale bedingen. Je nach der Verunreinigung der Speisewasser sind diese Absätze ungleich; schon zucker- und fetthaltiges Wasser kann gefährlich werden.

Professor Dr. F. Fischer-Göttingen hat die Ursachen und Mittel zur Verhütung dieser wechselvollen Erscheinung eingehend studiert. Er fand u. a. in

#### Kesselsteinen:

Kalk (CaO) . . . . .	36,43 bis 38,20
Magnesia (MgO) . . . . .	2,64 „ 3,02
Eisenoxyd und Tonerde . . . . .	1,67 „ 0,52
Schwefelsäure (SO <sub>3</sub> ) . . . . .	45,21 „ 48,41
Kohlensäure (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	3,66 „ 3,40
Unlösliches . . . . .	5,65 „ 1,91

oder in Gruppen wesentlich:

Anhydrit (CaSO <sub>4</sub> ) . . . . .	49,98 bis 50,44
Calciumsulfat (2 CaO SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O) . . . . .	29,73 „ 30,30
Gips (CaSO <sub>4</sub> + 2 H <sub>2</sub> O) . . . . .	— „ 4,27
Calciumkarbonat (CaCO <sub>3</sub> ) . . . . .	8,30 „ 8,20
Magnesiahydrat . . . . .	3,83 „ 4,36

Das entsprechende Kesselspeisewasser enthielt im Liter

		mg	mg	
Kalk . . . . .	abgesetzt beim Kochen	Spur	146	} durch Kohlensäure gelöst gewesen.
Magnesia . . . . .		—	—	
Kalk . . . . .	Gesamt- gehalt	46	244	
Magnesia . . . . .		9	32	
Schwefelsäure (SO <sub>3</sub> ) . . . . .		40	232	
Chlor . . . . .		—	9	

Es sind also wesentlich die alkalisch-erdigen Salze, die wenn selbst in geringen Mengen im Speisewasser enthalten, allmählich

zu Krusten anwachsen. Magnesia ist in den Kesselsteinen enthalten, wenn es auch im Speisewasser an Kohlen- und Schwefelsäure und an Chlor gebunden war; es zersetzt sich also beim Kochen unter starkem Druck, bildet Salzsäure und Rost auf der Kesselwand. \*) Schwefelsaure Magnesia scheint sich zunächst mit vorhandenem kohlen-sauren Kalk umzusetzen und als Hydrat fast völlig auszuscheiden, da ein Liter Wasser 18 mg davon, dagegen 100 mg Magnesiacarbonat löst.

Abgesetzter Schlamm brennt häufig mit Kesselsteinsplintern, besonders über der Feuerplatte zu festen Massen zusammen.

Dampfkessel mit humussaurem Wasser aus Torfmooren gespeist, wurden sehr stark angegriffen und Röhrenkessel selbst völlig zerfressen, was leicht durch Zersetzung der Humus-säure, die mittelst Zugabe von Kalkwasser im Trog des neuen Filters vor der weiteren Reinigung verhindert werden kann.

Um die Krustenbildung zu verhüten, und das Speisewasser zu reinigen, sind neben nur irreleitenden Geheimmitteln mancherlei chemische Zusätze zum Fällen von Kalk, Magnesia und Gips versucht worden.

Das Einlegen von Zinkstücken in den Kessel hat sich nicht bewährt. Dagegen haben Vorwärmer besonderer Konstruktion günstig gearbeitet.

Alle Zusätze müssen in dem Speisewasser und nicht im Kessel selbst geschehen. Hierzu können Soda und Chlorbarium benutzt werden. Welches von beiden vorzuziehen ist, hängt in jedem einzelnen Fall von einer genauen chemischen Analyse und einer richtigen Beurteilung des Speisewassers ab.

Enthält dasselbe vorwiegend doppelt kohlen-saure Salze als Bikarbonate, so lassen sich diese durch richtig bemessene Mengen von Kalkwasser beseitigen; enthält es nur Calciumsulfat (Gips), so dient Chlorbarium oder noch besser kohlen-saures Natrium (Soda). Im ersten Falle bildet sich unlösliches Bariumsulfat und Chlorkalk, im zweiten Chlornatrium und Kalkkarbonat.

Sind Bikarbonate oder Sulfate vorhanden, so werden dieselben mit Kalkmilch und Soda oder mit Kalkmilch und Chlorbarium niedergeschlagen.

\*) Anm.: Wird von andern Autoren als nicht zutreffend bestritten.

Alle diese Niederschläge müssen aus dem Speisewasser entfernt werden, bevor es in die Kessel kommt.

Diese Abscheidung ist in dem wagerechten Verteilungstrog des neuen Filtersystems eine sehr einfache und sichere. Die Zerstörung der Humussäure z. B. läßt sich durch in Wasser aufgelösten gebrannten Kalk, den der Chemiker als sogen. Kalkwasser benutzt, und das durch eine Federspule in den Verteiltrog des neuen Filters nach Bedarf einfließt, leicht unschädlich machen.

Daß auch die Koksschichte Magnesiasalze einfach zurückhält, ist bereits in Skalitz (S. 50) festgestellt worden.

Über den Befund des mit filtriertem Aupawasser gespeisten Dampfkessels der Brauerei Skalitz schreibt der Verwalter wörtlich:

„Es scheint das filtrierte Wasser sehr gute Dienste zu leisten. Der Kessel wird zweimal im Jahre gereinigt; nur hat sich früher ein harter Kesselstein gebildet und verblieb am Boden ein Schlamm in der Höhe von 70 mm. Beim letzten Putzen war aber beinahe kein harter Kesselstein vorhanden und Schlamm nur in der Höhe von 30—35 mm angesetzt. Nach allem zu schließen, muß das reine Wasser doch sehr viel beigetragen haben zur geringen Bildung des Kesselsteins, weil überhaupt nur die Hälfte an Schlamm vorhanden war.“\*)

---

## Sechstes Kapitel.

### I. Die Baukosten in Skalitz.

Der herrschaftliche Baumeister Komarowski hat den Bauplan genau nach den Angaben des Erfinders entworfen und das Ganze in musterhafter Weise durchgeführt. Es ist dabei unbedingt geboten, von den Einzeldimensionen nicht beliebig abzugehen, wenn man gleichgünstige Ergebnisse wie in Skalitz erzielen will.

Obwohl die Kosten je nach örtlichen Preisen wechseln,

---

\*) Anm: Er schreibt weiter: „Was den Bierverkauf anlangt, so ist derselbe bis Ende September gestiegen; man muß aber berücksichtigen, daß voriges Jahr ein sehr warmer Sommer und der Bierkonsum höher war, heuer sind dagegen die meisten umliegenden Brauereien im Absatz zurückgegangen.“

bieten die folgenden Angaben doch einen gewissen Anhalt für weitere Kostenanschläge.

	Kronen	Heller	Kronen	Heller
<b>A. Filterapparat.</b>				
Erdarbeiten . . . . .	532	96		
Maurerarbeiten . . . . .	594	23		
Zimmerarbeit . . . . .	24	04		
13600 Formziegel . . . . .	680	—		
200 Mauerziegel . . . . .	7	20		
150 12 cm Drainröhren . . . . .	45	—		
160 6 " " . . . . .	9	60		
320 5 " " . . . . .	12	80		
66 Faß zu 162 kg Zement . . . . .	627	—		
16 cbm Schotter u. Beton . . . . .	56	—		
39 " Flußsand . . . . .	66	30		
Gerüstholz . . . . .	121	05		
Zufuhr desselben . . . . .	158	75		
Spenglerarbeit . . . . .	316	60		
Verschiedenes . . . . .	80	16	3331	69
			972	13
<b>B. 12 geschlitzte Metallröhren</b>			4303	82
<b>C. Bedachung.</b>				
Zimmerung . . . . .	136	11		
Holz, Bretter, Dachpappe . . . . .	284	24		
277 kg Traversen . . . . .	58	17		
Kohlenasche in der Verschalung . . . . .	30	58		
Dachrinnen . . . . .	49	70		
Schmiedearbeit . . . . .	32	92	591	72
			4895	54
<b>D. Erste Füllung.</b>				
80,3 Doppelzentner Koks . . . . .	249	56		
15 cbm gewaschener Sand . . . . .	30	—		
14 " " Kies . . . . .	22	40		
Arbeit . . . . .	137	90	439	86
<b>Gesamtkosten</b>			5335	40

Die neuen Röhrenleitungen, die sich in alle Räume der Brauerei verzweigen, kosteten 1860,52 Kronen und kommen der letzteren und nicht dem Filterbau zur Last.

Die Krone zu 0,85 Mk. ergibt:

zu A. . . . .	2831,94	Mark
„ B. . . . .	826,31	„
„ C. . . . .	502,96	„
„ D. . . . .	373,88	„
	<u>4535,09</u>	Mark

Im Ganzen 4535,09 Mark

Der Rohbau des eigentlichen Filters würde sich in Beton weit billiger gestellt haben, wie aus dem zur Mauerung verwendeten 10692 kg Zement und dem Folgenden hervorgeht.

## 2. Die Kosten des Betonbaues

wechseln mit den Bezugsorten für Zement und besonders für Beschaffung geeigneten Sandes und Steinzuschlages, ferner mit deren Mischungsverhältnis und den Stärken der Ummantelung beider Zylinder.

Für den inneren Zylinder genügt eine Stärke von 0,30 m bei 4,40 m Höhe, weil die Ringform dem Wasserdruck genügend widersteht, obwohl dessen Mantel mit zahlreichen runden Löchern von 0,25—0,30 m lichter Weite, nur bis zu 4 m Höhe, durchbrochen ist.

Der äußere Zylinder von 4 m Höhe hat dagegen dem Druck des von Wasser erfüllten Filtermaterials nach außen zu widerstehen und seine Stärke kann 0,40—0,45 m betragen. Außerdem empfiehlt es sich, in dessen Mantel geschlossene Ringe von Rundeisen in Höhenabständen von etwa 0,40—0,50 m über Erde einzulegen, die unten näher, oben weiter auseinander zu liegen kommen.

Der kubische Gehalt beider Zylinder ist dann ein relativ beschränkter, erfordert aber besondere Schablonen, weshalb der Kubikmeter nicht wohl unter 30 Mk. anzusetzen ist.

Der gemittelte Umfang beider Zylindermäntel fällt generell mit der zwischen beiden liegenden mittleren Filterfläche zusammen; ihre vermittelte Höhe ist 4,20 m.

Die Stärke der Ummantelung ist  $0,30 + 0,45 = 0,75$  m und deren Volumen  $0,75 \times 4,20 = 3,15$  cbm pro laufenden Meter.

Der Umfang der mittleren Filterfläche des Versuchsfilters ist 8,17 m, das Volumen beider Betonmäntel also  $3,15 \times 8,17 = 25,7355$  cbm und deren Aufbau kostete bei dem Einheitspreise von 30 Mk. im Ganzen 772 Mk.

Hiezu kommen die Kosten des wagerechten Verteilungstrogens von 0,75 m Höhe bei 0,60 m Sohlenbreite mit einem Umfang von 14,14 m, die zu 6 Mk. pro laufenden Meter rund 85 Mk. betragen.

Die Fundamentplatte mit 15,90 qm Fläche von 0,35 m Stärke ergibt 5,57 cbm Beton und kostet zum Preise von 18 Mk. 100 Mk.

Die Gesamtkosten betragen sonach  $772 + 85 + 100 = 957$  Mk. und erhöhen sich durch Ausgraben des Fundamentes und der Transportkosten des Materials auf rund 1200 Mk.

Weitere Kosten entfallen auf die 12 senkrechten, geschlitzten Röhren, die aus asphaltiertem Eisenblech zu 70 Mk. loko Fabrik 840 Mk. betragen.

Verwendet man dagegen Röhren aus Steinzeug zum Preise von 15 Mk. pro Stück, loko Fabrik, so reduziert sich die Ausgabe auf 180 Mk.

Deren Füllung mit Drainröhren erfordert  $12 \times 12 = 144$  Stück mit einem äußeren Durchmesser von 13 cm, die zu 36 Mk anzusetzen sind.

Der obige Betrag erhöht sich also auf  $1200 + 180 + 36 = 1416$  Mk.

Hierbei ist aber allerdings der Gewinn des Bauunternehmers, seine Verantwortlichkeit und sein Risiko nicht in Rechnung gestellt.

Die einmalige Füllung des Filters kostete in Skalitz 374 Mk. und die Dachkonstruktion 503 Mk. Es genügt daher für das fertige Filter ein Aufwand von rund 2300 Mk., während das Skalitzer Filter aus Backsteinen nach S. 59 eine Ausgabe von 4535 Mk. erforderte.

Da die überbaute Fläche 15,90 qm mißt, so entfallen auf das Quadratmeter des kleinsten Versuchsfilters 144,65 Mk.

Hierbei sind allerdings die Kosten für die eisernen Zu- und Ableitungsröhren nicht berücksichtigt und können nur örtlich beziffert werden.

Um auf wagerechten Sandfiltern täglich 216 cbm zu reinigen, würden in Berlin bei höchster Leistung von 2,40 cbm Wasser



pro qm Filterfläche rund 90 qm Filterfläche nötig sein, die zu 65 Mk. pro qm, 5850 Mk., also um 3550 Mk. vermehrte Baukosten und eine weit teurere Unterhaltung veranlaßten, während ihre qualitative Leistung nicht entfernt an die des neuen Systems heranreicht.

## Siebentes Kapitel.

### Vergrößerung der Filter und ihrer Leistung.

Genügte auch das kleinste Modell des vorbeschriebenen Filters für die Bedürfnisse einer bestimmten Brauerei, so reicht seine beschränkte Leistung doch nicht für größeren oder großen kommunalen Wasserbedarf; denn es wäre unpraktisch und kostspielig, diesen durch eine größere Zahl einzelner kleiner Filter sicher stellen zu wollen.

Es war daher zu untersuchen, in wie weit man unter prinzipieller Wahrung des neuen Systems, durch vergrößerte Abmessungen die tägliche Leistung erheblich vermehren kann.

Da die Breite des Raumes für das Filtermaterial mit 1 m beibehalten werden muß, so bleibt nur übrig, den Durchmesser des inneren Reinwasser-Zylinders nach Erfordernis zu vergrößern, weil dadurch zugleich auch der Umfang des eigentlichen Filterringes und damit die tägliche Leistung entsprechend zunehmen.

Man gelangt aber bei starkem Wasserbedarf zu so großen Durchmessern des inneren Zylinders, daß eine ungerechtfertigte Verschwendung an Baugrund und Baukosten entsteht, die nur einigermaßen gerechtfertigt wäre, wenn man besonderen Wert darauf legt, von der Erbauung eines eignen größeren Reinwasser-Reservoirs absehen zu können.

Wo dies nicht der Fall ist, empfiehlt es sich, innerhalb einer großen Ringfläche des inneren Zylinders kleinere Filterflächen einzuschachteln und den Raum für das reine Wasser auf die Breite einer Ringfläche von etwa 1—1,25 m zu beschränken.

Die hieraus folgende Einrichtung erläutert sich aus nachstehender Tabelle.

Lichter D des inneren Zylinders	Grösster D des äusseren Zylinders*)	Grundfläche	Senkrechte Filterfläche bei 4 m Höhe**)	Filtriert in 24 Stunden	Lichter D des inneren Zylinders	Grösster D des äusseren Zylinders*)	Grundfläche	Senkrechte Filterfläche bei 4 m Höhe**)	Filtriert in 24 Stunden
1	4,50	15,90	32,67	216,000	26	29,50	683,49	346,83	2292,946
2	5,50	23,76	45,24	299,604	27	30,50	730,62	359,40	2376,147
3	6,50	33,18	57,81	385,000	28	31,50	779,31	371,96	2450,928
4	7,50	44,18	70,37	464,02	29	32,50	829,58	384,53	2542,152
5	8,50	56,75	82,94	554,57	30	33,50	881,42	397,10	2625,340
6	9,50	70,88	95,50	631,37	31	34,50	907,92	403,38	2696,308
7	10,50	86,59	108,07	714,456	32	35,50	989,80	422,23	2782,280
8	11,50	103,87	120,64	797,448	33	36,50	1046,35	434,80	2873,480
9	12,50	122,72	133,14	870,056	34	37,50	1104,47	447,36	2957,784
10	13,50	143,14	145,77	971,064	35	38,50	1164,16	459,93	3036,960
11	14,50	165,13	158,34	1046,808	36	39,50	1225,42	472,50	3140,040
12	15,50	188,69	170,90	1129,824	37	40,50	1288,25	485,06	3206,784
13	16,50	213,83	183,47	1212,840	38	41,50	1352,66	497,63	3306,672
14	17,50	240,53	196,04	1295,904	39	42,50	1418,63	510,20	3372,936
15	18,50	268,80	208,60	1378,992	40	43,50	1486,17	522,76	3456,000
16	19,50	298,65	221,17	1462,028	41	44,50	1555,28	535,33	3539,088
17	20,50	330,06	233,73	1545,072	42	45,50	1625,97	547,89	3622,104
18	21,50	363,05	246,30	1628,160	43	46,50	1698,23	560,46	3705,240
19	22,50	397,61	258,86	1711,520	44	47,50	1772,06	573,03	3788,328
20	23,50	433,74	271,43	1794,384	45	48,50	1847,46	585,59	3871,392
21	24,50	471,44	284,00	1877,448	46	49,50	1924,43	598,14	3954,360
22	25,50	510,71	296,57	1960,608	47	50,50	2002,97	610,73	4074,544
23	26,50	551,55	309,13	2043,720	48	51,50	2083,08	623,29	4120,844
24	27,50	593,96	321,70	2126,784	49	52,50	2164,76	635,86	4203,720
25	28,50	637,94	334,27	2209,848	50	53,50	2248,01	648,43	4286,784

Aus obiger Tabelle ist z. B. zu ersehen, daß ein Filter mit einer täglichen Leistung von 2542 cbm filtrierten Wassers eines inneren Zylinders von 29 m lichten Durchmesser bedürfte, und eine Grundfläche von 830 qm erfordern würde.

Es ist klar, daß dieser freie Raum, anstatt einfach als Wasserreservoir zu dienen, weit besser durch eine dem freien Raum entsprechende Zahl kleinerer selbständiger Filter ausgenutzt und so die tägliche Leistung des ganzen Apparates bedeutsam gesteigert werden kann.

\*) Anm.: Die Betonwand zwischen dem inneren und äusseren Zylinder zu 0,30 m und die Wand des letzteren zu 0,45 m angenommen.

\*\*) Die mittlere ideale Filterfläche innerhalb des Filtermaterials liefert 9 cbm in der Stunde.

1. Konstruktions-Bedingungen.

Für Städte mit großem Wasserbedarf genügt anfangs ein kleines Filter, um damit eigne Versuche zu ermöglichen. Da der Erfolg unzweifelhaft günstig genug sein wird, um Vertrauen zu erwecken, so ist damit der Ausgangspunkt zu erweiterten Bauten gegeben. Die hierzu erforderlichen Zahlenunterlagen sind gemäß S. 62 folgende:

Zahl der Filterringe	(1)	(2)	(3)	(4) Serkrechte Filterschichten		(5)	(6)	(7)
	Durchmesser m	Mittlere Umfänge m	Grundfläche qm	Mittlere Umfänge m	Flächen qm	Tägliches Filtrat cbm	Zahl der Filterröhren	
I	4,50	14,14	15,90	8,17	32,67	216,000	12	
II	10,50	32,99	86,59	27,02	108,07	714,465	28	
III	16,50	51,84	213,83	45,87	183,47	1212,840	44	
IV	22,50	70,69	397,61	64,72	258,86	1771,296	69	
V	28,50	89,54	637,94	83,57	334,27	2209,848	77	
VI	34,50	108,39	934,82	102,42	409,66	2696,304	92	
VII	40,50	127,23	1288,25	121,27	485,06	3206,784	108	
		394,82		453,04	1812,06	11962,824	430	
VIII	46,50	146,08	1698,23	140,12	560,46	3705,240	125	
IX	52,50	164,93	2164,76	158,96	635,86	4203,288	141	
				752,12	3008,38	19874,760	696	

Aus Spalte (1) folgt, daß die Breite der Filterringe in ihren Radien um je 3 m, im Durchmesser also um 6 m wachsen. Von den Radien entfallen 1,25 m auf den Reinwasserring, 0,30 m auf die innere und 0,45 m auf die äußere Zylinderwand und 1 m Breite ist für das Filtermaterial bestimmt.

Aus diesen Daten und den oben gegebenen Einheiten kann generell auf die Baukosten der verschieden großen Filterringe geschlossen werden.

Die Filterschichte des Ringes von 16,50 m äußerem Durchmesser z. B. hat einen mittleren Umfang von 51,84 m.

Auf den laufenden Meter entfallen nach S. 59 3,15 cbm Beton; auf den ganzen Ring rund 145 cbm, die zu 30 Mk. pro cbm 4350 Mk. kosten.

Die Grundfläche hat nach Spalte (3) rund 214 qm, wovon auf Filterring II rund 87 qm entfallen, mithin bleiben 214 — 87 =

127 qm mit 0,35 m Stärke, 44,45 cbm und kostet sie zu 18 Mk. = 800 Mk.

Die Verteilungsrinne mißt nach Spalte (2) 51,84 m und kostet zu 6 Mk. pro m 311 Mk.

Geschlitzte Röhren sind 44 Stück zu 15 Mk. erforderlich und kosten 660 Mk.

An Drainröhren sind erforderlich:  $12 \times 44 = 528$  Stück zu 0,25 Mk. = 132 Mk.

Die Füllung des Filters kostete in Skalitz bei einem mittleren Umfang des Filterringes von 8,17 m 374 Mk; analog mögen hier für 46 qm 2250 Mk. in Ansatz kommen.

Die Dachkonstruktion kostete in Skalitz für 16 qm 503 Mk; sie wird also annähernd für 214—85 qm (s. o.) für rund 129 qm auf 4000 Mk. zu schätzen sein.

Die Gesamtkosten des Filterringes III betragen sonach 12370 Mk. und pro qm rund 97 Mk., während das Skalitzer Filter aus Backstein rund 122 Mk. pro qm kostete. Der Aufwand nimmt aber mit der Zahl und Größe der senkrechten Filter ab.

Berechnet man in gleicher Weise, aber mit einem Zuschlag von 25 % für die Betonarbeit, die Kosten für einen Apparat von sieben Filterringen, der nach S. 63 Spalte (6) täglich 12000 cbm Wasser reinigt, so ergeben sich folgende Preise:

			pro qm
I. Ring . . . .	Mk.	2239 . . . . .	Mk. 143
II. " . . . .	"	8325 . . . . .	" 118
III. " . . . .	"	13736 . . . . .	" 108
IV. " . . . .	"	19631 . . . . .	" 107
V. " . . . .	"	25687 . . . . .	" 106
VI. " . . . .	"	30933 . . . . .	" 105
VII. " . . . .	"	36676 . . . . .	" 102
Im Ganzen Mk.		137227	Mittel rund Mk. 114

Will man auf wagerechten Sandfiltern die gleiche tägliche Leistung von 12000 cbm erzielen, so sind nach den Erfahrungen in Berlin ohne die unentbehrlichen Reservefilter 5000 qm Filterfläche nötig, die zu 65 Mk. pro qm, (wahrscheinlich ohne Füllung) 325000 Mk. Baukosten, also eine Mehrausgabe von 187723 Mk. nötig machen, ungerechnet der weit teureren Unterhaltung neben einer qualitativ weit geringeren Leistung.

## 2. Leistung großer Filter.

Die Tabelle S. 63 zeigt, daß ein Apparat von 7 Filterringen, die eine Grundfläche von 1288 qm einnehmen, eine senkrechte Filterfläche von 1812 qm herstellen und rund 12000 cbm reines Wasser liefern.

Drei Apparate würden also täglich 36000 cbm Filtrat liefern.

Ver mehrt man die Zahl der Filterringe auf neun; die eine Grundfläche von 2165 qm einnehmen würden, so entspräche dies einer senkrechten Filterfläche von 3008,38 qm im Ganzen und einem täglichen Filtrat von rund 20000 cbm, die pro cbm Wasser billiger zu stehen kommen, als bei kleineren Filtern.

Dies folgt aus einem Voranschlag, den ein Unternehmer neuerdings für das kleinste Filter von 16 qm Grundfläche und eine tägliche Leistung von 200 cbm Filtrat dahingehend aufgestellt hat, daß die gesamte Eisenbeton-Konstruktion auf Grund örtlich bemessener Materialpreise 2150 Mk. also rund 134 Mk. pro Quadratmeter kosten werde, wobei die Dicke der beiden Zylindermäntel wesentlich geringer, als die oben vom Verfasser angenommenen, für genügend erachtet werden.

Der Vorteil der senkrechten Filter ist also ein doppelter:

1. Die Baukosten sind, obwohl der Preis pro qm Grundfläche höher als bei reinen Sandfiltern ist, dennoch absolut niedriger als bei diesen und
2. beträgt die Leistung pro qm Filterfläche täglich 6,616 cbm, während Sandfilter höchstens 2,4 cbm von minderer Qualität liefern.

## 3. Die Beschickung der Filter.

Es ist nicht zu verkennen, daß bei senkrechten Filtern das Ein- und Ausbringen der Koks und des Sandes mehr als bei wagerechten Filtern erschwert ist, wenn diese so eingerichtet sind, daß die Sandmassen mit Schubkarren ein- und ausgeführt werden können.

Es ist daher besonderes Augenmerk darauf zu richten, die Auswechselung der Filterschichten soweit als möglich zu erleichtern, was durch im Umkreis des äußersten Ringes verlegte Schienengeleise und durch kleine Hunde ermöglicht wird.

Schon zur Abhaltung des Frostes ist es nämlich angezeigt, außer-

halb vom Umkreis des letzten Filterringes 0,75—1,0 m entfernt über Erde einen Betonmantel herzustellen, den Zwischenraum mit Steinkohlenasche zu füllen, die oben durch eine Betonschicht abgeschlossen wird und nicht ganz so hoch wie die obere Kante der Verteilungströge zu liegen kommt.

Es ist dann leichter, durch provisorisch übergelegte Bohlen das Filtermaterial in das Innere und umgekehrt zu transportieren.

Der äußere Betonmantel reicht bis zur Bedachung und sind darin die nötigen Fenster aus Rohglas, oder auch in der flachen Rasen-Bedachung auszusparen bzw. dahin zu verlegen.

Da der stehende Dachstuhl auf Säulen fußen kann, die auf den Betonwänden der inneren Reinwasserzylinder fußen, so kann derselbe dauerhaft und tragfähig hergestellt werden; nur ist darauf zu sehen, daß durch die Stellung der Säulen der Verkehr unter dem Dache nicht unnötig erschwert werde.

#### 4. Die Zu- und Abführung des Wassers.

Vorstehendes ist auch bei Anordnung des Röhrensystems wohl zu beachten, insofern die Zubringer in Mannshöhe über die Verteilungströge gelegt und am Dach aufgehängt werden müssen.

Da es sich bei großen Apparaten um die Zuführung und entsprechende Verteilung beträchtlicher Wassermengen über alle Filterringe, also darum handelt, daß den äußeren beträchtlich mehr davon als den inneren pro Sekunde zukommt, so genügt ein großer Zubringer nicht, sondern es werden zwei so angeordnet, daß sie in der Mitte des Apparates in Kreuzform ineinander übergehen, wo ein über das Dach hinausreichendes oben offenes Standrohr anzubringen ist, um die Druckschwankungen auszugleichen und die Ansammlung von Luft im Röhrensystem zu verhüten. An der Unterseite sind Stutzen angegossen und mit Hähnen armiert, an welche zahlreiche Schläuche angebracht sind, die bis in die Verteilungströge herabreichen. Mittelst derselben ist es sehr leicht, eine gleichmäßige Speisung zu erzielen: der Aufseher ersieht mit einem Blick, ob der Wasserstand hoch genug ist, um die senkrechten in die Tröge einmündenden geschlitzten Röhren um einige Zentimeter zu übersteigen und er regelt dies durch die betreffenden Hähne.

Das Einführen des Wassers durch Schläuche ist zweckmäßig,

weil dabei keine Wirbel in den Verteilungströgen entstehen und der Absatz der feinen Sinkstoffe erleichtert wird.

Die Zuführung des Wassers aus dem Hauptdruckrohr zu den unter dem Dachstuhl liegenden beiden Röhren erfolgt an einem oder zwei Punkten durch aufrecht stehende Röhren, die durch ein im Umfang des Apparates angeordnetes Rohr miteinander verbunden sind.

Dem Abfluß des reinen Wassers dient ein einziges im halben Durchmesser des Apparates verlegtes Hauptrohr in einer, von außen zugänglichen unter dem Betonfundament liegenden überwölbten Galerie aus Betonmasse, in welcher ein Arbeiter den Abfluß der durch kurze Röhren angeschlossenen Reinwasserringe mittelst Hähnen oder Schieberventilen nach Bedarf regelt. — In derselben Galerie ist weiter ein Spülrohr anzulegen, dazu bestimmt, die Sohlen der Filterringe vor dem Einbringen des Materials reinigen zu können.

Daß das gesamte Rohrnetz in seinen einzelnen verschiedenen Dimensionen dem in 24 Stunden zufließenden rohen Wasser reichlich angepaßt werden kann, ist sorgfältig vorzusehen.

Im allgemeinen dürfen bei dem Bezug des Rohwassers aus fließenden Gewässern durch Pumpstationen mehrere offene Vorreinigungsbecken nicht fehlen, die zweckmäßig so hoch zu liegen kommen, daß das Speisewasser dem Filter mit freiem Fall zufließen kann, um ein doppeltes Pumpen zu vermeiden.

Nicht in letzter Linie bedeutet das neue System auch eine bedeutsame Entlastung der städtischen Kassen, denen Millionen gegenüber Wasserwerken alten Stils erspart werden könnten, — ganz zu geschweigen von der Möglichkeit, auch den leitenden Technikern ihr schweres verantwortliches Amt zu erleichtern und den Erfolg ihrer Mühen sicherer zu stellen.

### 5. Teilung der Filter.

Wo der private oder kommunale beschränkere Wasserbedarf durch ein einziges Filter gedeckt werden kann, wäre es unrichtig, weil teuer, zu dem Ende zwei oder mehr Filter zu erbauen. Während der Zeit, wo vorübergehend behufs der Vornahme einer neuen Füllung der Betrieb ganz aufhören muß, also kein reines Wasser verfügbar ist, kann dieser Mißstand leicht dadurch vermieden werden, daß man das Filter durch

Zwischenwände, die von der Mitte des inneren Zylinders radial nach dem äußeren Umfang eingebaut werden, in zwei oder mehr Sektoren zerlegt, deren Zahl mit der Größe der Filter zunehmen kann.

Dadurch ist es möglich, einen einzelnen Sektor vom Betrieb auszuschneiden und frisch zu füllen, während die anderen Sektoren reines Wasser liefern.

Die aus Eisenbeton herzustellenden Scheidewände nehmen wenig Raum weg und durchqueren den inneren Zylinder wie die Filterschichten, nicht aber unbedingt die Verteilungsrinne, die durch eingesetzte Schieber vorübergehend in entsprechende Abschnitte so geteilt werden kann, daß der Wasserzufluß zu den arbeitenden Sektoren ermöglicht wird.

So kann ein Filter von 5 m Durchmesser des inneren Zylinders in zwei Abschnitte, ein solcher von 7 m in drei und eines von 11 m in vier Sektoren geteilt werden.

Solche Einteilungen gewähren den weiteren Vorteil, daß sie einzeln mit reinem Wasser gespült werden können, indem man den inneren Zylinder mit reinem Wasser füllt, und diesem dadurch eine rückläufige Bewegung gibt, daß man nach Abstellung des Zuflusses eines Sektors seine Siebröhren nacheinander mittelst Schläuchen und einer Saugpumpe entleert und dadurch ein Zurückströmen des reinen Wassers aus dem inneren Zylinder durch das Filtermaterial hindurch erzwingt. In dieser Weise läßt sich der gesamte Filterapparat dem Bedürfnis gemäß nacheinander behandeln und ausnutzen.

Diesen besondern Vorteil geteilter Filter erreicht man auch, wenn man für den einfachen Tagesbedarf einen Apparat von doppelter Leistung erbaut. Würde z. B. hierzu eine tägliche Wassermenge von rund 300 cbm genügen, so kann diese schon nach Tabelle Seite 62 bei einem Durchmesser von 5,50 m erzielt werden. Baut man dagegen ein Filter von 9,50 m Durchmesser, welches rund 631 cbm täglich reinigt und teilt man es durch eine Scheidewand in zwei gleich große Teile, so wird jede Hälfte den Tagesbedarf von 300 cbm reinigen. Man kann also dieselbe Hälfte einen Tag um den andern benutzen, während die andere Hälfte ruht, sich völlig entwässert und mit dem Sauerstoff der Luft sättigt. Durch diese intermittierende Benutzung wird es möglich, mit einer und derselben Fül-



lung des ganzen Filters doppelt so lang, also etwa 20 Monate auszureichen, während, wenn man nur ein kleineres Filter von 5,50 m Durchmesser baut, alle 9—10 Monate neues Material eingebracht und der Betrieb 8—14 Tage lang unterbrochen, auch während der Füllungszeit gereinigtes Wasser mangeln würde.

## Achtes Kapitel.

### Die Röhrenleitungen

der Leistung der Filterapparate örtlich anzupassen, unterliegt für Fachleute keiner Schwierigkeit. Stehen bei größerem Bedarf die einzelnen Filter in gerader Richtung vor- und nebeneinander, so legt man das Hauptdruckrohr für rohes Wasser auf die eine und das Sammelrohr für das Filterwasser der anderen Seite entlang, und verbindet die einzelnen Filter mit beiden Haupttröhren durch kleinere Zuleitungs- und Abflußröhren. Das Anbringen der nötigen Schieber und Hähne für die Regelung dieser Ein- und Abflüsse ergibt sich von selbst.

Schöpft ein Wasserwerk aus einem Fluß, so dürfte es, um doppeltes Pumpen zu vermeiden, zweckmäßig sein, die Vorreinigungsbecken so hoch anzuordnen, daß das Wasser mit freiem Fall auf die Filter fließen kann.

Solche Becken sind nötig, um das Wasser von gröberem und vielen feineren Sinkstoffen durch Absitzenlassen zu befreien und die Filter davon zu entlasten. Ihre Zahl, Fläche und Tiefe kann eine relativ beschränkte sein. Schädlich ist es durch Zwischenwände den Lauf des Wassers durch die Becken zu erschweren, weil dabei Wirbel entstehen, und das Absetzen des Detritus verlangsamt wird.

Außerdem ist die Vorsicht anzuwenden, das Wasser nicht direkt durch das Druckrohr der Pumpe in die einzelnen Becken fließen zu lassen, sondern diesen je einen langgestreckten schmälern Rinnsal vorzulegen und erst aus letzterem die einzelnen Becken nach Bedarf zu speisen.

Um die Reinigung selbst zu erleichtern und zu verbilligen, sind stark vertiefte Vorbecken zu vermeiden. Zweckmäßig ist, ihre Sohlen an der Seite, wo das rohe Wasser einfließt, tiefer zu legen als dort, wo es ausfließt, die Sohle also aufsteigen zu lassen, damit der Schmutz sich vorzugsweise in den tiefsten Stellen ablagert.

Um auch den feineren Schlick aus dem getrübten Wasser rascher aufsaugen zu lassen, belegt man die ganze Sohle mit auf einer Längsseite hochkant stehenden rauhegebrannten Backsteinen, deren große Absorptionskraft den Schlick anzieht und festhält. Die periodisch auszuhebenden und zu ersetzenden Steine können, wenn sie längere Zeit Wind und Wetter ausgesetzt waren, immer wieder benutzt werden.

---

## Neuntes Kapitel.

### Erfahrungsergebnisse.

Als nach einer Gewaltprobe von mehr als elfmonatlicher Dauer die erste Füllung des neuen Filters in Skalitz auseinander genommen und untersucht wurde, fand Dr. Hanamann, daß die Koksschicht viel Eisenoxydhydrat, Schwefeleisen und Silikate mit wenig Kalk, aber mit weit mehr Magnesia und etwas Tonerdesilikat verdichtet hatte, während auf den senkrechten Filterröhren, aber nicht in deren Innern, Krusten von Eisenoxydhydrat, von Eisenoxydulsalzen herrührend, sich niedergeschlagen hatten, die indes mit Bürsten leicht zu entfernen waren. Die Sandschichten waren dagegen, wie zu erwarten, mit feinsten Schlammteilchen verunreinigt, die durch wiederholtes Dekantieren und Filtrieren leicht zu entfernen und zu beurteilen waren.

Es zeigte sich dabei, daß diese feinsten Schmutzstäubchen tagelang in stehendem Wasser schwammen, ohne zu Boden zu sinken, ein Nachweis, daß es keine eigentlichen Sinkstoffe waren, von denen der Sand wagerechter Sandfilter bis in die Tiefe verunreinigt ist.

Die Herausnahme der alten und das Einbringen der neuen Füllung des Skalitzer Filters erforderte 20 Tage und 8 Arbeiter.

Die Kosten betragen:

1. Arbeitslohn . . . . .	Kronen	162,22
2. Sand und Kies nebst Sieben . .	„	114,59
3. Für Koks . . . . .	„	250,00
4. Für kleine Reparaturen an den Blechdeckeln und für Einfüllungs- schablonen . . . . .	„	93,10
	Summa Kronen	<u>619,91</u>

oder Mark 526,92, eine relativ hohe Ausgabe, die indessen bei verbesserter Einrichtungen größerer Filter sehr heruntersetzt werden kann.

Eine Vergleichung der Baukosten des neuen Filters (S. 64 und 65) und dessen Unterhaltung mit den nach allen Regeln der seitherigen Reinigungstechnik erbauten und verwalteten Wasserwerken der Stadt Berlin, insoweit diese mit wagerechten Sandfiltern arbeiten, läßt folgende Erwägungen und Schlüsse zu.

Nach amtlichen Quellen wurden im Jahre 1903 = 57 501 892 cbm Wasser für den Verbrauch von 81,24 Liter pro Kopf und Tag beschafft.

Die täglich gelieferte Maximalmenge betrug 213 458 cbm.

Als künstliche Sandfilterfläche dienen nur 115 000 qm.

Die Maximalleistung eines Quadratmeters Filterfläche betrug in 24 Stunden 2,40 cbm reines Wasser.

Es wurden also höchstens durch Sand filtriert nur 69 000 cbm.

Da ein Quadratmeter 65 Mk. an Baukosten erforderte, wurden für 115 000 qm Filterfläche 7 475 000 Mark verausgabt und für Tilgung und Restzinsen der gesamten Wasserwerke waren im Jahre 1903 5,134 Mk. pro 100 cbm Wasser nötig.

Für die Beurteilung der Unterhaltungskosten der Berliner Sandfilter kommen in Betracht:

1. die 1,20 m hohen Filterschichten, bestehend aus 30 cm runden Feldsteinen bis zu 30 cm Größe,
2. die 30 cm hohe Kiesschichte mit Körnung von 4—30 mm,
3. die 60 cm hohe Sandschichte mit einer geringsten Körnung

von etwa 0,35 mm (die indes bis auf 0,5—9 mm im neuen Filter ansteigen kann).

Von der 3. Schichte muß die Filterhaut im Mittel alle sechs Wochen abgenommen, gewaschen und der Sand wieder benutzt werden, der übrige Teil bleibt zwar im Filter, es werden aber die allmählich beseitigten 25—30 cm Sand etwa alle  $2\frac{1}{2}$  Jahre wieder ersetzt.

Bei einer 60 cm hohen Sandschichte müssen in Berlin für 115000 qm Filterfläche im ganzen 69000 cbm scharfer Sand beschafft und jährlich etwa die Hälfte mit 34500 cbm in kurzen Fristen, alle 6 Wochen, teilweise wieder ausgekarrt, gewaschen und wieder eingekarrt werden, während das Füllmaterial des neuen Systems erfahrungsgemäß 10 Monate ohne Nachteil für die Reinigung beibehalten werden konnte! — Auch ist die erforderliche Sandmasse gegen die obige verschwindend klein.

Die Beschaffung des übrigen jährlichen Nutzwasserquantums ist für Berlin dadurch erleichtert, daß man einen großen Teil durch Brunnen aus dem reinen Sanduntergrund entnimmt, also nur einen kleineren Teil des Wassers durch Sandfilter reinigen muß.

Der Selbstkostenpreis eines Kubikmeter Wasser war 1903 = 0,11766 Mk. — der Verkaufspreis 0,16638 Mk.

Vergleicht man dem gegenüber die entsprechenden Ausgaben für das neue Filtersystem, so weit dies überhaupt bei seinen geringen Dimensionen zutreffend sein dürfte, so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Die Gesamtkosten betragen in Skalitz nach S. 59 rund 4535 Mk., also entfallen für Zinsen und Tilgung zu 6 Prozent 272,10 Mk.

Es sei hierzu bemerkt, daß sich Baukosten und Verzinsung wesentlich vermindern, wenn das Filter anstatt aus Backsteinmauerwerk aus Beton erbaut worden wäre. (S. 65)

Auch können die Siebröhren, anstatt aus Metall, aus Steinzeug durch die Firma Th. Knödgen Wwe. in Ransbach (Westerwald) zu Mk. 12—15 pro Stück loko Fabrik angefertigt werden.

Die täglichen Kosten wechseln allerdings noch in weiten Grenzen, je nachdem das rohe Wasser mit freiem Fall zugeleitet werden kann oder gepumpt werden muß.

Als eigentliche Unterhaltungskosten kommen für Skalitz in Betracht:

1. Die tägliche Bedienung des Filters, die nur ganz vorübergehend einen Arbeiter der Brauerei beschäftigt. Das Anlassen und Abstellen der durch ein Wasserrad betriebenen Pumpen, die auch für die Stadt Skalitz und das herrschaftliche Sägewerk arbeiten, besorgt der dafür ohnedies bestellte Aufseher und der Abfluß des Filterwassers in die Brauerei ist einfach auf das Öffnen und Schließen der Hähne im Inneren beschränkt.
2. Die Verzinsung und Tilgung des eigentlichen Baukapitals ist mit 6 Prozent hoch veranschlagt, weil nur die Metallröhren einer Abnutzung unterliegen, während das Mauerwerk selbst keine besondere Schädigung erfährt.

Die erste Füllung ist unter den Baukosten mit Mk. 373,88 verrechnet und wurde über 11 Monate benutzt. — Die zweite dagegen erhöhte sich nach Seite 71 auf 526,92 Mk., weil sie durch das Ausheben des alten Materials und den beengten Raum wesentlich verteuert wurde.

Die jährlichen Kosten betragen also  $272,10 + 574,83$  Mk., rund 848 Mk. bei einer täglichen Leistung von 216 cbm, pro Tag 2,3232 Mk. und pro Kubikmeter 0,929 Pf.

Auf die 300 Arbeitstage der Brauerei und auf 64800 cbm jährlich verteilt kostet der Kubikmeter 1,3086 Pf.

Wird dagegen das Filter aus Eisenbeton erbaut und werden anstatt Metallröhren solche aus Steinzeug verwendet, so berechnen sich nach S. 65 für Betonarbeit 2150 Mk., für Bedachung 503 Mk., für Röhren 216 und im Ganzen 2869 Mk.

hiervon für Verzinsung und Tilgung zu 6 % Mk. 172,14

„ Füllungskosten . . . . . „ 574,83

im Ganzen Mk. 746,97

und bei einer jährlichen Leistung von  $360 \times 216 = 77760$  cbm Filtrat, würde der Kubikmeter Wasser 0,96 oder rund einen Pfennig kosten.

Bei größeren Filtern werden sich außerdem die allgemeinen Kosten noch wesentlich abmindern.

## Zehntes Kapitel.

### Folgerungen.

Die augenscheinlichen Vorzüge des neuen Filtersystems vor den bisher verwendeten Sandfiltern gipfeln:

1. in weit geringeren Bau- und namentlich in wesentlich niedrigeren Unterhaltungskosten;
2. in der sehr einfachen Bedienung, also in sehr erleichterter Aufsicht und in verringerter Arbeit bei der laufenden Bedienung;
3. in hygienischer Hinsicht kommt eine tadellose Reinigung selbst stark verschmutzten Wassers zur vollen Wirkung, so daß die Furcht vor schädlichen Bakterien jeder Berechtigung entbehrt;
4. kommen besondere Anlagen für Enteisungen, die an vielen Orten große Kosten veranlassen, völlig in Wegfall\*);
5. läßt sich durch chemische Zusätze vor der Filtration rohes Wasser für manche Gewerbe in vielfacher Hinsicht leicht verbessern und, was bei wagerechten Sandfiltern unmöglich ist, auch der Härtegrad des Filtrates günstig beeinflussen;
6. hat das Versuchsfilter in Skalitz einen sehr günstigen Einfluß auf das Kesselspeisewasser ausgeübt, und ist es nicht ausgeschlossen, auf Grund weiterer Versuche im großen das für Dampfkessel so überaus nachteilige Chlormagnesium dadurch unschädlich zu machen, daß die Magnesia im Filter zurückgehalten und das Chlor gebunden wird;
7. ist die Konstruktion des neuen Filters eine sehr einfache

---

\*) Anm.: Welche eigentümlichen Methoden und durch das neue System vermeidbare Kosten dabei vorkommen, zeigt u. a. das Ozonwerk der Stadt Wiesbaden in Schierstein, welches, was aus der Analyse des Wassers vorherzusehen war, so viel Eisenoxydhydrat daraus abscheidet, daß noch eine besondere Enteisung nebst veralteten Sandfiltern erbaut werden muß; — ferner das Vorgehen der Stadt Hannover, wo die Filtration des an sich guten Untergrundwassers durch Holzwolle, also durch eine organische Substanz für die Oxydation von Eisen und Mangan benutzt wird, die dadurch einen Verwesungsprozeß erleidet, mithin das Wasser durch organische Stoffe verschlechtert, während der Hygieniker darauf hinarbeiten muß, letztere soweit als möglich von dem Gebrauchswasser fernzuhalten.

und der Gang der Filtration nach dem Augenschein leicht zu kontrollieren. Auch ist während zehn Monaten der Gang der Filtration ein durchweg selbständiger, bedarf also keinerlei Nachhilfe;

8. kann das neue System, wie dem kleinsten, so auch dem größten Wasserbedarf und den verschiedensten Örtlichkeiten leicht angepaßt werden, da es u. a. auf relativ kleinem Raum große Wassermengen reinigt; und daher einen sparsamen Erwerb des Baugrundes ermöglicht;
  9. eignet sich dasselbe ganz besonders dazu, das rohe Wasser aus Talsperren in tadelloses Genußwasser umzuwandeln;
  10. erfordert der Aufbau kleiner Filter keiner außergewöhnlichen technischen Kunstfertigkeit und kann nach der vorstehenden Anleitung dieser Schrift zutreffend ausgeführt werden;
  11. ist der Erfinder in der Lage, auf detaillierte Anfragen das Ergebnis seiner praktischen Erfahrung auf dem betreffenden Gebiet für größere Anlagen in den Dienst der Allgemeinheit zu stellen, um dadurch einer wirklich rationelleren Reinigung des Wassers Bahn brechen und unberechtigte Geldopfer für veraltete Filterkonstruktionen vermeiden zu helfen.
-





Zweiter Abschnitt.

Prüfung des Wassers auf organische Stoffe  
mittelst Kaliumpermanganat  
und seine Härtebestimmung.

Für Laien verfaßt

von

**Dr. Hanamann,**

Direktor der Fürstlich Schwarzenbergischen agrikulturehemischen  
Versuchsstation Lobositz.



## Erstes Kapitel.

### Die Vorrichtungen zur Untersuchung.

Damit der Laie die nachfolgenden Bestimmungen durchführen könne, sind die folgenden Vorrichtungen notwendig, die er zu handhaben erlernen muß.

#### 1. Die automatische Säure-Pipette. (Fig. 1 u. 2).

Sie dient zum Absaugen und Abmessen von 10 Kubikzentimeter = (ccm) Klee säure. Man saugt die abzumessende Flüssigkeit auf, bis dieselbe in das mit Abflußrohr und Stopfen versehene Überlaufgefäß fließen will, und schließt dieselbe durch den Druck des Zeigefingers auf die Gummikappe ab. Die Entleerung erfolgt beim Loslassen des Fingers. Beim Anlegen der Spitze an das Glas läuft der letzte Tropfen ab.

#### 2. Die Meßröhre mit Glashahn. (Fig. 3).

Diese Meßröhre ist in ganze und zehntel Kubikzentimeter-Grade geteilt und wird aus einem kleinen Bechergläschen mit Ausgußschnabel leicht mit Flüssigkeit, in diesem Falle mit Kaliumpermanganatlösung (Chamäleonlösung) angefüllt. Zweckmäßig ist die anruhend abgebildete Form, wo sich unten die Glasröhre verengt und stark nach außen krümmt und am unteren

Ende mit einem Glashahn von folgender Konstruktion versehen ist.

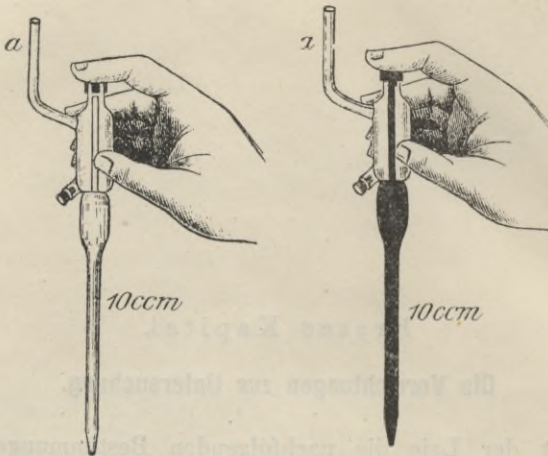


Fig. 1 und 2.

Ein solcher Hahn schließt nicht nur dicht, sondern erlaubt bei nur einiger Übung das tropfenförmige Ausfließen gegen das Ende der Prüfung. Gleichzeitig wird durch die Außenstellung des Abfluhahnes die eigentliche Meßröhre vor dem Erwärmen durch den Dampf der heißen Flüssigkeit bewahrt.

Das Füllen der Meßröhre ist einfach. Wenn die Bohrung des Hahnes nicht mit der Öffnung des Meßrohres gleich läuft, ist der Hahn geschlossen und man füllt die Röhre aus einem kleinen Gläschen mit Chamäleonlösung bis über den Nullpunkt an und läßt die Flüssigkeit in das kleine Gefäß, das zum Auffüllen gedient hat, so lange abtropfen, bis die Flüssigkeit den Nullstrich erreicht hat, worauf

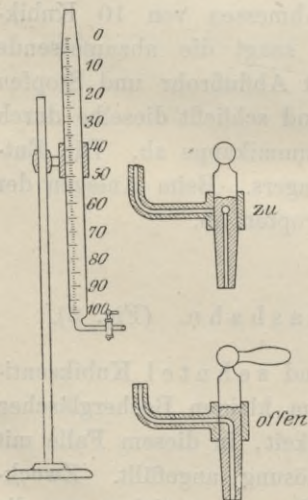


Fig. 3.

man durch leichtes Drehen des Hahnes die Abflußöffnung schließt.

Die Anziehungskraft der Glasröhre zum Wasser erteilt bekanntlich den wässerigen Flüssigkeiten in den Glasröhren an der Oberfläche einen konkaven, d. i. gegen die Mitte gesenkten, gegen die Wandröhre gehobenen Stand, wie die beifolgende Figur andeutet. Bei *a* berührt sich die Flüssigkeitslinie mit der Gradlinie und in dieser Stellung wird abgelesen, indem man das Auge in die gleiche Höhe mit der abzulesenden Oberfläche der Flüssigkeit bringt.

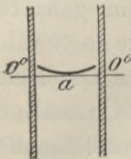


Fig. 4.

Diese Röhren fassen 25—50 ccm.

3. Eine Ballon-Pipette Fig. 5 die aufgesogen 5 ccm faßt.

Dieselbe dient zum Aufziehen und Abmessen von Schwefelsäure, einer Flüssigkeit, die unter dem Namen Vitriolöl bekannt ist, sehr ätzend wirkt und organische Stoffe schnell zerstört. Bei ihrem Gebrauch ist große Vorsicht notwendig. Man läßt sich dieselbe in der Apotheke bereiten. Sie wird in folgender Stärke angewendet. Man gießt langsam 100 ccm englische Schwefelsäure in 300 ccm chemisch reines, sogenanntes destilliertes Wasser unter Umrühren, wobei sich die Säure stark erhitzt. Man darf ja nicht umgekehrt verfahren, und das Wasser etwa in die Schwefelsäure gießen, weil dieses siedend herausspritzen und Unglück anstiften würde. Auch bei der Aufbewahrung der Säure muß man Vorsicht anwenden, ebenso beim Absaugen, daß sie ja nicht in den Mund gelangt.

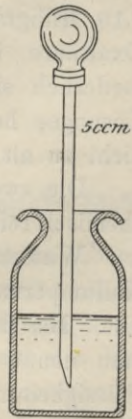


Fig. 5.

Ferner bedarf man noch:

4. Bechergläser von 7 ccm Durchmesser und 8—9 ccm Höhe (2—3 Stück). Eine Weingeistlampe, einen entsprechenden Dreifuß, ein Drahtnetz und einige Glasstäbe zum Umrühren.

5. Zur Prüfung des Wassers sind zwei Flüssigkeiten notwendig, die man aus großen Chemikalienhandlungen fertig beziehen kann und von denen die eine, eine schwache Auflösung

von Kleesäure oder Oxalsäure, die andere eine Auflösung von Kaliumpermanganat in chemisch reinen

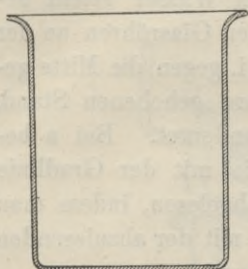


Fig. 6. Becherglas.

Wasser sind, auch Chamäleonlösung genannt. Erstere Flüssigkeit ist farblos, letztere dunkelviolettfärbt. Die Chemikalien sind im Wasser in ganz bestimmten Mengen aufgelöst, die so gewählt sind, daß 10 ccm der farblosen Oxalsäure genau 10 ccm der violetten Chamäleonlösung entfärben, wenn sie miteinander unter Zusatz von etwas Schwefelsäure in Berührung kommen und erwärmt werden.

Man bestellt: „Ein hundertstel normal titrierte Oxalsäure (Kleesäure) und ein hundertstel normal titrierte Chamäleonlösung (Kaliumpermanganatlösung).“ Bei richtiger Einstellung entsprechen 10 ccm Oxalsäurelösung 10 ccm oder 6,3 Milligramm Oxalsäure 3,16 Milligramm Kaliumpermanganat, welche zur Zersetzung der Oxalsäure in ein farbloses Gas, nämlich Kohlensäure, erforderlich sind. Im Notfalle kann jeder Apotheker diese zwei Lösungen herstellen, nur muß das Kaliumpermanganat frisch oder nicht zu alt sein.

Die zwei Hauptlösungen werden bereitet, indem man 0,63 g chemisch reiner, kristallisierter Oxalsäure in einem Liter destillierten Wassers und 0,3165 g chemisch reines frischbereitetes Kaliumpermanganat ebenfalls in einem Liter destillierten Wassers löst. Bei dieser Stärke nennt man beide Lösungen  $\frac{1}{100}$  Normal, man nennt sie dann titrierte Lösungen. Die genannten zwei Flüssigkeiten müssen in Glasflaschen mit gut eingeschliffenen Glasstöpseln im dunkeln (wo möglich in kälteren Räumen) aufbewahrt oder mit Pappendeckelhüllen lichtdicht umgeben werden, weil sich dieselben nur bei Lichtabschluß längere Zeit halten. Der Oxalsäure setzt man, um sie länger haltbar zu machen 1 g Borsäure auf 1 Liter Lösung zu. Hierzu sind 2 Zweiliterflaschen mit Glasstöpseln notwendig.

Nach jedem Vierteljahr müssen die Flüssigkeiten erneuert, daher neu bezogen werden. Nach jedem Gebrauch müssen die verwendeten Flüssigkeiten wieder abgelassen werden, und die entleerten Meßröhren außer der automatischen Meßröhre für die

Schwefelsäure mit Wasser gereinigt, hierauf mit Filtrier- oder Fließpapier ausgewischt und ausgetrocknet werden. Die Auswischpapiere dürfen nicht fett sein, denn die fette Glaswand bewirkt, daß die eingegossene Flüssigkeit nicht recht zusammenhängend von der Glaswand abläuft, sondern zurückbleibende Tröpfchen ansetzen läßt, wodurch die Messung ungenau wird.

Nach einiger Zeit überzieht sich die Meßröhre an einigen Stellen mit einem sehr schwachen braunen Anflug. Um diesen Schmutz zu entfernen, befeuchtet man die Innenwand der Chamäleonmeßröhre mit etwas Salzsäure (Vorsicht, da sie eine ätzende Flüssigkeit ist), die man in jeder Apotheke oder Materialwarenhandlung erhält, wäscht mit destillierten oder reinen Regenwasser nach, wodurch die Glasröhre wieder ihr früheres reines Ansehen erhält.

Zum Reinigen der Röhren und Pipetten benützt man am besten reines Regenwasser oder ein sehr weiches Bachwasser.

---

## Zweites Kapitel.

### Die Ausführung der Prüfung des Wassers auf organische Stoffe.

Die organischen, im Wasser gelösten, nicht wahrnehmbaren Stoffe haben die Eigenschaft, beim Kochen eine saure Chamäleonlösung zu entfärben und aus der größeren oder kleineren Menge Chamäleonlösung, welche entfärbt wird, kann man auf das Vorhandensein einer größeren oder geringeren Menge der organischen Stoffe zurückschließen und ihre beiläufige Menge bestimmen.

Es geschieht dies auf folgende Art:

In einer Glasröhre mit Fuß und Ausguß, die etwa 24 cm hoch und 3 cm weit ist (Fig. 7) und eine Marke (Einschnitt) dort trägt, wo sie gerade 100 ccm Wasser bei 17—18 ° Celsius faßt, mißt man das zu prüfende Wasser ab, gießt hierauf die 100 ccm Wasser in einen Becher oder ein Kochglas, welches etwa 300 ccm faßt und versetzt sie mit 5 ccm der vorgeschriebenen Schwefelsäure, füllt die Meßröhre mit Glashahn mittelst des kleinen Bechergläschens (Fig. 8) mit Chamäleonlösung an bis über

den Teilstrich, läßt in dasselbe Gläschen durch leises Öffnen des Hahnes die Lösung zurücktröpfeln, bis der Nullstrich erreicht ist. Jetzt nimmt man das vorhin mit Wasser und Schwefelsäure versetzte Gefäß zur Hand und läßt aus der Chamäleonmeßröhre genau 10 ccm der violetten Flüssigkeit in das zu prüfende Wasser ausfließen, stellt das Gefäß auf den mit einem Drahtgeflecht überdeckten Dreifuß und erhitzt die Flüssigkeit (das gefärbte Wasser) zum Kochen. Vom Beginn des Aufwallens kocht man noch fünf volle Minuten lang.\*) Darauf saugt man mit der automatischen 10 Kubikzentimeterpipette genau 10 ccm Oxalsäure auf und entleert sie in die gekochte Flüssigkeit, die sich sofort entfärbt. Jetzt läßt man, die Flüssigkeit vom Dreifuß abhebend, einige Minuten stehen, und tröpfelt unter stetem

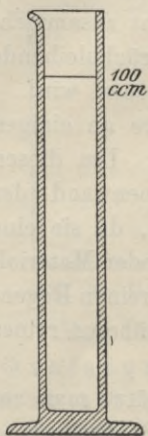


Fig. 7. Umrühren des Wassers mit dem Glasstabe aus der Meßröhre so lange Chamäleonlösung zu, bis die ganze Flüssigkeit einen rosigen Farbenstich zeigt, der sich besonders von einem weißen Papier, auf welches man das Kochglas stellt, gut abhebt und deutlich sichtbar wird. Von dem Momente an hört man mit dem Zutropfen der Chamäleonlösung auf und sperrt den Hahn ab.

Jetzt liest man von der Meßröhre die Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter und deren Zehntelgrade ab und notiert sie.

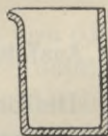


Fig. 8.

Angenommen, es wurden ursprünglich, wie vorgeschrieben, 10 ccm Chamäleonlösung in das angesäuerte Wasser abgelassen, später 5 ccm bis zum Eintritt der rosigen Färbung des Wassers zugesetzt, so erfordern die in 100 ccm Wasser vorhandenen organischen Stoffe zu ihrer Zerstörung 5 ccm Chamäleonlösung, weil ja die zuerst zugesetzten 10 ccm Chamäleon durch 10 ccm später zugesetzter Kleesäurelösung zersetzt wurden. Abgelassen wurden aus der Chamäleonmeßröhre zusammen 15 ccm weniger 10 ccm

\*) Die rote Flüssigkeit beginnt sich beim Kochen zu entfärben, bleibt aber in der Regel nach dem Kochen noch rot, sollte sie farblos werden, so müßten noch 5 ccm oder mehr Chamäleonlösung zugesetzt werden, bis das Wasser rötlich bleibt, was nur bei sehr verunreinigten Wassern eintreten dürfte.



also 5 ccm. In 1000 ccm Wasser oder in einem Liter sind daher zehnmal so viel Kaliumpermanganat notwendig zur Zerstörung der organischen Stoffe d. i. 50 ccm multipliziert mit 0,316 dem ständigen Faktor, was 15,8 Milligramm Kaliumpermanganat ergibt.

Man verfertigt sich nun eine Tabelle wie folgt:

Datum Juni	Verbrauchte Chamäleonlösung	Verbleiben ccm	Berechnet per 1 Liter Milligramm Kaliumpermanganat
1.	15,0	15,0 — 10 = 5,0	5 × 3,16 = 15,8
2.	16,8	16,8 — 10 = 6,8	6,8 × 3,16 = 21,4
3.	14,2	14,2 — 10 = 4,2	4,2 × 3,16 = 13,2
4.	12,5	12,5 — 10 = 2,5	2,5 × 3,16 = 7,9

Diese letzten Milligrammwerte können mit 3\*) multipliziert, annähernd als die Menge organischer Stoffe angesehen werden, die in 1 Liter Wasser enthalten sind. In diesen 4 Fällen wären es 47,4 mg (Milligramm), 64,2 mg, 39,6 mg und 23,7 mg.

Vor der Prüfung des zu untersuchenden Wassers muß man sich überzeugen, ob die beiden Flüssigkeiten übereinstimmen. Man verschafft sich aus einer Apotheke destilliertes Wasser (200—300 ccm) mißt 100 ccm davon im Meßgefäß mit Fuß ab, entleert sie in das Kochglas und prüft sie, wie vorhin angegeben wurde, unter Zusatz von 5 ccm Schwefelsäure und 10 ccm Chamäleon unter Erhitzen und nachträglichem Zusatz von 10 ccm Oxalsäurelösung. Die erhitzte Flüssigkeit muß sich gerade entfärben und einige weiter zugesetzte Tropfen von Chamäleonlösung müssen nach dem Umrühren der ganzen Flüssigkeit eine rosige Färbung erteilen.

Werden zu 10 ccm  $\frac{1}{100}$  Normaloxalsäure statt 10 ccm 9,6 oder 10,6 ccm Chamäleonlösung verbraucht, so muß man von der gesamten Anzahl ccm der bei einem Versuch verbrauchten Chamäleonlösung, z. B.  $10 - 4,7 = 14,7$  ccm, statt 10 abziehen 9,6 bzw. 10,6, also  $14,7 - 9,6 = 5,1$  oder im letzteren Falle  $14,7 - 10,6 = 4,1$  ccm welche nach der Gleichung:

$$9,6 : 10 = 5,1 : x \quad (x = 5,3)$$

$$10,6 : 10 = 4,1 : x \quad (x = 3,9)$$

umzurechnen sind, und erst diese Zahlen werden dann mit dem Faktor 0,316 multipliziert.

\*) Siehe die Anmerkung am Schlusse der Abhandlung.

Geschieht dies, so sind die beiden Prüfungsflüssigkeiten richtig eingestellt, man sagt titriert und zur weiteren Prüfung brauchbar. Nach längerer Zeit, 3—6 Monaten, verändern sich aber die beiden Lösungen und stimmen nicht mehr genau überein, dann müssen frische Lösungen aus der Chemikalienhandlung bezogen werden.

Sollte dem Laien eine oder die andere Handhabung nicht ganz klar werden, so ist jeder Apotheker in der Lage, demselben die Anleitung noch näher zu erklären, ja selbst einzuüben, wenn er die vorliegende Beschreibung genau durchliest.

Sämtliche Apparate und Utensilien nach vorliegender Zusammenstellung, liefert C. Gerhardt (Marquarts Lager chemischer Utensilien) in Bonn a. R.

### Drittes Kapitel.

#### Erklärung der Zeichnungen.

Fig. 9.

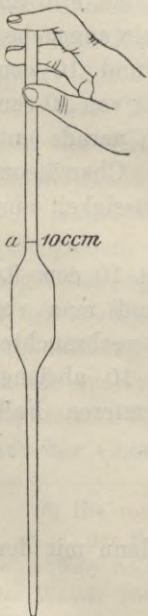


Fig. 9.

Das Saugrohr oder die Pipette besteht aus einer nach unten spitz zulaufenden, gegen die Mitte zylindrisch sich erweiternden, dann in einen längeren Ansatz endigenden Glasröhre, welche bis zum Abstrich einen Raum von genau 10 Kubikzentimeter umfaßt. Man hält die Spitze des Rohres in die Flüssigkeit, aus der man Anteile absaugen will und saugt an dem oberen Ende die Flüssigkeit bis über die Marke oder den Abstrich a, indem man das Röhrchen oben mit dem Daumen und Mittelfinger der rechten Hand festhält und die obere Öffnung schnell durch den Druck des Zeigefingers der rechten Hand verschließt.

In dem Verhältnis, als man Luft zwischen Zeigefinger und Glas eindringen läßt, rinnt unten die Flüssigkeit ab. Man läßt die aufgesogene Flüssigkeit durch Lüften des Fingers einfach ausrinnen, ohne hineinzublaseu. Die letzten Tropfen fließen leicht ab, wenn man die Spitze des Saug-

röhrens an das Glas anhält. Bei einiger Übung mit Wasser gelingt das Absaugen, Verschließen und Ablassen recht gut. Man sehe darauf, daß der Abstrich bei a möglichst tief liegt, damit man nicht zu hoch saugen muß, auch nehme man die Kleesäure nicht in den Mund, da sie ein schwaches Gift und ätzend ist. Durch Aufsaugen und Ausspülen mit reinem Wasser kann die Pipette leicht gereinigt werden, muß aber vor dem Gebrauch trocken sein.

---

## Viertes Kapitel.

### Die Härtebestimmung des Wassers.

Die Härte eines Wassers hängt bekanntlich von dem Gehalte desselben an Kalk und Magnesiumsalzen ab. Zur möglichst schnellen Bestimmung derselben kann man sich mit Vorteil der Methode von Clark bedienen, die darauf beruht, daß eine zu kalkhaltigem Wasser zugesetzte Seifenlösung so lange unter Bildung unlöslicher Kalkseife zersetzt wird, als sich noch Kalk und Magnesia in Lösung befindet.

Das Ende der Reaktion, also der Überschuß der Seifenlösung wird an dem, beim Schütteln erzeugten und dann bleibenden Schaum erkannt.

Die Härte des ungekochten Wassers nennt man die Gesamthärte, die durch Kochen abgeschiedenen, an Kohlensäure gebundenen, Kalk- und Magnesia-Verbindungen machen die vorübergehende oder temporäre Härte aus und aus der Differenz beider ergibt sich die bleibende Härte.

Die zur Ausführung der Härtebestimmung des Wassers nötigen Glasgefäße bestehen in einer gläsernen Flasche mit eingeschlifften Glasstöpsel, die über 200 ccm Inhalt faßt und in einer, in Kubikzentimeter geteilten Bürette von nachstehender Beschaffenheit.

Der Mischzylinder oder die Mischflasche hat eine Marke, bis zu welcher genau 100 ccm reichen. Die Bürette ist in 50 ccm oder 100 ccm geteilt; hat einen schnabelförmigen Ausfluß

mit einem Ansatzröhrchen, das mit einem Korkstöpsel verschlossen werden kann.

Außerdem braucht man eine 10 ccm, 20 ccm, 50 ccm 100 ccm Pipette zum Abmessen der Flüssigkeiten und des Wassers.

Die nötigen Reagenzien bestehen in einer titrierten Seifenlösung und einer titrierten Lösung von Chlorbarium oder gesättigter Lösung von Gips zum Einstellen der Seifenlösung. Man erhält diese Lösungen schon im titrierten Zustande in jeder größeren Chemikalienhandlung oder kann sich dieselben dort zubereiten lassen. Die Zubereitung dieser Reagenzien findet sich am Schlusse dieser Abhandlung. Außerdem braucht man noch 1—2 Liter destilliertes, reines Wasser.

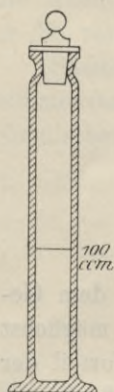


Fig. 10.  
Mischflasche.

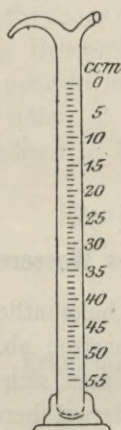


Fig. 11.  
Bürette.

Man bringt mit der Pipette 100 ccm der so dargestellten Bariumlösung oder Gipslösung in das Stöpselglas, die bis zu der angebrachten Marke reichen werden und läßt aus der Bürette so lange von der obigen Seifenlösung zufließen, bis stets nach Verschuß der Flasche und kräftigem Schütteln ein starker Schaum entsteht.

Dem Laien bereitet es anfangs Schwierigkeiten, den richtigen Punkt der Schaumbildung zu erkennen, bis er darin eine gewisse Übung erworben hat. Es muß daher zur näheren Orientierung hinzugefügt werden, daß, wenn zu wenig Seifenlösung zugesetzt wurde, der sich bildende, dünne Schaum sofort nach dem Schütteln wieder zerfällt; je mehr man aber zusetzt, desto länger dauert es nach heftigem Durchschütteln, bis der Seifenschaum zerfließt, bis endlich nach weiterem Zusatz der Seifenlösung, zuletzt durch Zutropfeln derselben, ein stehenbleibender, dichter, feiner, weißer Schaum nach dem Umschütteln entsteht, der durch volle fünf Minuten stehen bleiben und nicht zerfließen darf. Jetzt ist der Punkt getroffen, wo das Ende der Reaktion

eingetreten ist und der kleine Überschuß der Seifenlösung die starke Schaumbildung hervorgerufen hat.

Sobald man im Titrieren mit Seifenlösung einige Übung erlangt hat, erkennt man unschwer den Punkt, wo die Seifenlösung alle Erdsalze zersetzt hat. Hat man 100 ccm Barium oder Gipslösung genommen, und ist die Seifenlösung richtig eingestellt, so wird man zu deren Zersetzung genau 45 ccm Seifenlösung gebrauchen. Hatte man aber bis zum Eintritt und Festhalten des Schaumes weniger nötig, so muß die zu starke Lösung mit Weingeist von 56 Volumprozenten (Tr.) so weit verdünnt werden, um in 100 ccm der Barium- oder Gipslösung die Schaumbildung hervorzurufen. Angenommen, es seien nur 15 ccm der zu starken Seifenlösung zur Schaumbildung nötig gewesen, so werden 15 Raumteile derselben mit 30 Raumteilen Weingeist von 56 Tr. verdünnt, was mit Hilfe des Mischzylinders leicht geschehen kann. Selbstverständlich wird die verdünnte Seifenlösung nochmals geprüft und je nach dem Ausfalle dieser Prüfung mit noch etwas Alkohol oder starker Seifenlösung versetzt, bis 45 ccm derselben genau 100 ccm der obigen Bariumlösung entsprechen.

Bei diesem Verfahren bedient man sich also einer Seifenlösung, von welcher genau 45 ccm zur Sättigung von 12 Milligramm Kalk in 100 ccm Wasser erforderlich sind.

### 1. Ausführung der Härtebestimmung eines Wassers.

Bevor man nun zur Bestimmung der Gesamthärte eines Wassers schreitet, prüft man durch einen Vorversuch, ob das Wasser direkt oder nach vorhergegangener Verdünnung mit destilliertem Wasser zur Titrierung zu verwenden ist. Fluß- und Bachwässer werden gewöhnlich unverdünnt zur Untersuchung verwendet, Brunnenwässer dagegen vorher verdünnt. Zu dem Ende werden 20 ccm Wasser nach Zusatz von 6 ccm Seifenlösung gehörig durchgeschüttelt. Erscheint die Flüssigkeit nur unbedeutend getrübt, opalisierend, so können direkt 100 ccm des zu prüfenden Wassers verwendet werden; hat sich dagegen eine starke Trübung oder ein Niederschlag gebildet, daß das Wasser wie Milch aussieht, so muß dasselbe mit destilliertem Wasser verdünnt werden. Man nimmt dann statt 100 ccm bloß 50 ccm, 20 ccm oder gar nur 10 ccm die man mit destilliertem Wasser bis zum 100ten Teilstrich in der Mischflasche verdünnt

oder auffüllt. Natürlich muß man dann die verbrauchte Anzahl Kubikzentimeter mit jener Zahl vermehren, auf welche mit reinem destilliertem Wasser verdünnt wurde. Hat man z. B. 50 ccm Wasser genommen, so hat man mit 2 zu multiplizieren; hat man dagegen nur 10 ccm des zu prüfenden Wassers genommen, so ist die Anzahl Kubikzentimeter Seifenlösung zu verzehnfachen.

Je nach dem Ausfall des Vorversuches werden 10 ccm, 20 ccm 50 ccm oder 100 ccm Wasser abgemessen, wozu die Pipetten dienen und in das wohlgereinigte, mit einem eingeschliffenen Glasstöpsel versehene Mischglas von über 200 ccm Inhalt gebracht. Man gießt in den ersten drei Fällen so viel destilliertes Wasser zu, bis die Marke für 100 ccm erreicht ist und läßt aus der Bürette so lange unter zeitweiligem Verschließen und heftigem Schütteln der Flasche, nach dem Öffnen derselben von der titrierten Seifenlösung anfangs reichlich, später spärlich, zuletzt tropfenweise hinzulaufen, bis nach kräftigem Schütteln ein zarter, dichter, weißer Schaum entsteht, der sich, ohne wieder zusammensinken, mindestens fünf Minuten wesentlich unverändert auf der Oberfläche der Flüssigkeit erhält.

Aus der verbrauchten Anzahl Kubikzentimeter Seifenlösung, welche 45 ccm nicht übersteigen darf, ersieht man mit Hilfe der nachstehenden Tabelle den entsprechenden Härtegrad, der bei vorhergegangener Verdünnung, wie oben gesagt, mit dem Verdünnungsfaktor zu multiplizieren ist.

T a b e l l e.

ccm Seifenlösung	Härtegrade	ccm Seifenlösung	Härtegrade	ccm Seifenlösung	Härtegrade	ccm Seifenlösung	Härtegrade	ccm Seifenlösung	Härtegrade
1,4	0,00	10	2,16	19	4,52	28	6,99	37	9,57
2	0,15	11	2,42	20	4,79	29	7,27	38	9,87
3	0,40	12	2,68	21	5,06	30	7,55	39	10,17
4	0,65	13	2,94	22	5,33	31	7,83	40	10,47
5	0,90	14	3,20	23	5,60	32	8,12	41	10,77
6	1,15	15	3,46	24	5,87	33	8,41	42	11,07
7	1,40	16	3,72	25	6,15	34	8,70	43	11,38
8	1,65	17	3,98	26	6,43	35	8,99	44	11,69
9	1,90	18	4,25	27	6,71	36	9,28	45	12,00

Die in dieser Tabelle angegebenen Härtegrade sind deutsche, und geben ebensoviel Teile Calciumoxyd (Kalk) in 100000 Teilen Wasser an. In Frankreich versteht man unter Härtegraden Einheiten Calciumkarbonat (kohlen sauren Kalk) in 100000 Teilen Wasser; die französischen Härtegrade lassen sich durch Multiplikation mit 0,56 in Deutsche leicht umrechnen.

Zur Bestimmung der bleibenden Härte kocht man 250—500 ccm in einer geräumigen Kochflasche mindestens eine halbe Stunde, wobei man von Zeit zu Zeit das verdampfte Wasser durch destilliertes ersetzt. Nach dem Erkalten wird das gekochte Wasser in einen 250 oder 500 ccm fassenden Glaskolben gegossen, die Kochflasche mit destilliertem Wasser nachgespült, der Kolben bis zur Marke gefüllt, durchgeschüttelt und durch ein trockenes Filter abfiltriert. In 10 ccm, 50 ccm oder 100 ccm des Filtrats bestimmt man die Härte in der angegebenen Weise mittelst Seifenlösung. Aus dem Unterschied zwischen der Gesamthärte und der bleibenden Härte ergibt sich die temporäre Härte.

Gewöhnlich genügt die Bestimmung der Gesamthärte des Wassers.

### 1. Bereitung der Chlorbarium- oder Gipslösung.

Man läßt sich genau abwägen 0,523 g Chlorbarium in einen Literkolben, die man in etwas destilliertem Wasser löst und hierauf mit destilliertem Wasser bis zur Litermarke anfüllt, hierauf in ein Becherglas entleert, gut durchmischt und in einer reinen Flasche zum Gebrauch aufbewahrt.

100 Kubikzentimeter dieser Lösung enthalten eine 0,012 g Kalk äquivalente Menge Chlorbarium und entsprechen 12 deutschen Härtegraden.

Um mit Gipslösung den Titer einzustellen, macht man sich genau bei 20° C eine gesättigte Gipslösung, nimmt von dieser 142 ccm und füllt diese mit destilliertem Wasser zu einem Liter auf. 100 ccm dieser Lösung enthalten genau so viel Gips, als 0,012 g Calciumoxyd (Kalk) gleich 12 Härtegraden entsprechen.

### 2. Bereitung der Seifenlösung.

Man nimmt 150 g Bleipflaster, das durch Kochen von neun Teilen Olivenöl mit fünf Teilen Bleiglätte und Wasser bereitet.

Diese werden am Wasserbade erweicht, mit 40 g Kaliumkarbonat zu einer gleichförmigen Masse verrieben, letztere mit starkem Alkohol (Weingeist) ausgezogen und nach dem Absetzen filtriert. Das Filtrat wird vom Alkohol abdestilliert und die zurückbleibende Seife im Wasserbade getrocknet. Man löst 20 g derselben in 1000 g (1 Liter) Alkohol von 56 Volumprozenten auf. Ist die Seifenlösung richtig eingestellt (titriert), so müssen 45 cem 12 deutschen Härtegraden entsprechen.

## Fünftes Kapitel.

### Zweite Methode der Härtebestimmung durch Titration.

Neuerer Zeit wird die Clark'sche Methode der Härtebestimmung des Wassers seltener angewendet und an ihrer Stelle die Titration des Wassers ausgeführt. Für alle jene, die einen Begriff von Titrieren haben, folgt die neuere Härtebestimmungsmethode des Wassers, wie sie Professor Dr. Lunge in seinem Werke „Chemisch-technische Untersuchungsmethoden“ 1904 angegeben hat.

Die hiezu nötigen Farbstoffe (Indikatoren), das Methylorange, das Alizarin etc. erhält man in jeder renommierten Chemikalienhandlung.\*)

Man löst von dem reinen Methylorange 1 g in 1 Liter destillierten Wasser auf und verwendet zu jeder Titration nur so viel, daß bei alkalischen Lösungen eine eben merkliche gelbe Färbung auftritt, wozu etwa 2 Tropfen der obigen Lösung genügen. Bei zu starker Färbung wird der Übergang der Farbe nicht scharf genug wahrgenommen. Auch darf bei diesem Farbstoff nur mit kalten Lösungen gearbeitet werden.

Die rötliche Farbe dieses Indikators wird durch alkalische Flüssigkeiten in reines Gelb verwandelt, sowohl durch ätzende als kohlen saure Alkalien. Unmittelbar vor der Neutralisation geht die ganz schwach gelbliche Farbe in einen tieferen orangbräunlichen Farbenton über, der als Endpunkt der Reaktion angenommen wird. Man treibe also die Titration ja nicht auf rein Rot. Zum Vergleich stelle man sich anfangs gleich-

\*) Dr. E. Klee & Co., Berlin.



viel Tropfen des Farbstoffes in gleicher Wassermenge, als man Flüssigkeit zur Untersuchung verwendet, her, und vergleicht nun den Farbenton dieses Wassers mit demjenigen der untersuchten Flüssigkeit, bis man die nötige Übung in der Bestimmung der Übergangsfarbe erworben hat. Gleichzeitig titriert man nur bei Tages- oder künstlichem weißen Licht und sehe darauf, daß die Unterlage der Gefäße überall weiß ist, was durch Unterbreiten von weißem Papier leicht zu erreichen ist. Außer diesem Indikator braucht man noch zwei andere Farbstoffe, das Alizarin und das Phenolphthalin. Letzteres wird in Alkohol gelöst. Die kleinste Spur eines fixen Alkali färbt es schön dunkel violettrot; durch Säuren wird die rosige Lösung entfärbt.

Weiter bedarf man  $\frac{1}{5}$  und  $\frac{1}{10}$  Normalsalzsäure\*) und eine Mischung von  $\frac{2}{5}$  und  $\frac{2}{10}$  gleicher Gewichtsteile von Norm. Ätznatron (NaOH) und Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), die als Alkalilösungen Verwendung finden. Man versteht unter Normallösung im engeren Sinne eine Flüssigkeit, von der jedes Liter ein Wasserstoffäquivalent des zu untersuchenden Bestandteiles in Gramm anzeigt. Daß dann  $\frac{1}{5}$  normale oder  $\frac{1}{10}$  normale, entsprechend geringere Mengen angibt, versteht sich von selbst. So enthält Normalsalzsäure 36,461 g Salzsäure (HCl) im Liter und zeigt ein Grammäquivalent einer Base an, z. B. 40,06 g Ätznatron (NaOH);  $\frac{1}{10}$  Normalsalzsäure enthält daher nur im L. = 3,646 g Salzsäure.

Das Kalkwasser bereitet man sich durch Sättigen von reinem destillierten Wasser mit gepulvertem gebranntem Marmor. 773 Teile Wasser lösen 1 Teil Kalk auf und lassen sich noch so weit verdünnen, daß 3 ccm der wässrigen Lösung 1 ccm von  $\frac{1}{10}$  normal Salzsäure entsprechen.

Zur Vornahme der Titrierungen dienen zwei, untereinander in der Gradteilung genau übereinstimmende, in Ganze und Zehntel-Grade geteilte, 25—50 ccm fassende Meßröhren, die unten mit einem Kautschukschlauch und Quetschhahnverschluß versehen sind und auf einem gemeinsamen Ständer zu beiden Seiten entsprechend eingesetzt werden. (Fig. 12) Der Ständer hat unten eine weiße Porzellanplatte. In die eine Meßröhre kommt die gleichnormierte Säure, in die andere die gleich titrierte

---

\*) Dr. E. Klee & Co., Berlin.

Lauge. Um unliebsame Verwechslungen zu vermeiden, klebt man sowohl auf die Säuremeßröhre als auch auf die Säureflasche, wo sie

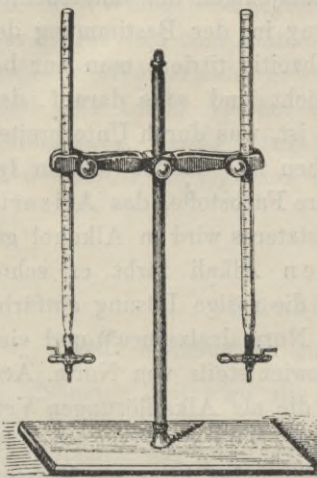


Fig. 12.

aufbewahrt wird, einen Streifen roten Papiers, auf die Laugenröhre und deren Flasche einen Streifen blauen Papiers. Die eingesetzten Meßröhren nehmen sich dann wie die beiliegende Zeichnung zeigt, aus. Auf die beiden Meßröhren werden Glaskappen zum lockeren Verschuß aufgesetzt, die ein Verdunsten des Wassers, also eine Änderung des Titers während der Arbeit verhindern.

Markierte Kochflaschen zu 200 ccm aus Jenaglas, und Porzellanschalen zu 200 und 300 ccm Inhalt sowie Bechergläser

aus hartem Glase und entsprechende Pipetten zum Abmessen von 100 und 200 ccm Wasser, Filter aus Papier (aschenfreien), Trichter, Lampe und Dreifuß mit Drahtgeflecht dürfen nicht fehlen.

### 1. Bestimmung der Alkalinität des Wassers nach G. Lunge.

Man mißt 200 ccm des zu untersuchenden Wassers ab und titriert in einem Becherglas in der Kälte mit Methylorange und  $\frac{1}{5}$  oder  $\frac{1}{10}$  Normalsalzsäure bis der erste rötliche Schein auftritt. Bei natürlichen Wässern wird angenommen, daß hiebei fast nur das Calcium und Magnesiumkarbonat in die entsprechenden Chloride umgewandelt wird.

Man berechnet das Resultat als Gramm von kohlensauren Kalk im Liter oder als reines Calciumoxyd im Liter. Bei Anwendung von 200 ccm Wasser zeigt also jeder verbrauchte ccm  $\frac{1}{5}$  Normalsalzsäure immer 0,05006 kohlensauren Kalk oder 0,02806 reinen Kalk (Calciumoxyd) im Liter an.

Die „vorübergehende Härte“\*) des Wassers erfahren wir,

\*) Diese Härte ist nicht identisch mit der, welche die kohlensauren Erden (Kalk und Magnesia) allein verursachen.

indem wir die für die 200 ccm Wasser verbrauchten ccm der  $\frac{1}{5}$  Normalsalzsäure mit 2,8 multiplizieren, um deutsche Härtegrade zu erhalten.

(Durch Multiplikation mit 5 erfahren wir die französischen, mit 3,5 die englischen Härtegrade.)

2. Die Gesamtmenge des Kalkes und der Magnesia bestimmt man durch Ausfällung derselben mit einer titrierten Natriumkarbonatlösung in der Hitze, wobei auch das Calciumsulfat in Karbonat übergeht. Man verwendet einen Überschuß der abgemessenen alkalischen Lösung (12—15 ccm der  $\frac{1}{5}$  Normallauge dürften für 100 Wasser genügen) und kocht zehn Minuten in einer Porzellanschale. (Für ganz genaue Bestimmungen dampft man bis zur Trockene ein, erhitzt den Rückstand auf etwa 180° C. und nimmt ihn mit heißen destillierten Wasser auf). Der Niederschlag der Erdalkalikarbonate wird in einem trockenen Papierfilter abfiltriert, mit möglichst wenig abgekochten (kohlenstofffreien) Wasser ausgewaschen, in 10—15 ccm  $\frac{1}{5}$  Norm. Salzsäure aufgelöst und mit  $\frac{1}{5}$  Norm. Natronlauge und Methylorange kalt zurücktitriert. Die Menge der verbrauchten Salzsäure ist das Maß für die Erdalkalien, wie oben. Auch hier wird man zunächst alles auf Kalk berechnen, wovon jedes ccm der verbrauchten  $\frac{1}{5}$  Norm. Salzsäure 0,00561 g also bei 200 ccm 0,028 g CaO (Kalk) im Liter anzeigt, und multipliziert mit 2,8, was je einen Grad der „Gesamthärte“ angibt.

Wenn man in gewöhnlichen (sodafreien) Wässern von der hiebei gefundenen Menge von Erdalkalien, berechnet als Kalk, die in Nr. I ermittelte „Alkalinität“ ebenfalls als Calciumoxyd berechnet abzieht, so erhält man diejenige Menge von Kalk, welche im Wasser als Sulfat enthalten war, so daß man für je 28 Teile dieses Kalkes immer 68 Teile Gips setzen kann.

Bei Gegenwart von Magnesia kann man ebenso verfahren. Man wird aber hier besser ein Gemisch von gleichen Teilen  $\frac{2}{10}$  Natriumkarbonat und  $\frac{2}{10}$  Natriumhydroxyd verwenden.

Zur Bestimmung der Magnesia kann man 100 ccm Wasser, wie bei der Härtebestimmung, unter Zusatz einiger Tropfen Alizarinfarbstoffes mit  $\frac{1}{10}$  Norm. Salzsäure aber kochend titrieren, das nunmehr kohlenstofffreie Wasser mit ausgekochtem, destillierten Wasser in einen 200 ccm Kolben spülen, der Ge-

samthärte entsprechend, mit überschüssigem (25—50 ccm) gemessenen Kalkwasser versetzen, bis 5 ccm über die Marke auffüllen, gut umschütteln, einige Minuten abkühlen lassen, durch ein großes Faltenfilter gießen und in 100 ccm des Filtrats den nicht verbrauchten Kalk zurückmessen. Jedem ccm  $\frac{1}{10}$  Normalkalk entsprechen 2,0 mg (Milligramm) Magnesia. Die Kalklösung selbst muß durch einen ebenso ausgeführten blinden Versuch auf ihren Gehalt geprüft werden.\*)

Es kommen aber auch Wässer vor, bei denen die Rechnung eine vorübergehende Härte ergibt, die höher ist als die „Gesamthärte“. Dies kommt daher, daß die meisten natürlichen Wässer auch einen schwachen Sodagehalt besitzen. Als Beispiel sei das Brunnenwasser von Lobositz angeführt.

Gewichtsanalytisch untersucht, enthielt das Wasser des Judenbrunnens im Liter:

Calciumoxyd . . . . .	0,1550 g
Magnesiumoxyd . . . . .	0,0690 „
Natriumoxyd . . . . .	0,1015 „
Kaliumoxyd . . . . .	0,0362 „
Schwefelsäure . . . . .	0,0799 „

Daher ist die Gesamthärte des Wassers als Calciumoxyd gerechnet = 15,5 + 6,9 = 22,4. Die wirkliche Gesamthärte ist, die Magnesia mit 1,4 vermehrt, = 9,66. Man erhält daher 15,50 + 9,66 zusammen = 25,16 Deutsche Härtegrade.

Titrimetrisch untersucht, wurden, wenn man die „vorübergehende“ Härte des Wassers durch Abkochen auf die Hälfte seines Volumens und Zurücktitrieren bestimmt, gefunden:

	$\frac{1}{10}$ ccm Säure	Härtegrade als Kalk gerechnet
Alkalinität in 100 ccm Wasser . . . . .	7,4 . . . . .	—
Alkalinität (nach dem Eindampfen des rohen Wassers bis zur Hälfte und Abfiltrieren des Niederschlages) des Filtrates . . . . .	2,4 . . . . .	—
Vorübergehende Härte des Wassers (7,4—2,4) . . . . .	5,0 × 2,8 . . . . .	14,0

\*) 20 ccm reines gesättigtes Kalkwasser werden gewöhnlich 10,2—10,4 Zehntel Normalsalzsäure entsprechen.

	$n/10$ cem Säure	Härtegrade als Kalk gerechnet
Gesamthärte des Wassers . . . . .	$7,9 \times 2,8$	. . . 22,1
Bleibende Härte . . . . . (7,9—5,0)	$2,9 \times 2,8$	. . . 8,1
Die Alkalinität der Alkalien als Soda in 1 Liter . . . . .	$2,4 \times 0,0053 \times 10 = 0,1272$	g

Die ermittelten Härten 22,4 und 22,1 Härtegrade (als Härtegrade des Calciums gerechnet) zeigen eine große Übereinstimmung zwischen titrimetrischen und gewichtsanalytischem Verfahren. Ersteres kann aber erst durch die weitere Bestimmung der Magnesia ergänzt, genauere Werte, nämlich 25,1 Härtegrade ergeben, was die Härtebestimmung auf titrimetrischem Wege wohl auch umständlich macht und nur bei Untersuchungen vieler Wasserproben, wo es auf große Genauigkeit nicht ankommt, unterlassen werden kann.

Bei alkalischen Mineralwässern wird die „Alkalinität“ nicht von den Erdalkalikarbonaten, sondern vorzugsweise von den Alkalien (Soda) herrühren, ebenso bei mit Soda gereinigten Nutzwässern.

In diesen Fällen wird nach Ausführung der unter I mitgeteilten Operation (S. 94), das Wasser anhaltend in einer Porzellschale gekocht, um die Doppelkarbonate der Erden vollständig zu zersetzen, das Volumen durch destilliertes Wasser auf das ursprüngliche gebracht und im Filtrat das Natriumkarbonat wie oben bestimmt.

Da die Bestimmung der „Alkalinität“ leicht auch an Ort und Stelle ausgeführt werden kann, so eignet sie sich besonders bei fortlaufenden Untersuchungen, um zu kontrollieren, ob sich die Zusammensetzung eines Wassers nicht geändert hat.

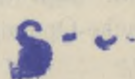
Während man aber bei der titrimetrischen Bestimmungsmethode der Härte des Wassers mehrere Bestimmungen ausführen muß, erfährt man nach der alten Clark'schen Methode durch eine einzige einfache Operation, wenn auch weniger genau, die Härte des Wassers.

---

Nachtrag zu Seite 85.

Nachträglich habe ich zur Bestimmung der organischen Stoffe mit Kaliumpermanganat zu bemerken, daß ich die Mul-

tiplikation der mg Permanganat mit dem Faktor 3, wenn ein solcher für den praktischen Gebrauch in Anwendung kommen soll, für richtiger halte, als die Zahl 5, welche selbst Kübel und Tiemann nicht länger angewendet wissen wollten, die auch A. Wagner und Stolba für unrichtig erklärten, da das Produkt viel zu hohe Werte ergibt, weshalb alle diese Faktoren mit großer Vorsicht zu betrachten sind, und nicht in allen Fällen den Ausdruck für die richtige Menge der organischen Stoffe abgeben können. Bei meinen Untersuchungen der böhmischen Gewässer fand ich, daß noch am besten der Faktor 3 stimmte, weshalb ich denselben in dieser Schrift benutzte.











Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297456