



Die Städtereinigung

Büsing, F. W.

Stuttgart, 1897

2. Kap. Häusliche Brauchwasser

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83772](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83772)

der Teerverarbeitung sind öl- und teerhaltig, wodurch sie für die Aufnahme in Kanäle und Wasserläufe bedenklich werden.

Färbereien, Druckereien, Bleichereien, Tapetenfabriken geben durch Beizen und Farbstoffe aller Art, sowie Reste von Farbhölzern stark verunreinigte Wasser. Gewöhnlich sind diese Wasser auch reich an Stickstoff und enthalten beträchtliche Mengen von Schwebestoffen.

Die Gruppe der sogen. chemischen Fabriken (Soda-, Schwefel-, Salz-, Salpeter-, Oxalsäurefabriken), ferner die Fabriken, welche Chlor und Präparate herstellen, in denen Chlor in großen Mengen enthalten ist, liefern Wasser, welche mehr oder weniger reich an Säuren und andern mineralischen Bestandteilen — größtenteils Gifte — sind.

Aehnlich die Abwasser der chemischen Kleinindustrie, deren es eine größere Reihe giebt. — Bei den nur geringen Mengen begegnet die Ueberführung in harmlose Form aber keinen besonderen Schwierigkeiten.

Verunreinigungen mit Säuren und Metallen der verschiedensten Art enthalten die Abwasser der Metallwarenfabrikation. Beispielsweise werden hier nur angeführt: Drahtzieherei, Verzinkerei, Messinggießerei, Neusilberarbeiten, Geschirremail, Silberbeizen u. s. w.

2. Kapitel.

Häusliche Brauchwasser.

§ 96. Die Menge der häuslichen Brauchwasser, welche in einem bestimmten Zeitraum erzeugt wird, wächst im Verhältnis der Einwohnerzahl des Orts und der Reinwasserzuführung, die auf den Kopf der Bevölkerung entfällt. Bei beiden Faktoren ist aber in der Regel nicht der gegenwärtige Zustand, sondern ein in späterer Zeit zu erreichender, den man als Beharrungszustand ansehen kann, in Betracht zu ziehen.

Das Maximum der Einwohnerzahl einer Stadt ist teils durch den Raum, der für Stadterweiterungen zur Verfügung steht, teils durch die Erreichung des Maximums der Wohndichte bedingt.

Die durch Stadterweiterungen verursachten Änderungen in den Bevölkerungszahlen sind ausschließlich von örtlichen Verhältnissen abhängig, bieten daher zur Behandlung vom allgemeinen Standpunkte aus keinen Raum. Was in dieser Beziehung zu berücksichtigen ist, wird in jedem einzelnen Falle entweder klar liegen, oder durch einschlagende Untersuchungen zu ermitteln sein. Uebrigens spielt dabei die Oberflächengestalt und die Möglichkeit von Eingemeindungen benachbarter Orte oder Ortsteile eine Rolle. Wenn die Wasserscheide nicht allzufern liegt, so kann es, in Rücksicht auf die Möglichkeit späterer Eingemeindungen, geboten sein, bei einem Entwässerungsprojekt von vornherein das ganze Gebiet bis zur Wasserscheide in Betracht zu ziehen.

Anders liegt es mit dem Anwachsen der Stadtbevölkerung infolge natürlicher Vermehrung und Zuzugs von außerhalb. Hierzu hat die Statistik die notwendigen Unterlagen zu liefern. Ist E die gegenwärtige Bevölkerungszahl eines Orts, so wird bei der gleichmäßigen jährlichen Zunahme p aufs Hundert nach n Jahren die Bevölkerungszahl sein:

$$E_n = E \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

Für diesen Ausdruck ist der Summand $\frac{p}{100}$ aus der Ortsstatistik selbst zu entnehmen, da von andern Orten entlehnte Annahmen wenig gebrauchsfähig sind. Unter diesem Vorbehalt sei (mit Bezugnahme auf die bereits S. 26 ff. gemachten Angaben) mitgeteilt, dass 2—3% jährliche Bevölkerungszunahmen in Städten häufig beobachtet werden, daneben aber ebensowohl größere als geringere.

Weist die Ortsstatistik stärkere Ungleichmäßigkeiten in der Bevölkerungsbewegung nach, so ist mit einem Durchschnittswert von $\frac{p}{100}$ zu rechnen. Gute Dienste leistet bei derartigen Untersuchungen das graphische Verfahren, indem man die Jahreszahlen als Abscissen und die zugehörigen Bevölkerungszahlen als Ordinaten aufträgt. Die so erhaltene Kurve, welche an einem entsprechend weit zurückliegenden Punkte beginnt und nach Maßgabe der Form dieses Anfangsteils bis zu einem um eine längere Jahresreihe voraus liegenden Zeitpunkte weiter zu führen ist, gewährt — event. in ausgeglichenem Zustande — ein anschauliches Bild von der Bevölkerungszahl, mit welcher für einen bestimmten späteren Zeitpunkt gerechnet werden muß.

Schon an früherer Stelle (S. 24) ist hervorgehoben worden, daß in Deutschland sich in den letzten 25 Jahren allgemein eine starke Verschiebung der Bevölkerung vom Lande in die Städte vollzieht. Weiter ergibt die Statistik für gewisse Kategorien von Städten ein außergewöhnlich starkes Anwachsen, für andere ein weniger starkes.

Sowohl bei den eigentlichen Großstädten (über 100 000 Einwohner) als bei den kleinen Landstädten (bis etwa 2000 Einwohner hinauf) ist das Wachstum merklich geringer, als bei den Städten mittlerer Größe; bei den großen Städten verlangsamt es sich mit zunehmender Größe mehr und mehr. Es liegen Versuche vor, diese Verlangsamung in ein bestimmtes Gesetz zu bringen. Doch wird man bei der Unsicherheit über viele Faktoren, die hier mitsprechen, derartigen Gesetzen nur eine ziemlich geringe Bedeutung beimessen können.

Eingeschlossen die Ergebnisse der preußischen Volkszählung vom 2. Dezember 1895 stellte sich in Preußen in den letzten 24 Jahren die Bevölkerungsbewegung in den Städten (abgesehen von Berlin) wie folgt:

| Zähltag | Zahl der Städte | Zunahme auf 100 | Zahl der Städte | | Zunahme auf 100 |
|------------------------|--------------------|--------------------|---|---|--------------------|
| | | | 1. Städte von 100 000 Einwohnern und mehr | 2. Städte von 50 000 bis 100 000 Einwohnern | |
| 1. Dezember 1871 . . . | 3 | — | 14 | | — |
| " " 1875 . . . | 5 | 57,82 | 14 | | 1,87 |
| " " 1880 . . . | 6 | 31,11 | 17 | | 21,43 |
| " " 1885 . . . | 11 | 68,86 | 14 | | — 22,35 |
| " " 1890 . . . | 15 | 53,42 | 12 | | — 14,93 |
| 2. " 1895 . . . | 17 | 23,09 | 15 | | 23,53 |

*) Kuichling, On the proposed Trunk Sewer for the East Side of the City of Rochester N.Y. Rochester 1889. Danach: Frühling im Civ.-Ingenieur, Bd. 39, Jahrg. 1893.

| Zähltag | Zahl der Städte | Zunahme auf 100 | Zahl | Zunahme |
|------------------------|--------------------|--------------------|---|---|
| | | | 3. Städte von 20 000 bis 50 000 Einwohnern | 4. Städte von 10 000 bis 20 000 Einwohnern |
| 1. Dezember 1871 . . . | 31 | — | 88 | — |
| " 1875 . . . | 37 | 23,77 | 101 | 13,57 |
| " 1880 . . . | 45 | 15,88 | 107 | 7,18 |
| " 1885 . . . | 56 | 24,48 | 114 | 4,87 |
| " 1890 . . . | 64 | 20,35 | 113 | 0,70 |
| 2. " 1895 . . . | 73 | 14,03 | 118 | 3,93 |

Die Abnahme der Bevölkerung, welche nach den Tabellen in ein paar Fällen stattgefunden hat, wie auch die starke Verminderung der Zunahme bei anderen Städten, erklärt sich, wie hinzugefügt werden muß, aus dem Aufrücken der Städte aus den Kategorien mit kleinerer Bevölkerungszahl in solche der Kategorien mit höheren Zahlen. Die dadurch entstehende Unklarheit des statistischen Bildes wird durch folgende weitere Tabelle beseitigt.

| Vorhandene Größenklassen der Gemeindegemeinden | Jahr 1890 | Jahr 1895 | Zunahme der Bevölkerung auf 1000 Einwohner in dem Zeitraum | |
|--|-----------|-----------|--|-----------|
| | | | 1885—1890 | 1890—1895 |
| 1. Städte. | | | | |
| Mit mehr als 100 000 Einwohnern . . . | 1 | 1 | 27,26 | 12,2 |
| " 100 000—500 000 . . . | 15 | 17 | 29,25 | 26,2 |
| " 50 000—100 000 . . . | 12 | 15 | 35,76 | 25,4 |
| " 40 000—50 000 . . . | 8 | 14 | 29,66 | 27,4 |
| " 30 000—40 000 . . . | 16 | 15 | 27,37 | 23,8 |
| " 20 000—30 000 . . . | 40 | 44 | 17,69 | 22,1 |
| " 10 000—20 000 . . . | 118 | 118 | 20,62 | 17,5 |
| " 5 000—10 000 . . . | 206 | 209 | 11,19 | 11,7 |
| " 2 000—5 000 . . . | 507 | 516 | 3,89 | 6,8 |
| unter 2 000 . . . | 345 | 317 | — 1,05 | 0,9 |
| 2. Landgemeinden und Gutsbezirke. | | | | |
| Mit über 40 000 Einwohnern . . . | — | 3 | — | 110,8 |
| " 30 000—40 000 Einwohnern . . . | 2 | 1 | 68,87 | 39,3 |
| " 20 000—30 000 . . . | 4 | 4 | 68,22 | 46,2 |
| " 10 000—20 000 . . . | 31 | 44 | 48,87 | 48,1 |
| " 5 000—10 000 . . . | 111 | 140 | 30,26 | 32,0 |
| " 2 000—5 000 . . . | 647 | 700 | 18,85 | 18,0 |

Die in der letzten Tabelle durchgeführte Einteilung in „Städte“ und „Landgemeinden“ ist eine bloße Aeußerlichkeit, die für unsre Zwecke keinerlei Bedeutung hat. Wenn durch diese Einteilung ein viel rascheres Anwachsen der Bevölkerung der größten und großen „Landgemeinden“ als der der „Städte“ ersichtlich gemacht wird, so ist dazu zu bemerken, daß dasselbe wesentlich den Vororten größerer

Städte — namentlich Berlins — zukommt, wo in den letzten 25 Jahren dauernd eine Zunahme von 100—120 aufs Tausend für 1 Jahr, also von 500—600 in einem Zeitraum von 5 Jahren sich ergeben hat. Diese Ausnahme gemacht, bestätigen die Tabellen die obige Anführung, daß die Städte mittlerer Größe am stärksten wachsen; man kann nach der Tabelle in diese Gattung Orte von 10000 Einwohner bis hinauf zu ein paar Hunderttausend rechnen.

Bei den größten Städten verlangsamt sich die Zunahme auf 2% und weniger; Berlin hat beispielsweise in dem letzten 5jährigen Zeitraum 1890—1895 nur eine durchschnittliche Bevölkerungszunahme von 1,6% erfahren, gegen 6—12% der Vororte in seiner näheren sowohl als weiteren Umgebung.

So große Unterschiede zwischen unmittelbar benachbarten Orten sind geeignet, den Wert der Benutzung von „Durchschnittszahlen“ bei der Berechnung von Brauchwassermengen sehr herabzusetzen; sie fordern vielmehr zu sehr sorgfältigen Untersuchungen über die im Bereich der Wahrscheinlichkeit liegende Bevölkerungsbewegung einer Stadt heraus und lehren, wie sehr bei Kanalisationsplänen Zukunftsentwicklungen in Rechnung gezogen werden müssen, wenn man nicht Gefahr laufen will, Werke zu schaffen, die schon nach Ablauf einer kurzen Reihe von Jahren sich als unzureichend erweisen. An einer späteren Stelle wird auf das Maß der Berücksichtigung der Zukunft noch etwas näher einzugehen sein.

§ 97. Die Verteilung der Bewohnerschaft über das Stadtgebiet, d. h. die auf die Flächeneinheit (1 ha) entfallende Anzahl von Einwohnern, wird als Bewohndichte oder Wohndichte bezeichnet. Für den „gegenwärtigen Zeitpunkt“ sind die, die Wohndichten im ganzen und in einzelnen Teilen des Stadtgebietes darstellenden Zahlen immer zur Hand; es bestehen aber meist Ungewissheiten über Änderungen, welche die Zukunft hierin etwa bringen wird.

Man beobachtet, daß je größer die Einwohnerzahl einer Stadt wird, um so mehr die Wohndichte wächst, bis darin eine gewisse Grenze erreicht ist, die indes für fast jede Stadt anders liegt. Die Erfahrung lehrt ferner, daß je mehr eine Stadt an Einwohnerzahl wächst, um so mehr Sonderungen in Bezug auf die Wohnstätten der einzelnen Bevölkerungsklassen sich zu vollziehen pflegen. In einzelnen Straßenzügen oder ganzen Stadtteilen sammelt sich das geschäftliche, das Handelsleben, in andern die gewerbliche Tätigkeit, in noch andern die Arbeiterschaft, während noch sonstige Stadtteile vorwiegend als Wohnstätten der mittleren und oberen Klassen aufgesucht werden. Die Sammlung des geschäftlichen Lebens, welche in der Regel um den sogen. Stadt kern stattfindet (und mitunter als „Citybildung“ bezeichnet wird), kann so weit gehen, daß dieser Stadtteil nur noch während der Geschäftsstunden als bewohnt gelten muß, da er nachts nur diejenige geringe Bewohnerzahl beherbergt, welche ihren eigentlichen Wohnsitz fernab — vielleicht außerhalb der Stadtgrenzen — genommen hat. Durch die hier berührten Vorgänge können sich im Laufe einer nicht langen Reihe von Jahren wesentliche Verschiebungen in der Stadtbewohnerschaft vollziehen, einzelne Stadtteile bis zu einem gewissen Maße herab entvölkert, andre viel dichter als zur Zeit bevölkert werden.

Eine obere Grenze der Bevölkerungsdichte ist in der Regel durch Baupolizeiordnungen gezogen, oder kann durch solche gezogen werden. In den dichtbevölkerten Teilen von ein paar Großstädten (Berlin, Hamburg, Königsberg u. s. w.) kommen heute Bevölkerungszahlen von 1000 Bewohnern und noch etwas darüber auf 1 ha vor; man kann dieselbe als obere, kaum noch zu überschreitende Grenze ansehen. Die durchschnittliche Bewohnerzahl solcher Städte ist vielleicht nur $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ davon oder noch weniger.

§ 98. Es ergiebt sich aus dem Vorstehenden, daß es notwendig ist, für gewisse Teile eines Stadt-(Entwässerungs-)gebiets mit Bevölkerungszahlen, die bis zum Vierfachen der heutigen gehen, zu rechnen (vergl. hierzu die für eine Anzahl von Städten auf S. 27 gemachten Zahlenangaben).

Was Durchschnittszahlen über die Wohndichte in Städten oder städtisch gearteten Orten betrifft, so kann man rechnen, daß da, wo das kleine Einfamilienhaus die Regel bildet, etwa 40—50 Bewohner auf 1 ha Stadtgebiet wohnen. Mischen sich unter die Einfamilienhäuser kleine Miethäuser mit zwei Wohngeschosse, teilweise auch drei, so erreicht die Wohndichte 50—80 Köpfe und wenn die Einfamilienhäuser durch kleine Miethäuser ganz oder beinahe verdrängt werden, 80 bis 100—120 Köpfe. Letztere Zahl gilt für Flecken und Landstädte mit bis etwa 15000 Einwohnern. Je mehr die „geschlossene“ Bauweise vorherrscht, um so mehr nähert sich die Wohndichte der oberen Grenze. In etwas größeren Städten bis Mittelgröße (50000 Einwohner), wohnen 120—180 Einwohner auf 1 ha, in den größeren Städten bis 100000 Einwohner 180—240; Großstädte haben 240—300 Bewohner auf 1 ha.

Die vorangegebenen Zahlen sind als Durchschnittsangaben für den ganzen in Bebauung getretenen und dazu vorbereiteten, wenn auch noch nicht voll bebauten Teil des Stadtgebiets, einschließlich öffentlicher Parks, Wasserflächen u. s. w., aufzufassen.

§ 99. Indem die Kosten einer unterirdischen Entwässerungsanlage zum größten Teil im Verhältnis der Straßenlänge, d. h. der Größe des Stadtgebiets wachsen, folgt, daß die Kosten um so größer werden, je geringer die Wohndichte ist, und umgekehrt.

Erfahrungsmäßig treten daher Städte an die Schaffung einer Entwässerungsanlage gewöhnlich auch erst heran, wenn ihre Wohndichte einen gewissen Grad erreicht hat. Man kann in dem hier fraglichen Sinne vielleicht 100 Köpfe pro Hektar als eine untere Grenze bezeichnen. Da indessen in diese Frage noch viele andre Momente hineinspielen, so kommt dieser Zahl keineswegs die Bedeutung einer Regel zu.

§ 100. Die Mengen der häuslichen Brauchwasser bilden einen gewissen Teil der Reinwassermenge, welche der Stadt von außen zugeführt, oder in der Stadt selbst gewonnen wird. Für den gegenwärtigen Zeitpunkt ist diese Menge bekannt, nicht jedoch für einen späteren Zeitpunkt, da an derselben bedeutende Änderungen eintreten können, nicht nur durch Vermehrung der Einwohnerzahl, sondern auch in Bezug auf den Reinwasserverbrauch pro Tag und Kopf.

Man hat in zahlreichen Fällen beobachtet, daß gewisse Änderungen in der Bezugsweise des Wassers den Verbrauch desselben beeinflussen. Erfährt der Wasserpreis eine Ermäßigung, oder wird an Stelle des bisher bestandenen Modus der direkten Bezahlung derjenige einer mehr oder weniger indirekten eingeführt, so vermehrt sich der Wasserverbrauch, während in den umgekehrten Fällen eine Verminderung desselben eintritt. Die Einführung von Wassermessern und Bezahlung nach Angabe derselben hat in mehreren Fällen eine Herabminderung des Wasser- verbrauchs auf die Hälfte und noch darüber hervorgebracht, vielfach Verminderungen um $\frac{1}{3}$ oder ähnliche. Eine Stadt kann sich nun ebensowohl unter dem Drucke der Gefahr, daß dauernd nur eine beschränkte Wassermenge zur Verfügung bleibt, als im bloß fiskalischen Interesse, und auch im Interesse der gerechteren Verteilung der Kosten veranlaßt sehen, von einem anfänglich eingehaltenen System der mehr freigebigen Lieferung des Wassers später zu einem andern der Einschränkung und

vollständigen Bezahlung der von den Einwohnern bezogenen Wassermengen überzugehen. Jede Änderung dieser oder jener Art wird in der Menge des abfließenden häuslichen Brauchwassers mehr oder weniger deutlich zum Ausdruck kommen. Handelt es sich aber um eine Beschränkung der Wasserzufluss aus einer allgemeinen Versorgung, so ist freilich die Stadtbewohnerschaft meist in der Lage, durch vermehrte Inanspruchnahme von Einzelbrunnen, oder Entnahme von Wasser aus öffentlichen Gewässern für die Minderzufluss Ersatz zu schaffen.

Steht die Bewohnerzahl des zu entwässernden Gebietes fest, bzw. ist dieselbe für einen späteren Zeitpunkt angenommen worden, so muß die derselben zugeführte, bzw. zuzuführende Reinwassermenge ermittelt werden. Ist M die auf 1 Jahr und

Kopf entfallende Reinwassermenge, so bezeichnet $q = \frac{M}{365}$ den durchschnittlichen

Verbrauch pro Kopf und Tag. Bei dem Werte q kommen aber zeitlich große Abweichungen vor; er kann in der warmen Jahreszeit sowohl auf das Doppelte steigen, als bis auf die Hälfte herabgehen. Selbst diese Grenzen sind noch überschreitbar; in der Regel liegen aber die Änderungen in den Grenzen $1,5 q$ und $0,75 q$. Der geringere Verbrauch fällt in die Winter-, der höhere in die Sommermonate. Außer Wechseln im Verbrauch eines Tages finden auch Wechsel in den einzelnen Tagesstunden statt. In den Nachtstunden sinkt der Verbrauch auf einen Kleinstwert herab, während er in den eigentlichen Tagesstunden — in der Regel kurz nach Mittag — auf einen Größtwert steigt. Der durchschnittliche Stundenverbrauch pro Kopf ist $\frac{q}{24} = 0,041 q$; in den Nachtstunden kann der Verbrauch auf $0,01 q$, oder noch weniger herabgehen, in den Tagesstunden auf $0,67 q$ und darüber steigen.

Für die Querschnittsbemessung der unterirdischen Leitungen kommt es nur auf den größten (sekundlichen) Abfluß an. Um dafür einen handlichen Ausdruck zu erhalten, wird der Wert $q = \frac{M}{365} = 1$ gesetzt und angenommen, daß am

Tag des höchsten Verbrauchs der Bedarf $= 1,2 q$ bis $1,6 q$ ist. Weiter wird angenommen, daß auch in der Stunde des größten Verbrauchs der Bedarf sich im

Verhältnis von $\frac{1,2}{1}$ bis $\frac{1,6}{1}$ vergrößert. Danach findet man das Maximum des

Stundenverbrauchs pro Kopf zwischen den Grenzen $\frac{(1,2 - 1,6)}{24} q$
 $= \frac{1}{18} q$ bis $\frac{1}{9,4} q$ liegend.

Wenn, wie es ebenfalls geschieht, man annimmt, daß die Menge $\frac{q}{2}$ in 4 bis 9 Stunden verbraucht wird, gelangt man zu den Grenzzahlen $\frac{1}{18}$ und $\frac{1}{8}$.

Bei $q = 100 l$ würde das Stundenmaximum nach der erstangegebenen Rechnungsweise $5,5$ bzw. $10,6 l$, nach der letztangegebenen $5,5$ bzw. $12,5 l$ sein gegen durchschnittlich $4,1 l$.

Auf etwa dieselben Werte wie vor kommt die ebenfalls häufig gemachte Annahme hinaus, daß auf die 3 Stunden des höchsten Verbrauchs insgesamt 20% vom höchsten Tagesverbrauch entfallen.

Welchem der zahlenmäßigen Grenzwerte $\frac{1}{18}$ und $\frac{1}{8}$ man in einem gegebenen Falle sich zu nähern hat, hängt zum Teil von dem Werte q selbst ab. Es ist wahrscheinlich, daß der Größtwert des Stundenverbrauchs mit der Größe von q

wächst, weil eine reichliche Versorgung mit Reinwasser notwendig zu reichlichem Verbrauch, oder doch zur Vermeidung von Einschränkungen führt. Wo also reichliche Versorgung besteht, wird man sich mehr dem Werte $\frac{q}{8}$, wo geringe besteht, mehr dem Werte $\frac{q}{18}$ zu nähern haben.

Obwohl von dem zugeführten Reinwasser nur ein Teil als unreines Brauchwasser aus den Häusern wieder abfließt, da durch Verspritzung, Verdunstung u. s. w. gewisse Wassermengen verloren gehen, ist es doch nicht üblich, Abzüge zu machen; vielmehr wird mit dem vollen Betrage des Stundenmaximums gerechnet. Diese Vorsicht ist begründet, weil es möglich ist, daß mit dem Abfluß der größten Brauchwassermenge der aus einem Regenfall von größerer Heftigkeit erfolgende Abfluß zusammentrifft. Noch häufiger kann es vorkommen, daß während des größten Abflusses des Brauchwassers künstliche Spülung der Kanäle im Gange ist, bei welcher die letzteren einen mehr oder weniger erhöhten Wasserstand in einzelnen Bezirken haben werden.

Für Trinken, Kochen, Hauseinigung und Wäsche genügen 30—45 l Wasser pro Tag und Kopf; zur einmaligen Abortspülung werden durchschnittlich kaum mehr als 5—6 l verbraucht. Es sind daher kaum mehr als 30—60 l pro Tag und Kopf, welche den unterirdischen Kanälen zugeführt werden. Der Mehrverbrauch (s. Angaben weiterhin) betrifft, abgesehen von den zur Kanalspülung etwa verwendeten Wassermengen, Zwecke, die auf den Abfluß in unterirdischen Kanälen einflußlos sind.

Die auf 1 Einwohner oben ermittelte stündliche Menge des häuslichen Brauchwassers kann leicht auf die sekundliche Menge pro 1 ha zurückgeführt werden. Ist E die Bewohnerzahl von 1 ha des Stadtgebiets und V die aus diesem Gebiete zu erwartende Abflußmenge, so hat man:

$$V = \frac{1}{24} \left\{ \frac{E q}{60,60} \right\} \text{ (Liter).}$$

Wäre z. B. $E = 500$ und $q = 100$, so würde folgen:

$$V = 1,48 \text{ l, bzw. } 0,77 \text{ l.}$$

Der Tagesdurchschnitt q , welcher auf 1 Kopf der Bevölkerung entfällt, wird von sehr zahlreichen Faktoren beeinflußt, auf welche hier nicht einzugehen ist. Er ist nicht nur in Städten gleicher oder ungleicher Größe, gleichen oder verwandten Charakters verschieden, sondern wechselt auch innerhalb derselben Stadt in weit auseinander liegenden Grenzen. Im letzteren Falle handelt es sich besonders um die Ungleichheit der Ansprüche des sogen. Komforts. In den Bezirken mit wohlhabender Bevölkerung kann der Wasserbrauch pro Tag und Kopf das Zehnfache und selbst Zwanzigfache desjenigen in Bezirken mit ärmerlicher Bevölkerung erreichen; in ersteren mögen 150 oder 200 l Verbrauch als nichts Ueberflüssiges enthalten betrachtet werden, während in letzteren die Bewohner mit 10—15 l ihre Bedürfnisse zu befriedigen wissen.

In Amerika erreicht der Wert q zuweilen 300, vereinzelt selbst 400 l und sinkt selten unter 150 l. In englischen Städten ist derselbe weniger hoch, bewegt sich aber meist zwischen 120 und 200 l; vielfach ist es dort üblich, als Rechnungsannahme bei Stadtkanalisationen 28 Gallonen = 127 l zu Grunde zu legen; es werden aber auch bis 40 Gallonen = 182 l gerechnet. In Deutsch-

land werden bei guten Versorgungen 100—150 l Wasser pro Kopf und Tag zugeführt; gewöhnlich hält sich die Menge nahe der unteren Grenze und sinkt nicht selten auch unter dieselbe, auf 90, 80, 70 l hinab. In der Regel besteht auch in Städten mit allgemeiner (zentralisierter) Versorgung eine Anzahl von Hausbrunnen; oder die Stadt wird von einem offenen Gewässer berührt. In solchen Fällen findet, selbst wenn Verbote erlassen sind, ein Teil des Wasserbedarfs aus diesen Quellen seine Deckung. Besonders pflegen dieselben für gewerbliche Zwecke in Anspruch genommen zu werden, wenn der Wasserpreis hoch ist. Diese That-sache darf nicht übersehen werden, wenn die allgemeine Versorgung keine reichliche ist. Es ist deshalb ein Gebot der einfachen Vorsicht, in den Annahmen über den Reinwasserverbrauch nicht engherzig zu Werke zu gehen, vielmehr in jedem Falle reichliche, event. über die Leistung der allgemeinen Versorgung hinausgehende Annahmen zu machen.

In einer Anzahl von deutschen Städten sind über die Brauchwassermengen u. s. w. die in nachstehender Zusammenstellung enthaltenen Angaben zu Grunde gelegt worden.

| Stadt bzw. Stadtteil | Angenommene Bewohnerzahl pro ha | Durchschn. Wasser-verbrauch q pro Tag und Kopf l | Angenommener stündlicher Maximal-abfluss | Brauchwasserabfluss von 1 ha in 1 Sek. l |
|------------------------------------|---------------------------------|--|--|--|
| Berlin: | | | | |
| Geschlossene Bebauung | 800 | 127 | $1/18 \cdot q$ | 1,54 |
| Offene Bebauung | 400 | 127 | $1/18$ | 0,77 |
| Danzig: | | | | |
| Alt- und Rechtsstadt | 530 | 90 | $1/18$ | 0,83 |
| Niederstadt | 360 | 90 | $1/18$ | 0,56 |
| Düsseldorf: | | | | |
| Altstadt | 1000 | 127 | $1/18$ | 1,94 |
| Uebrige Stadtteile | 400 | 127 | $1/18$ | 0,79 |
| Mannheim: | | | | |
| Innere Stadt | 400 | 160 | $1/18$ | 1,0 |
| Neckarvorstadt | 270 | 100 | $1/18$ | 0,42 |
| Wiesbaden: | | | | |
| Dicht bebaute Stadtteile | 400 | 100 | $1/18$ | 0,65 |
| Weiträumig bebaute Stadtteile . . | 250 | 100 | $1/18$ | 0,40 |
| Landhausbezirke | 75 | 100 | $1/18$ | 0,15 |
| Frankfurt a. M. | 200 | 150 | $1/12$ | 0,70 |
| Hamburg, Vororte | 250 | 140 | $1/18$ | 0,54 |
| Königsberg i. Pr. | 550—600 | 150 | $1/18$ | 1,50 |
| Karlsruhe | 400 | 150 | $1/8$ | 2,10 |
| Nürnberg | 540 | 90 | $1/16$ | 0,85 |
| Witten a. d. Ruhr | 300 | 120 | $1/12$ | 0,83 |
| Braunschweig (Proj.) | 125—320 | 112,5 | $1/18$ | 1,41—1,80 |
| Mülhausen i. E. | 100—500 | 100 | $1/18$ | 77,0—51,0 |

§ 101. Die Beschaffenheit der häuslichen Brauchwasser ist bis zu einem gewissen Grade von der Menge der denselben zugeführten menschlichen Absonderungen abhängig; zu einem andern Teile wirkt dabei die Beschaffenheit der Küchenwasser und sonstigen, aus den Haushaltungen erfolgenden flüssigen Abgänge

mit. Nur die Menge sowie Beschaffenheit der menschlichen Absonderungen sind an nähernd genau bekannt, während wir in Bezug auf die Menge der Küchenwasser nur wenig unterrichtet, in Bezug auf ihre Beschaffenheit ganz ununterrichtet sind, weil es bei ihnen, vermöge besonders großer Wechsel nicht möglich ist, Durchschnittswerte zu ziehen, sofern denselben etwa eine typische Bedeutung beigelegt werden soll.

§ 102. Die Mengen der menschlichen Absonderungen wechseln nach Alter und Geschlecht in ziemlich weit auseinander liegenden Grenzen. Dies gilt mit Bezug auf die „festen“ Absonderungen sowohl als mit Bezug auf die „flüssigen“. Beim weiblichen Geschlecht sind die festen Absonderungen erheblich geringer als beim männlichen; sie scheinen höchstens 33 % der des männlichen Geschlechts zu betragen. Bei den flüssigen Absonderungen ist der Unterschied weniger groß, da es sich hierbei um den Satz von 80—90 % handelt. Indessen herrscht in den betreffenden Angaben verschiedener Autoren nicht allzuviel Uebereinstimmung, wie nachstehende Zusammenstellung ergiebt*):

| Geschlecht | Es werden pro Jahr abgesondert (in Kilogramm) | | | | | | | | |
|---------------|---|---------|---------|-----------------------|---------|---------|--------------|---------|---------|
| | nach Wolf u. Lehmann | | | nach Lawes u. Gilbert | | | nach Camerer | | |
| | fest | flüssig | zusamm. | fest | flüssig | zusamm. | fest | flüssig | zusamm. |
| Männer . . . | 54,5 | 547,5 | 602,0 | 69,1 | — | — | — | — | — |
| Frauen . . . | 16,1 | 492,6 | 508,7 | 16,5 | — | — | — | — | — |
| Knaben . . . | 39,8 | 207,7 | 247,5 | 39,7 | — | — | 43,5 | 341,5 | 385,0 |
| Mädchen . . . | 8,8 | 164,2 | 173,0 | — | — | — | 29,5 | 309,3 | 338,8 |

Die vergleichsweise hohen Zahlen Camerers beziehen sich auf Kinder im Alter bis zum 14. Jahre. Sie sind aus relativ beschränkten Beobachtungen gewonnen, wonach es sich fragen kann, ob sie den Zahlen der beiden andern mitgeteilten Reihen gleichwertig sind. Trennt man aber in den Camererschen Beobachtungen nach Lebensaltern, so erhält man folgende Zahlen für die jährlichen Absonderungen:

| Bis zum 5. Lebensjahr | | |
|-------------------------------|----------|--------------------------|
| Für Mädchen . . . | 25,6 kg | feste, 231,6 kg flüssige |
| Für Knaben . . . | — | — |
| Vom 5. bis zum 14. Lebensjahr | | |
| Für Mädchen . . . | 29,2 kg | feste, 338,3 kg flüssige |
| Für Knaben . . . | 43,5 , , | 341,5 , , |

Da durch diese Trennung zwar eine gewisse, aber noch keine befriedigende Uebereinstimmung in den verschiedenen Angaben erzielt wird, muß geschlossen werden, daß die Absonderungsmengen mit verschiedenen Faktoren beträchtlich schwanken und zutreffende Zahlen dafür nur aus zeitlich und örtlich sehr weit ausgedehnten Ermittelungen gewonnen werden können, deren Durchführung aber große Schwierigkeiten bietet. Vogel (a. a. O.) führt an, daß die täglichen Harnmengen Erwachsener zwischen 600 und 2800 g (und noch mehr) betragen können. Freilich gelangen solche Unterschiede in „großen Zahlen“, die sich über eine ganze Stadtbewölkerung und Jahr erstrecken, zu einem hinreichenden Ausgleich; immerhin verbleiben Unsicherheiten von einer gewissen Größe bestehen, über die man niemals hin-

*) Vergl. Vogel, Die Verwertung der städtischen Abfallstoffe. Berlin 1896.

weg kommen wird. Wie weit etwa der Ausgleich geht, lehrt die folgende Zusammenstellung über Jahresmengen der Absonderungen, die von einer größeren Anzahl von Autoren, welche, wie anzunehmen, unabhängig voneinander arbeiteten, ermittelt worden sind.

| | Jahressummen der Absonderungen in Kilogramm | | |
|-------------------------------|--|----------|----------|
| | feste | flüssige | zusammen |
| Nach Heiden und A. Müller . . | 48,50 | 438,0 | 486,5 |
| " E. Wolff | 48,15 | 422,0 | 470,15 |
| " v. Pettenkofer und Gärtner | 34,0 | 428,0 | 462,0 |
| " Wolf und Lehmann . . . | 32,9 | 428,2 | 461,1 |
| " Frankland | 33,0 | 427,0 | 460,0 |
| " Parkes | 27,4 | 438,0 | 465,4 |
| Durchschnitt . . . | 37,33 | 430,2 | 467,53 |

Während in den Angaben über die Menge der flüssigen Absonderungen eine sehr nahe Uebereinstimmung stattfindet, weichen diejenigen in Bezug auf die Menge der festen Absonderungen sehr weit voneinander ab. Die Abweichung ist so groß, daß es sich verbietet, hier einen Durchschnittssatz anzunehmen. Die niedrigen Zahlen röhren von Hygienikern, die höheren von Agrikulturchemikern her. Es mag dahin gestellt bleiben, welchen unter den Angaben die größere Wahrscheinlichkeit zu kommt. Vogel (a. a. O.) misst diese aus mehreren Gründen den Angaben der Agrikulturchemiker bei und rechnet durchgehends mit den Werten 48,5 kg für die festen und 438,0 kg für die flüssigen Absonderungen. Verfasser glaubt sich in dem Folgenden diesem Vorgehen anschließen zu sollen, ohne damit den niedrigeren Angaben gegenüber einen Zweifel auszudrücken.

Sowohl in gesundheitlichem als technischem Sinne kommt den flüssigen Absonderungen die größere Bedeutung zu. In gesundheitlichem insofern, als der Harn, vermöge alsbaldiger Bildung von Ammoniak aus dem Harnstoff und der Harnsäure, rasch in den Zustand der Fäulnis übergeht, und als er ferner geeignet ist, die in ihm enthaltenen Schädlichkeiten rascher und weiter auszubreiten als die festen Absonderungen, letzteres nicht nur wegen der Form, sondern auch wegen seines größeren Volumens und auch noch aus sonstigen Gründen. Der hauptsächlichste Bestandteil der Absonderungen dem Volumen nach ist Wasser; der Trockengehalt tritt dagegen stark zurück. Die Zusammensetzung, nach diesen beiden Bestandteilen ermittelt, ist folgende:

| | Feste Absonderungen | Flüssige Absonderungen |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| Wasser | 77,2 % | 95,5 % |
| Trockengehalt | 22,8 | 4,5 |

Bei dem angenommenen Mengenverhältnis der beiden Formen enthält die Mischung: Wasser 93,3 %, Trockengehalt 6,3 %.

Das spezifische Gewicht der festen Absonderungen ist 1,067, das der flüssigen 1,024; es berechnet sich daraus das spezifische Gewicht des Gemisches zu 1,030.

Von gesundheitlicher sowohl als landwirtschaftlicher Bedeutung sind folgende Bestandteile der Absonderungen: organische und mineralische Stoffe (Asche), Stickstoff, Phosphorsäure, Kali, kohlensaurer Kalk, Chlorverbindungen, neben denen eine große Reihe anderer für unsre Zweck interesseloser darin enthalten ist.

Die nachstehende Tabelle enthält eine Zusammenstellung über den Gehalt der Absonderungen an den genannten Stoffen, bezogen auf 1 Person pro Tag und pro Jahr:

| | | Mengen für | | | | | |
|---------------------------------------|------|------------|---------|----------|--------|---------|----------|
| | | 1 Tag | | | 1 Jahr | | |
| | | fest | flüssig | zusammen | fest | flüssig | zusammen |
| In frischem Zustande . . . | 1 kg | 0,125 | 1,168 | 1,293 | 45,4 | 426,4 | 471,8 |
| | | 0,133 | 1,200 | 1,333 | 48,5 | 438,0 | 486,5 |
| Davon sind: | | | | | | | |
| Wasser | | 102,7 | 1146,0 | 1248,7 | 37,4 | 418,3 | 455,7 |
| Trockengehalt | | 30,3 | 54,0 | 84,3 | 11,1 | 19,7 | 30,8 |
| Hierin sind enthalten: | | | | | | | |
| Organische Stoffe | | 26,1 | 39,6 | 65,7 | 9,50 | 14,50 | 24,00 |
| Mineralische Stoffe (Asche) | | 4,2 | 14,4 | 18,6 | 1,50 | 5,30 | 6,80 |
| Und darin: | | | | | | | |
| Stickstoff | | 1,7 | 9,6 | 11,3 | 0,62 | 3,50 | 4,12 |
| Phosphorsäure | | 1,5 | 1,9 | 3,4 | 0,55 | 0,69 | 1,24 |
| Kali | | 0,5 | 2,3 | 2,8 | 0,18 | 0,84 | 1,02 |
| Kohlensaurer Kalk | | 0,8 | 0,2 | 1,0 | 0,29 | 0,08 | 0,37 |
| Kochsalz | | — | 9,8 | 9,8 | — | 3,58 | 3,58 *) |

Die Zahlen der Tabelle sind Durchschnittswerte, von denen wesentliche Abweichungen vorkommen können. Dies zu beachten, ist insbesondere bei dem Stickstoffanteil von Wichtigkeit, der als Hauptkennzeichen (Maßstab) der Verunreinigung von Abwassern mit menschlichen Absonderungen gilt. Nach Fischer (a. a. O. S. 56) kann in den täglichen festen Absonderungen einer Person je nach der Art der aufgenommenen Nahrung die Stickstoffmenge von 0,6—4,3 g schwanken. Ernährung mit Brot und Hülsenfrüchten erhöht den Stickstoffanteil am meisten; Gemüsenahrung wirkt stark abmindernd. Der Stickstoffgehalt des Harns schwankt in engeren Grenzen als der der festen Absonderungen. Ersterer ist aber der Gesamtmenge nach weit überwiegend, da nach der Tabelle folgendes Verhältnis besteht:

$$\frac{\text{Stickstoffmenge im Harn}}{\text{Stickstoffmenge in den Fäces}} = \frac{3,50}{0,62} = 5,64.$$

Anderweitig werden in der Literatur für dieses Verhältnis bis zum Anderthalbfachen höhere Zahlen angetroffen. Wie der Stickstoff des Harns, so erleidet auch derjenige in den festen Absonderungen bald Umbildungen, teils zu Ammoniak, teils zu andern Formen: freiem Stickstoff und flüchtigen Stickstoffverbindungen. Aus solchen Umbildungen ergeben sich Verluste und wird deshalb der Stickstoffanteil in nicht frischen Absonderungen immer geringer sein, als der in der obigen Tabelle nachgewiesene. Wie groß der Unterschied ist, hängt vom Alter und von der Aufbewahrungsweise der Absonderungen ab.

Auf S. 21 ist der Wert der in den jährlichen Absonderungen einer Person enthaltenen Dungstoffe zu 5,2 Mk. berechnet worden. Dies bezieht sich auf den frischen Zustand; 5,2 Mk. sind daher ein „theoretischer“ Wert, hinter welchem derjenige Wert, den die Landwirtschaft vermöge der notwendigen Sammlung und längeren

*) Berechnet unter Annahme eines Chlorgehaltes im Harn von 0,5 %.
Büsing, Städtereinigung. 1.

Aufbewahrung thatssächlich nutzen kann, mehr oder weniger weit zurückbleibt. Insonderheit kommt dabei die Sammelweise der Absonderungen (ob in Wasserklosets, Gruben, Tonnen u. s. w.) in Betracht.

§ 103. Abgesehen von dem geringen Verlust, welcher beim Stickstoff durch Verflüchtigung (auch durch Bildung von Salpetersäure) eintritt, ergiebt sich ein Verlust bei diesem Stoff und gleicherweise bei allen übrigen, die in den Absonderungen enthalten sind, dadurch, daß ein gewisser Teil der letzteren den Sammestätten vor enthalten bleibt; hierbei machen auch die Orte mit Spülabritten und Wasserklosets keine Ausnahme. Man kann aber sagen, daß je größer die Wohn-dichte einer Stadt, um so geringer die hier fraglichen Verluste sind und umgekehrt. Bei mäßiger Wohndichte, wie noch Städte bis 50000 Einwohner sie aufzuweisen pflegen, kann die Menge der thatssächlich zur Sammlung gelangenden Absonderungen auf etwa 0,5—0,4 der Gesamtmenge herabgehen, in mehr ländlich gearteten Städten daher noch weiter. In dichtbewohnten Großstädten bzw. dicht bebauten Teilen solcher mag umgekehrt ein doppelt so hoher Anteil, also vielleicht 0,9, zur Sammlung gelangen, während für das ganze Gebiet sich ein geringerer Satz ergiebt.

Im Durchschnitt beträgt der Wasserverbrauch für Klosettspülung etwa $\frac{1}{6}$ des häuslichen Verbrauchs und beim einmaligen Benutzen eines Wasserklosets wahrscheinlich nicht über 5—6 l, eine etwas geringe Zahl, aus der sich die mehrfach beobachtete Thatsache erklärt, daß der Wasserverbrauch in Städten mit Wasserklosets sich als nicht größer herausstellt, als in Städten mit Gruben- oder Tonnen-system. Es wird daher der Wasserverbrauch von andern Faktoren viel stärker beeinflußt, als von dem Verbrauch für Klosettspülung.

Wo die obige Zahl zutrifft, gelangt mit den Absonderungen etwa das Neun- bis Zehnfache derselben an Spülwasser in die Klosets, bzw. Ableitungen derselben, so dass dort die ungefähre Zusammensetzung der Wasserklosett-Abflüsse, wenn man die Annahme macht, daß 0,75 der Absonderungen zur Sammlung in den Klosets gelangen, durch folgende Angaben charakterisiert sein wird (Tabelle und Angaben S. 159):

| | | Auf 1 Kubikmeter berechnet |
|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Wasser 0,75 | 1,2487 · 10 | 9,370 kg |
| Trockengehalt 0,0843 | | 63 g |
| Darin: | | 6,723 " |
| Organische Stoffe | | 49 , |
| Mineralische Stoffe | | 14 , |
| und in diesen: | | |
| Stickstoff | | 8,5 g |
| Phosphorsäure | | 2,5 , |
| Kali | | 2,1 , |
| Kohlensaurer Kalk | | 0,8 , |
| Kochsalz | | 7,4 , |
| | | 0,907 , |
| | | 0,267 , |
| | | 0,224 , |
| | | 0,085 , |
| | | 0,790 " |

Von dieser Beschaffenheit der Wasser in Klosettableitungen, die selbstverständlich auf Genauigkeit keinen Anspruch machen, weicht die Beschaffenheit der Wasser aus häuslichen Ableitungen, wenn durch dieselben Klosett- und Küchenwasser gemeinsam abgeführt werden, mehr oder weniger weit ab. Bei der völligen Unkenntnis aber, die über die Menge verunreinigender Stoffe, welche aus Küchen u. s. w. abfließen, besteht, ist eine rechnungsmäßige Bestimmung der Beschaffenheit der Küchenwässer ausgeschlossen und bleibt nur übrig, sich durch direkte Untersuchung der Kanalwasser Auskunft über die Zusammensetzung des Gemisches aus Klosett- und Küchenwassern zu vergewissern.

§ 104. Es könnte die Ansicht entstehen, daß ein hinreichend genaues Bild von der Beschaffenheit der Küchenwasser sich durch ein einfaches Subtraktions-exempel gewinnen lasse, indem von den durch die Analyse in den Kanalwässern festgestellten Mengenzahlen gewisser charakteristischer Stoffe die durch Rechnung ermittelten Mengenzahlen derselben Stoffe in den Klosett-wässern in Abzug gebracht werden; der so gefundene Unterschied stelle die Beschaffenheit der Küchenwasser dar. Es ist klar, daß auf so ungleichen Grundlagen gewonnene Zahlen nicht in der angegebenen Weise verbunden werden können, daß also etwaige Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen eines solchen Exempels schon deshalb allein hinfällig sind.

Noch mehr leuchtet dies ein, wenn gewisse Unsicherheiten, welche der Analyse unvermeidlich anhaften, in Betracht gezogen werden. Zwar wird die chemische Analyse in jedem einzelnen Falle ein genaues Bild der Beschaffenheit der Kanalwasser liefern; doch wechselt dieses Bild mit verschiedenen Umständen: mit der Zeit sowohl als mit der Oertlichkeit.

Verschiedenheiten nach der Oertlichkeit (der Lage der Entnahmestelle) ergeben sich aus den ungleichen Zeitenlängen, welche die Abwasser gebrauchen, um eine gewisse Stelle im Kanalnetz zu erreichen, namentlich wenn inzwischen Aufenthalte stattfinden. An den oberen Enden eines Netzes wird die Zusammensetzung der Kanalwasser eine andre sein als an den unteren, da in der Zeit, die das Wasser gebraucht, um vom oberen Ende aus das untere zu erreichen, mehr oder weniger große Umbildungen vor sich gehen, die das Bild der Beschaffenheit verändert erscheinen lassen; es werden ferner unterwegs Wasser anderer Herkunft und Zusammensetzung hinzutreten sein.

Vogel hat eine Reihe von Analysen Berliner Kanalwasser, die an verschiedenen Stellen entnommen wurden, ausgeführt (a. a. O. S. 226) und fand dabei, gegenüber den Mittelwerten:

| | |
|----------------------------|-----------------|
| Gesamtstickstoff | 118,6 mg in 1 l |
| Ammoniakstickstoff | 52,9 " " 1 l |

Grenzwerte von 57,8 und 202 mg Gesamtstickstoff, sowie 20,4 und 110 mg Ammoniakstickstoff. Freilich ist dies Bild insofern nicht rein, als die Proben an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tagesstunden entnommen wurden.

Weyl fand (an demselben Tage) in Mischungen von Berliner Kanalwassern, die an sechs verschiedenen, aber immer denselben Stellen, im Kanalnetz entnommen waren:

| | |
|-----------------|-------------------------|
| 7 Uhr morgens | 98 mg Stickstoff in 1 l |
| 12 " mittags | 127 " " 1 l |
| 5 " nachmittags | 87 " " 1 l |
| 8 " abends | 55 " " 1 l (Regen) |
| 10 " " | 85 " " 1 l |

Die gründlichsten Untersuchungen zu diesem Punkte, hat Prausnitz*) an Münchener Kanalwassern angestellt, der in regenfreier Zeit allstündig während der 24 Tagesstunden Kanalwasserproben an denselben Stellen entnahm, und dieselben auf den Gehalt an organischen Substanzen, ferner an Chlor und an Keimen untersuchte. Aus der graphischen Darstellung, in welcher Prausnitz die Ergebnisse bildlich niedergeschlagen, sind folgende Zahlen, welche den Durchschnitt von je 3 Stunden angaben, entnommen:

*) Prausnitz, Der Einfluß der Münchener Kanalisation auf die Isar. München 1890.

| Zeit | Trocken- rückstand mg in 1 l | Organische Substanz | Chlor | Keimzahl in 1 ccm |
|---------------------|------------------------------------|------------------------|-------|-------------------------|
| | | | | 160 000 |
| 6— 9 Uhr vormittags | 0,70 | 0,93 | 37 | |
| 9—12 " | 0,91 | 1,36 | 59 | 385 000 |
| 12— 3 " nachmittags | 0,87 | 0,79 | 62 | 280 000 |
| 3— 6 " " | 1,04 | 1,27 | 78 | 288 000 |
| 6— 9 " " | 1,11 | 1,70 | 76 | 440 000 |
| 9—12 " " | 0,71 | 0,61 | 55 | 440 000 |
| 12— 3 " vormittags | 0,70 | 0,63 | 43 | 193 000 |
| 3— 6 " " | 0,81 | 0,62 | 29 | 165 000 |

Diese Zahlen geben gewissermaßen ein Bild der Lebensgewohnheiten der Stadtbewölkerung, insofern sie sich an die Tätigkeiten (Arbeits-, Ruhe- und Essenszeiten) ersichtlich eng anschließen. Was weiter in den Zahlen hervortritt, ist ein ziemlich genauer Parallelismus unter den Mengen der bestimmten Stoffe. Auch der Mikrobengehalt nimmt an diesem Parallelismus teil; doch bleibt der Gang der Mikrobenzahl um ein paar Stunden hinter dem Gange der übrigen Zahlen zurück. Ermittelt man die Durchschnittszahlen für 24 Stunden sowohl, als für die 12 Tages- bzw. Nachtstunden (6—6), so erhält man folgendes, sehr deutliches Bild:

| Zeit | Trocken- rückstand | Organische Substanz | Chlor | Keimzahl |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|-------|----------|
| Durchschnitt aus 24 Stunden. | 0,87 | 0,97 | 58 | 285 000 |
| Desgl. aus 12 Tagesstunden. | 0,99 | 1,27 | 75 | 325 000 |
| Desgl. aus 12 Nachtstunden. | 0,72 | 0,65 | 41 | 240 000 |

Die Prausnitzschen Arbeiten wurden gegen das Ende der 80er Jahre, also zu einer Zeit ausgeführt, wo die Aufnahme von Klosettstoffen nicht erlaubt war, doch aber tatsächlich in großem Umfange stattfand. Dieser Umstand wird hier angemerkt, ohne aber daß dabei die Unterstellung Platz greift, daß dadurch der vergleichende Wert der obigen Zahlen eine Abminderung erlitte.

Gleichartige Untersuchungen sind mit Bezug auf den Wechsel unter den verschiedenen Tagen der Woche von Grandéau in Roubaire angestellt worden, worüber zu vergleichen: Fischer, Das Wasser S. 62. Daß auch größere Wechsel mit Bezug auf längere Perioden (jahreszeitlich) stattfinden, ist selbstverständlich.

Eine Schlußfolgerung, welche die vorstehenden Mitteilungen gestatten, geht dahin, daß der einzelnen Analyse einer Kanalwasserprobe wenig Bedeutung kommt, daß es daher vielfacher, unter den verschiedensten Umständen angestellter Beobachtungen bedarf, um zur Aufstellung zutreffender Durchschnittszahlen zu gelangen. Es steht auch dann noch dahin, ob die von verschiedenen Beobachtern an verschiedenen Orten gefundenen Ergebnisse etwas Weiteres als nur eine allgemeine Vergleichung zulassen, weil mehrere Besonderheiten des Untersuchungsverfahrens auf das Endergebnis bedeutend einwirken.

Unter diesem Vorbehalt wird nachstehend eine Zusammenstellung von analytischen Befunden der Kanalwasser einer Reihe von Städten mitgeteilt.

| Stadt | Schwebestoffe | | | | Gelöste Stoffe | | | | Gesamter Stickstoff in 1 cem g |
|---|-------------------|-----------------|----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| | minera- lische | orga- nische | ins- gesamt | Darin Stick- stoff | Trocken- rück- stand | minera- lische | orga- nische | Stick- stoff | |
| | mg in 1 l | | | | mg in 1 l | | | | |
| 1. Dortmund . . . | 205,5 | 284,3 | 489,8 | 28,1 | 782,4 | 518,6 | 263,8 | 53,4 | 81,5 |
| 2. Ottensen . . . | 218,8 | 442 | 660,8 | 24,1 | 1817,5 | 1450 | 367,2 | 68,3 | 92,4 |
| 3. Essen . . . | 105,2 | 213,4 | 318,6 | 19,3 | 843,2 | 613,6 | 229,6 | 50,3 | 69,6 |
| 4. Braunsberg . . . | 961 | 1485,6 | 2446,6 | 39 | 796,1 | 490,1 | 306 | 51,4 | 90,4 |
| 5. Halle . . . | 611,6 | 404,8 | 1016,4 | 41,4 | 3376 | 2829,6 | 546,4 | 64,5 | 105,9 |
| 6. Wiesbaden . . . | 40 | 34 | 74 | — | 1873 | 1780 | 93 | — | 23 |
| 7. Mittel aus 15 englischen Städten ohne Wasserklossets . . . | 178 | 213 | 391 | — | 824 | — | — | — | 73 |
| 8. Berlin . . . | 323 | 733 | 1056 | — | 1190 | 846 | 344 | 99,6 *) | 99,6 *) |
| 9. Breslau . . . | 166,8 | 371,4 | 538,2 | — | 720,2 | 475,8 | 244,4 | 82,2 | 82,2 **) |
| 10. Danzig . . . | 226 | 356 | 582 | — | 683 | 522 | 161 | 53 | 64,8 |
| 11. Frankfurt a. M. | 320 | 655,4 | 975,4 | 44,7 | 857,6 | 361,3 | 496,3 | 54,7 | 99,4 |
| 12. Mittel aus 16 englischen Städten mit Wasserklos. | 242 | 205 | 447 | — | 722 | — | — | — | 85 |
| 13. Potsdam a) . . | 113 | 673,5 | 786,5 | 37,3 | 2989 | 1652 | 1337 | 438,7 | 476 |
| b) . . | 881,5 | 2437 | 3318,5 | 82,8 | 5590 | 2334 | 3256 | 433,2 | 516 |

Die Teilung der vorstehend mitgeteilten Zahlen in drei Gruppen bzw. 1—7, 8—12 und 13 erfolgte, um den Unterschied zu veranschaulichen, der bei den Kanalwassern stattfindet, je nachdem denselben die Klosettwasser beigemischt sind oder nicht.

Die Angaben zu 1—7 betreffen Städte, welche Klosettwasser in die Kanäle nicht aufnehmen, die Angaben zu 8—12 solche Städte in denen die Aufnahme erlaubt ist. Vergleicht man sowohl mit Bezug auf den Gehalt an Schwebestoffen, als an gelösten festen Stoffen, als endlich an Stickstoff, so sieht man, daß kein wesentlicher Unterschied in der Beschaffenheit der Kanalwasser der beiden Städtegruppen besteht. Die Kanalwasser werden durch die Zumischung der Klosettwasser daher nicht erheblich stärker verunreinigt, eine Thatsache, die sich zum Teil wohl daraus erklärt, daß gewisse, mehr oder weniger große Mengen von menschlichen Absonderungen den Weg in die Kanäle finden, einerlei ob die Aufnahme zu Recht oder zu Unrecht geschieht. Zu einem andern Teil wird die hervorgehobene Thatsache auch damit erklärt werden müssen, daß die Küchenwasser ebenfalls erheblich verunreinigt, namentlich auch stickstoffreich sind, sowie damit, daß Stickstoff auch noch aus anderweitigen Quellen als den hier in Rede befindlichen zugeführt wird; insbesondere ist dabei an die in gewerblichen Wassern enthaltenen Stickstoffmengen zu denken.

*) Ungerechnet den (nicht bestimmten) Stickstoff in den Schwebestoffen.

**) Hier gilt die Bemerkung wie vor. Die untere Zahl entspricht anderweitigen Analysen als den hier sonst mitgeteilten.

Die besonders starke Verunreinigung, welche die Kanalwasser der Stadt Potsdam (Gruppe 13) aufweisen, erklärt sich aus einem besonderen Umstände. Die Analysen beziehen sich auf Wasserproben, die aus einem Sammelbrunnen entnommen sind, in welchem dieselben zusammenfließen, bevor sie den Klärprozeß (in sogen. Klärtürmen) durchmachen. Da die Uebergabe an die Klärtürme alltäglich nur während einiger Stunden stattfand, hatte man es bei der Untersuchung mit Wasser zu thun, welches während einer Dauer von 18—20 Stunden zugelaufen war, bezw. in dem Sammelbrunnen stagniert hatte. Die zuerst mitgeteilte Analyse bezieht sich auf Wasserproben, welche unmittelbar vor dem Beginn der Einführung in die Klärtürme genommen waren, die zweite auf Probeentnahmen unmittelbar vor dem Ende der Einführung. Die beiden Analysen liefern also ein Bild von den Veränderungen, welche faulende Wasser erleiden, wenn dieselben stagnieren, bezw. bei ihrem Laufe durch die Leitung in Schächten oder in Strecken mit unzureichendem Gefälle lange aufgehalten werden. Auf eine Nutzanwendung, die sich hieraus für die Betriebsweise von Kläranstalten ergibt, wird erst später einzugehen sein.

Da während der Einführung in die Klärtürme fortwährend neues Kanalwasser zuläuft, so wird das Wasser gegen Ende des Klärbetriebes „Mischwasser“ sein, auf dessen Beschaffenheit auch die Sedimentierung während der Dauer des Stillstandes beträchtlich eingewirkt hat.

Weiter muß aber hinzugefügt werden, daß es sich bei den Potsdamer Wassern um solche aus Kanälen handelt, die einem Trennsystem entstammen, bei welchem Regenwasser in die Leitung nicht aufgenommen wird, und daß diese Wasser — vermutlich wegen allzu geringen häuslichen Wasserverbrauchs — so stark verunreinigt sind, wie es nur selten beobachtet wird. —

Ist der auf 1 Kopf und Tag entfallende Wasserverbrauch bekannt, so läßt sich aus den Zahlen der letzten Spalte der obigen Tabelle berechnen, welche Stickstoffmengen auf den Tag und Kopf durchschnittlich entfallen. Bei einem Durchschnittssatz von 80 g Stickstoff in 1 ccm Abwasser und 100 l Wasserverbrauch würde der Anteil pro Kopf und Tag nur 8 g sein, d. h. weniger betragen als nach S. 162 der durchschnittliche Stickstoffanteil in den täglichen Absonderungen eines Menschen beträgt. Man mag hieraus einen Beweis für die bereits mehrfach unterstellte Thatsache entnehmen, daß auch in Städten mit Wasserklossets den letzteren ein mehr oder weniger erheblicher Teil der menschlichen Absonderungen vorenthalten bleibt.

Wegen der Bedeutung, die einigen andern in Schmutzwassern enthaltenen Stoffen — außer Stickstoff — zukommt, sind die bezüglichen Mitteilungen in den Abschnitten über Boden- und Flußverunreinigung zu vergleichen.

§ 105. Kanalwasser können sowohl Stoffe als organisierte Formen von spezifischer Schädlichkeit enthalten.

Bei der Fäulnis von Stoffen organischer Herkunft entstehen sogen. Fäulnisgifte (Ptomaine), von denen eine Anzahl näher untersucht und bestimmt ist. Doch ist bis heute noch keine vollständige Klärung erreicht, die bei den minimalen Mengen, um welche es sich in der Regel handelt, und bei der Kompliziertheit der Verbindungen, in welchen die Gifte vorkommen, auch schwer beschaffbar ist. Bei der meist unmittelbaren Verbindung des Hausinners und der Straße mit den unterirdischen Kanälen, werden den Wassern derselben jedenfalls auch öfter pathogene Mikroben und organisierte Lebewesen zugeführt, sowohl solche, die für Menschen, als solche, die für Tiere, und noch andere, die für Tiere und Menschen pathogen sind.

Bei der häufig alkalischen Reaktion des Kanalwassers, einer mittleren und

sehr beständigen Temperatur und, endlich, bei einem großen Reichtum an Nahrung ist zu erwarten, daß Mikroben in Kanalwässern ganz allgemein einen günstigen Boden für ihr Fortkommen finden. Die Erfahrung bestätigt diese Vermutung auch, soweit es sich um die nicht pathogenen Mikrobenformen handelt. Diese Formen kommen unter Umständen zu mehreren hundert Millionen in 1 ccm Kanalwasser vor. Proskauer und Nocht fanden z. B. in demselben Potsdamer Kanalwasser, von welchem oben Analysenergebnisse mitgeteilt sind, bezw. 160 und 108 Millionen Keime. Andere, mit geringeren Keimzahlen sind für Münchener Kanalwasser auf S. 164 mitgeteilt worden. Im Kanalwasser von Halle wurden 12, 108 und 257 Millionen Keime, in demjenigen von Paris bis 6 Millionen Keime in 1 ccm gefunden, alles Keimzahlen, die sehr weit über diejenigen hinausgehen, welche für selbst stark verunreinigte Flußwasser ermittelt worden sind. (Vergl. die Abschnitte über Flußverunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse.)

Unter den vielen Millionen kommen Mikroben pathogener Art in der Regel wohl nur in wenigen Exemplaren vor, da, wenn es anders wäre, sich häufiger als tatsächlich der Fall, ein Befund an solchen ergeben haben müßte. Es scheint, daß bis jetzt nur drei Arten pathogener Mikroben in Kanalwässern nachgewiesen worden sind und darunter keine von den gefährlichsten, wie die Erreger der Cholera und des Typhus. (Vergl. Arnould, *Nouveaux Éléments d'Hygiène*, p. 754.) Dieser fast negative Befund kann kaum anders erklärt werden als so, daß in den Kanalwässern die Lebensbedingungen für die pathogenen Mikroben ungünstig sind. Ob es sich nur um rasches Ueberwuchern derselben durch die unschädlichen Formen, wie gewöhnlich angenommen wird, handelt, ob und welche andren ungünstigen Verhältnisse dabei obwalten, sind Fragen, auf die heute noch keine ausreichende Antwort gegeben werden kann; die Wissenschaft ist bisher nicht viel weiter als zur bloßen Kenntnis der Thatsache vorgedrungen.

Es ist ferner noch unentschieden, ob einem hohen Befund an Mikroben eine günstige oder ungünstige Deutung zukommt. Als günstig läßt sich derselbe in dem Sinne deuten, daß durch das Mikrobenleben der Umbildungsprozeß der Faulstoffe befördert, oder gar erst ermöglicht wird, und in dem andern, daß eine reiche Vegetation von Mikroben harmloser Art dem Bestehen pathogener Formen abträglich ist. Es dürfte bei der hier aufgeworfenen Frage ebenso sehr auf die Zahl der Arten von Mikroben, als auf die Menge derselben ankommen. Hohe Zahlen, wenn es sich dabei um einzelne wenige Arten handelt, dürften relativ unbedenklich sein, wogegen hohe Zahlen aus vielen Arten zusammengesetzt, und noch mehr geringe Zahlen aus vielen Arten zusammengesetzt, Bedenken hervorrufen müssen, weil mit der im Vergleich zur Gesamtzahl größer werdenden Menge der Arten die Wahrscheinlichkeit wächst, daß unter letzteren auch solche von pathogenen Formen vorhanden sein können.

§ 106. Von großer Bedeutung sowohl für die konstruktiven Anordnungen eines Kanalnetzes, als noch mehr für die Einrichtungen der Reinigungsanlagen von Schmutzwässern, sind die Schwebestoffe, welche das Kanalwasser enthält. Es kommt bei ihnen sowohl auf die Art als auf die Menge an. Spezifisch schwere Stoffe, namentlich wenn sie von geschlossener — nicht sperriger — Form sind, sinken zu Boden, nicht nur in stehendem Wasser, sondern auch bei einiger Wassergeschwindigkeit. Spezifisch leichte Stoffe, und alle Stoffe von sperriger Art sinken entweder gar nicht zu Boden oder doch erst auf mehr oder weniger langem Wege. Nähere Angaben sind folgende:

- Gröberer Sand u. s. w. bedarf zur Mitführung 300—600 mm Wassergeschwindigkeit.

- b) Feiner Sand wird bei Wassergeschwindigkeiten von 300 mm an mit fortgeführt und sinkt bei kleineren bald zu Boden.
- c) Sand wird rasch niedergeschlagen, wenn die Wassergeschwindigkeit 150 mm nicht überschreitet; bei 2—3 mm Geschwindigkeit erfolgt starker Niederschlag.
- d) Leichter Schlamm kann bei Geschwindigkeiten von 150—300 mm schwimmend bleiben, wird bei geringeren niedergeschlagen.
- e) Papier, Stroh, Haare, Webestoffe, Gemüseabfälle sind Schwimmstoffe, die mitgeführt werden, bis sich ihrer Weiterbewegung ein Hindernis entgegenstellt.

Diese Angaben setzen immer voraus, daß der Wasserquerschnitt genügend groß ist, damit die Schwebestoffe nicht die Fassung (Sohle u. s. w.) des Wasserlaufs berühren. Wenn dies der Fall, ist der Zustand ein anderer.

§ 107. In den auf S. 165 mitgeteilten Analysen von Kanalwassern sind die Schwebestoffmengen in mineralische und organische geteilt angegeben. Scheidet man, um dem wirklichen Mittel einigermaßen nahe zu kommen, sowohl die zwei kleinsten als die zwei größten Werte aus, so finden sich die Durchschnittswerte:

$$\left. \begin{array}{l} \text{für die mineralischen Stoffe zu } 260,4 \text{ g} \\ \text{, , organischen } \quad \text{, , } 433,8 \text{ g} \\ \qquad \qquad \qquad \text{insgesamt } 694,2 \text{ g} \end{array} \right\} \text{in 1 ccm Wasser.}$$

Dem Gewichte nach sind an der Gesamtmenge die mineralischen Stoffe mit etwa 0,4, die organischen mit 0,6 beteiligt, ein Verhältnis das mit der Oertlichkeit großen Wechseln unterliegt, sich auch vollständig umkehren kann.

Für gewisse Zwecke ist es wichtig, das Volumen der Schwebestoffe — bezw. der beiden Bestandteile derselben zu kennen. Nimmt man für die mineralischen Stoffe das spezifische Gewicht = 1,3, für die organischen dasjenige von 1,03 an, Werte, die sich nicht allzuweit von der Wahrheit entfernen werden, so findet sich als Durchschnitt des spezifischen Gewichts der Schwebestoffe 1,13 und daraus:

$$\text{Volumen der mineralischen Stoffe} = 200 \text{ ccm} = \frac{200}{1 \, 000 \, 000} = \frac{1}{5000}$$

$$\text{, , organischen } \quad \text{, , } 420 \text{ , , } = \frac{420}{1 \, 000 \, 000} = \frac{1}{2380}$$

$$\text{Gesamtvolumen der Schwebestoffe} = 620 \text{ , , } = \frac{620}{1 \, 000 \, 000} = \frac{1}{1613}.$$

Da gewisse Mengen der Schwebestoffe, sowohl spezifisch leichte als schwere, bereits in den Einlässen, bezw. in den Einsteigeschachten der Kanäle, in Sandfängen u. s. w. zurückgehalten werden, so stellen die obigen Zahlen nicht den vollen Anteil dar, den die Abwasser ursprünglich enthalten; dieselben müssen daher um gewisse Beträge vermehrt werden. Um wie viel, darüber bieten z. B. die Feststellungen einen Anhalt, welche beim Betriebe der Berliner Kanalisationswerke über die Mengen der aus den Kanälen und Sandfängen laufend entfernten Schwebestoffmengen gemacht werden. Dieselben betragen hier rund $\frac{1}{5000}$ der Abwassermenge, und wenn man diesen Betrag dem obigen Posten hinzurechnet, so erhält man als Volumen der mineralischen Stoffe $\frac{1}{2500}$ und als Gesamtvolumen der Schwebestoffe $\frac{1}{2500} + \frac{1}{2380} = \frac{1}{1220}$, wofür rund $\frac{1}{1200}$ gesetzt werden darf.

Bei der besonderen Sorgfalt, welche in Berlin auf die Straßenreinigung verwendet wird, kann die Menge von $\frac{1}{5000}$ der aus den Kanälen u. s. w. direkt entfernten Schwebestoffe jedenfalls als ein Kleinstwert angesehen werden, der sich in andern Städten vielleicht auf das Anderthalb- oder auch Zweifache erhöht, d. h. auf $\frac{1}{3333}$ bzw. $\frac{1}{2500}$. Legt man diese Zahlen zu Grunde, so würde sich das Volumen der mineralischen Stoffe auf $\frac{1}{2000}$ bzw. $\frac{1}{1667}$ und damit das Gesamtvolumen der Schwebestoffe auf $\frac{1}{1090}$ bzw. $\frac{1}{980}$ erhöhen, wofür in runden Zahlen $\frac{1}{1100}$ bzw. $\frac{1}{1000}$ gesetzt werden kann.

Zwar kommen nach der Tabelle auf S. 165 Kanalwasser mit höheren Anteilen von Schwebestoffen als den hier ermittelten vor, ebensowohl aber auch solche mit geringeren Anteilen. Da aber Feststellungen, die beim Betriebe von Kläranlagen zahlreich gemacht worden sind, öfters die Zahl $\frac{1}{1500}$ oder $\frac{1}{1400}$ ergeben sollen, kann man die Zahlen $\frac{1}{1200}$ oder auch $\frac{1}{1000}$ als gute Mittelwerte annehmen, die wahrscheinlich öfter unter- als überschritten werden. Der höchste Satz bei sehr stark verunreinigten Kanalwassern (etwa in Trennsystemen) mag $\frac{1}{750}$ sein, der niedrigste, nur bei sehr hohem Wasserverbrauch und in Städten mit besonderem Reinlichkeitszustande der Straßen vorkommende, vielleicht $\frac{1}{4}$ desselben = $\frac{1}{3000}$.

Die Menge der in gelöster Form in den Kanalwassern enthaltenen Verunreinigungen geht (Tabelle S. 165) im allgemeinen über die Menge der Schwebestoffe hinaus. Und während die Befreiung der Wasser von letzteren verhältnismäßig einfach zu bewirken ist, bietet die Entfernung der in Lösung befindlichen Stoffe, ja selbst nur eines gewissen Teils derselben, beträchtliche Schwierigkeiten.

Das Eingehen auf die Reinigungsverfahren der Abwasser und die nach den Verschiedenheiten derselben angezeigten Besonderheiten derselben wird aber einer späteren Stelle des Buches vorbehalten.

3. Kapitel.

Meteorwasser im allgemeinen.

§ 108. Die atmosphärischen Niederschläge erfolgen in der Hauptsache in Form von Regen, meist nebensächlich in Form von Schnee.

Ihre Messung geschieht an meteorologischen Stationen, denen, für den Zweck der Messung der Niederschläge allein, besondere Stationen in größerer Anzahl hinzutreten.

Der Dienst der Niederschlagsbeobachtungen ist verhältnismäßig jung. In