

Ein neues System
zur
Beseitigung und Verwertung
der Hausabwässer.

Von
Ingenieur M. Friedersdorff, Bergisch Gladbach.



[1917]

Joh. Heider, B. Gladbach

G. 55
132

1787

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298437

SW
hniczna

II 31675

In der Schrift der Deutschen Gartenstadt-Gesellschaft: „Die Reinhaltung von Gartenfriedhöfen“*) sind auf Seite 72 bis zum Schluß „Praktische Versuchsanlagen zur selbsttätigen Beseitigung und Verwertung der Hausabwässer auf einzelnen Grundstücken in der Gartenfriedhof Gronauer Wald“ (Bergisch Gladbach) beschrieben.

Diese Versuchsanlagen betreffen das im Titel angedeutete System des Verfassers. Es besteht darin, daß die Hausabwässer einschließlich der Abgänge aus Spülklosett und Waschküche in ein Faulgrubensystem gebracht werden, aus dem sie nach einer abgemessenen Zeit in ein in den Garten 70 bis 80 Zentimeter tief verlegtes Drainröhren-System fließen, um zwischen den Fugen der etwa 30 Zentimeter langen Röhren hindurch auf die Grabensohle zu gelangen und dort in den Boden zu sickern.

Die Versuche, das Hausabwasser mittels solcher Untergrundberieselung zu beseitigen, sind nicht neu. Sie sind u. a. im Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 4. Bd.: „Die Entwässerung der Städte“ von A. Frühling näher beschrieben.

Ist aber aus dieser Beschreibung schon zu ersehen, von wie vielen Faktoren eine dauernde Brauchbarkeit der dort beschriebenen Methode abhängig ist, so hat die Erfahrung von solchen Anlagen gelehrt, daß das Verfahren nur in ganz besonders günstigen Verhältnissen zur Anwendung empfohlen werden kann.

Erst die Einrichtung von Faulgrubensystemen, wie sie die Versuche im Gronauer Wald im Laufe der Jahre, gestützt auf laufende physikalische, chemische und bakteriologische Beobachtungen, ergeben haben, ferner die Wahl ausreichend weiter Röhren, dann die Anpassung des Gefälles der Netzstränge an die physikalischen Eigenschaften des jeweils vorliegenden Bodens haben so wesentliche Verbesserungen hervorgebracht, daß viele der früheren Bedenken gegen dasselbe fallen gelassen werden müssen. Die wesentlichste Verbesserung aber, die bei diesem Verfahren zuerst im Gronauer Wald angebracht ist, ist die selbsttätige und andauernde Durchlüftung des ganzen Systems nach der ebenfalls auf Beobachtungen und mehrjährigen Erfahrung beruhenden Methode M. Friedersdorff.**)

Mit solchen, im folgenden näher zu erörternden Vorzügen ausgestattet, kann nun nach fünfjähriger Erfahrung gesagt werden, daß dieses Verfahren für alle Kleinsiedlungsverhältnisse unter wenigen Ausnahmen mit dauerndem Erfolg anwendbar ist.

Um den beteiligten Einzelhausbesitzern und Siedlungsgesellschaften einen Einblick in die technische Einrichtung, sowie einen Ueberblick über die Arbeit innerhalb der einzelnen Teile, über den wirtschaftlichen Wert des so eingerichteten Systems und schließlich über dessen hygienische Vorteile zu geben, dazu möge die nachstehende Beschreibung behilflich sein.

*) Renaissance-Verlag Robert Federn-Leipzig, 1915.

**) Ueber eine neue Methode der Bodendurchlüftung von M. Friedersdorff, Prof. Dr. P. Holdesleif und Dr. B. Heinze. (Berlin, P. Parey.)

A. Die technische Einrichtung und die Begründung der Ausmaße.

1. Die Grube. Die vollständig wasserdicht hergestellte Grube enthält vier Kammern. Alles Wasser aus dem Hause, also einschließlich der Abgänge aus Spülklosett und Waschküche, gelangt in die erste Kammer. Hier findet die Gärung und Ausfäulung der vom Wasser mitgebrachten Stoffe bis zur Lösung derselben statt. Das heißt, in der Kammer sollen alle verweslichen Teile soweit zur Vernichtung gebracht werden, daß der Kammerinhalt trotz des andauernd neu hinzutretenden Hausabganges sich an festen Stoffen nicht vergrößert oder doch nur insoweit, als die sehr geringen, in den Hausabgängen vorhandenen mineralischen, also in diesem Wasser unlöslichen Bestandteile solche Vermehrung bewirken. Außerdem werden hier fette und sonstige Schwimmstoffe zurückgehalten.

Die Kammer erhält Ausdehnungsmaße, welche einerseits der Menge des täglich anfallenden Abwassers, andererseits der Zeit angepaßt sind, welche zur Ausfäulung und Lösung der verweslichen Stoffe erforderlich ist. Sie sind daher verhältnismäßig groß.

Zur Weiterführung des Wassers sind in allen Kammern Ueberlaufsröhren derart angebracht, daß sie etwa bis zur mittleren Tiefe des Kammerwassers eintauchen. Nahe am oberen Ende lassen sie das in ihnen aufgestiegene Wasser durch seitlich abzweigende Röhren in die nächste Grube überlaufen. Dann aber ragen sie noch etwa 15 cm über den Wasserspiegel der Grube hinaus. Durch letzteres wird verhindert, daß fette und Schwimmstoffe aus einer Kammer in die andere übertreten. Die Einmündung der Ueberlaufsröhren in die nächste Kammer findet ebenfalls unter Wasser in mittlerer Tiefe der Kammer statt.

Da bei dem Gärungs- und Ausfäulungsprozeß durch die sich entwickelnden Gase ein fortwährendes Aufsteigen und Sinken aufgetriebener Stoffe stattfindet, so ist es unvermeidlich, daß durch die Ueberlaufsröhren geringe, noch nicht ausgefäulte und ungelöste Stoffe in die zweite Kammer mitgerissen werden. Deswegen ist diese Kammer als End-faulkammer für solche Stoffe eingerichtet. Ihre Ausdehnungsmaße sind dementsprechend gewählt und verhältnismäßig klein.

Aus der zweiten Kammer gelangt das Wasser durch gleich gestaltete Ueberlaufsröhren in die dritte Kammer. In ihr müssen Oxydations- und Nitrifikationsprozesse stattfinden. Deswegen sind ihre Ausdehnungsmaße der für diese Prozesse notwendigen Zeit entsprechend eingerichtet und groß.

Von hier läuft das Wasser durch die Ueberlaufsröhren in die vierte Kammer, und zwar in die dort hängende Kippmulde. Diese schüttet es, sobald sie gefüllt ist, selbsttätig aus und richtet sich dann für die neue Füllung ebenfalls selbsttätig wieder auf. Der Auslauf des Wassers aus der Kammer in das Röhrennetz erfolgt vierzig Zentimeter über dem Boden der Kammer. Das hat den Zweck, daß alle von außen etwa in die Grube — z. B. beim Öffnen der Grubendeckel — fallenden Stoffe sich in diesem 40 cm tiefen Wasserkoffer absetzen können und dadurch vom Röhrennetz fern gehalten werden.

2. Das Röhrennetz. Die in den beiden ersten Grubenkammern bis zur kolloidalen Lösung gebrachten organischen, d. h. verweslichen Stoffe, sind, wie gesagt, in der dritten Kammer bereits dem weiteren Vernichtungsprozeß, der Oxydation und der Nitrifizierung, also der Mineralisierung der stickstoffhaltigen Bestandteile, ausgesetzt gewesen. Da diese Kammer aber der Kosten wegen auf Maße beschränkt ist, welche den Prozeß nicht zur Vollendung gelangen lassen, so muß er im Röhrennetz und im Gartenboden zur Beendigung kommen. Das geschieht durch Kleinlebewesen, Bakterien, welche

unbedingt eine gewisse Menge Luft, also Sauerstoff zu ihrer Entwicklung und zu ihrer Lebenstätigkeit bedürfen. Um ihnen die nötige Luft zuzuführen, war man früher gezwungen, das Röhrennetz nur etwa 20—30 cm tief in den Boden zu legen, so daß sie aus der im Boden in dieser Tiefe vorhandenen Luft ihr Sauerstoffbedürfnis befriedigen konnten. Die Röhren wurden aber leicht durch Frost beschädigt, durch Einwachsen von Wurzeln verstopft oder durch die Bearbeitung des Gartenbodens verletzt, sodaß das Netz, und damit die ganze Anlage, bald versagte.

Infolge der neu eingerichteten, andauernden und selbsttätigen Durchlüftung ist man von der Tiefenlage des Netzes vollständig unabhängig geworden. Es wird nun etwa 70 cm tief in den Boden gelegt und behufs reichlicher Luftzuführung aus mindestens 10 cm weiten Röhren hergestellt.

Um einerseits die direkte Versickerungsfläche unter den Röhren ohne wesentliche Mehrkosten zu vergrößern und um andererseits den Luftraum zu erweitern, werden die Röhren noch mit einer 30 cm breiten und 25 cm hohen groben Kies- oder Schottererschicht aus möglichst erdefreien Steinen umgeben, bevor die Gräben zugefüllt werden.

Die im Kleingarten angebauten Früchte, Kohl, Kartoffeln, Mohrrüben u. dergl. Wurzeln, sofern sie genügende Wasserzufuhr erhalten, nur sehr flach im Boden, ebenso die Obstbäume, sodaß die Drainröhren von den Wurzeln nicht erreicht werden. Die die Röhren umgebende Schottererschicht bietet außerdem den etwa doch zu ihr gelangenden Wurzeln keinerlei Halt und Schutz, und sie sterben daher dort ab. Wo aber geeigneter Kies oder Schotter nicht zu erlangen ist, da bietet das Eintauchen der Röhren in Carbolinum vor ihrer Einlegung in den Boden erfahrungsgemäß wirksamen Schutz gegen das Einwachsen von Pflanzenwurzeln.

Das Gefälle, welches die Röhrenstränge des Netzes erhalten, ist unabhängig von der größeren oder geringeren Aufnahmefähigkeit des Bodens und wird daher dessen physikalischen Eigenschaften sorgfältig angepaßt.

3. Die Durchlüftung des Netzes. Der am niedrigsten gelegene Teil des Netzes wird mit einem zweckmäßig eingerichteten Luftschaft versehen, der, mit der freien atmosphärischen Luft in Verbindung gebracht, den Eintritt derselben in das Netz oder deren Austritt aus ihm gestattet. Die zweite Verbindung des Netzes mit der atmosphärischen Luft wird auf dem Wege durch die vierte und dritte Grubenkammer und durch die luftdicht hergestellten Regenabfallröhren über dem Dache des Hauses hergestellt.

B. Die Voraussetzungen für die Wahl dieses AbwasserSystems.

Als wichtigste Faktoren für die Einrichtung der Untergrundberieselung mit Durchlüftung haben Grundwasser und Boden zu gelten.

Ein tiefer Grundwasserstand, der zwischen dem Röhrennetz und dem Grundwasserspiegel mehr als 1,0 Meter frei läßt, bietet der Anwendung dieses Systems keinerlei Hindernis.

Liegt der Wasserspiegel nur 0,70 bis 1,0 Meter unter der Oberfläche des Gartens, so kann dieses Verfahren nicht zur Anwendung gelangen, wenigstens nicht ohne vorherige Senkung des Grundwasserspiegels. Ob und inwieweit diese Senkung möglich ist, ist durch genaue Feststellungen zu prüfen. Es sei hierzu erwähnt, daß diese Senkung oft durch Abfangen des oberen Teils des nach der Siedlungsstelle zufließenden Grundwasserstroms mittels Drainrohrleitungen leicht bewirkt werden kann, wie es z. B. auf einem Teile der Siedlung

Gronauer Wald zur Ausführung gelangt ist. Natürlich werden die Kosten einer solchen, aber sachgemäß und wirksam herzustellenden Senkung bei dem Finanzierungsplan der Siedlung ausschlaggebend sein für die Wahl des Abwassersystems. Da aber, wie weiter unten nachzuweisen, das hier besprochene System wesentliche wirtschaftliche Vorteile bringt, so wird sich die Senkungsfrage nur in sehr schwierigen Fällen als Hindernis für die Wahl dieser Art der Abwasserbeseitigung herausstellen.

Wir müssen hier die Einwände, daß das in die Röhren gebrachte Abwasser im Boden immer tiefer sinke und schließlich in das Grundwasser gelange, näher betrachten.

Das Eindringen des Wassers ist abhängig von der Zusammensetzung des Bodens und dem Drucke des Wassers selber. Daher sind zunächst mit sandigen Böden verschiedene Versickerungsversuche*) angestellt und mit verschiedenen Wassermengen, Wassersäulen. Diese Versuche haben folgendes ergeben:

a Sand von 1 bis 2 mm, Wassersäule = 2,5 mm hoch, Einsinken in den Boden (bis zur Grenze der Erkennbarkeit) in 24 Stunden		5 mm hoch, Einsinken u. o. in 72 Stunden		
b1	Sand von 1—2 mm,	Wassersäule	10 mm	= 53 mm
b2	" " 1—2 mm,	" "	" " " " 4 ^{1/2}	= 51 mm
c1	" " 0,5—1 mm,	" "	" " " " 72	= 278 mm
c2	" " 0,5—1 mm,	" "	" " " " 72	= 48 mm
d1	" " 0,2—0,5 mm,	" "	" " " " 72	= 160 mm
d2	" " 0,2—0,5 mm,	" "	" " " " 144	= 40 mm
d3	" " 0,2—0,5 mm,	" "	" " " " 168	= 47 mm
d4	" " 0,2—0,5 mm,	" "	" " " " 24	= 80 mm
e1	" " 0,1—0,2 mm,	" "	" " " " 24	= 500 mm
e2	" " 0,1—0,2 mm,	" "	" " " " 20	= 24 mm
e3	" " 0,1—0,2 mm,	" "	" " " " 40	gleich 51 mm
e4	" " 0,1—0,2 mm,	" "	" " " " 60	= 102 mm
e5	" " 0,1—0,2 mm,	" "	" " " " 90	= 149 mm
e6	" " 0,1—0,2 mm,	" "	" " " " 120	= 250 mm
			72	= 455 mm

früher nicht tiefer

Wir ersehen hieraus zunächst, daß die wachsende Höhe der Wassersäule naturgemäß das tiefere Eindringen des Wassers in den Boden verursacht, und daß bei gleicher Wassersäule — siehe die unterstrichenen Reihen — die Tiefe des Eindringens bei kleiner werdender Korngröße des Bodens abnimmt.

Welche Wasserhöhe kommt nun bei unserm Hauswassersystem in Frage?

Indem wir auf die nachfolgende, nähere Begründung verweisen, rechnet man bei einem Hausstande von 5 Personen mit einer Abwassermenge von täglich 300 Litern = 0,3 Kubikmetern und einer Gesamtlänge aller Netzstränge von 100 Metern. Da die Sohlen der Rohrgräben, wie oben angedeutet, 30 cm breit sind, so ergibt sich als diejenige Fläche,* auf die diese 300 Liter täglich verteilt werden, $100 \cdot 0,3 = 30$ Quadratmeter.

Die Wasserstandshöhe der gesamten täglichen Abwassermenge im Rohrgraben berechnet sich also auf $0,3/30 = 0,010$ Meter, das ist auf 10 mm. Bei einer 10 mm hohen Wassersäule sinkt, wie die Reihen b2 c2 d2 e2 ergeben, das Wasser in den verschiedenen obigen Bodenarten von 1—2 mm bis 0,1—0,2 mm Korn nur 278—160—47—24 mm tief ein, bis es vom Boden ganz aufgenommen ist. Das Wasser aus den 70 cm tief im Boden liegenden Röhren würde also nur etwa 30 cm bei grobkörnigem und 2 cm bei sehr feinkörnigem Boden tiefer, als die Röhren liegen, einzudringen vermögen, sodaß also, um die direkte Vermischung des Abwassers mit dem Grundwasser zu vermeiden, der Grundwasserspiegel bei grobkörnigem Boden mindestens 1 Meter tief unter der Oberfläche liegen oder soweit gesenkt werden muß.

Daß das Wasser nicht tiefer in den Boden dringen kann, das liegt daran, daß die Kapillarität des Bodens, die von stärkerem Korn bis zu feinerem erheblich zunimmt, das Wasser durch die Bodenporen nach der Oberfläche hin

*) Die landwirtsch. Versuchsstationen. Bd. L X IX Heft 1 und 2. (Berlin, P. Parey).

steigen und dort verdunsten läßt. Diese Kapillarität beträgt nach exakten Versuchen bei den genannten Bodenarten 25—65—131—246—428 mm.

Nun ist bei dem zur Versickerung zu bringenden Abwasser zu berücksichtigen, daß es dicker ist als das normale Grundwasser, daß also seine Durchgangsfähigkeit durch die Bodenporen nicht so groß ist, wie diejenige des Grundwassers. Der Unterschied in der Zeit der Versickerung beträgt nach ausgeführten Versuchen für 1 Liter Wasser von Trinkwasser gegen das aus der dritten Kammer der Versuchsanlage im Gronauer Wald entnommene, ausgefaulte Wasser nur $1\frac{1}{2}$ Minute zuungunsten des Kammerwassers. Das sind bei der täglich auf 1 qm Rieselfläche entfallenden Höchstmenge von 3 Litern Abwasser täglich nur zirka 5 Minuten Versickerungsverzögerung. Der dem Versuche zugrunde gelegte Boden war Lößlehm in natürlichem Lagerungs- und Zusammenhangszustande, also außerordentlich feinkörniger Boden.

Hieraus ist einerseits zu ersehen, daß die Klärung des Abwassers in dem vorliegenden System eine außerordentlich weitgehende ist, und andererseits zeigen diese Versuche, daß die im Verhältnis zum Boden so geringen Abwassermengen nicht imstande sind, gewaltsam, d. h. durch Ueberwindung der Kapillaritätskraft, sich den Weg zum Grundwasser zu bahnen.

Immerhin muß daran festgehalten werden, daß die Aufnahmeschicht für das Abwasser zwischen der Rohrsohle und dem Wasserspiegel bei grobkörnigen Böden nicht unter 50 cm, bei feinkörnigen, schweren Böden nicht unter 30 cm stark sein oder soweit vom Grundwasser freigelegt werden muß.

Die oben geschilderten Verhältnisse bei der Versickerung und bei dem kapillaren Aufstieg des Wassers im Boden werden aber dadurch noch außerordentlich begünstigt, daß das Abwasser nicht unausgesetzt dem Boden zufließt, sondern daß die Kippmulde nur alle 1 bis 2 Stunden Wasser ausschüttet, dessen Menge auf der Grabensohle nur $1\frac{1}{2}$ mm Höhe annimmt. Dieses wird vom Boden sehr schnell aufgenommen und hat bis zum nächsten Kippmuldenschlage genügend Zeit, die ihm von den physikalischen Eigenschaften des Bodens zugewiesenen Wege bis zur Verdunstung bezw. bis zu dessen Aufnahme durch die Pflanzwurzeln zurückzulegen.

Nur bisher mit Ausnahme des Versickerungsversuches in Lößlehm nur von feinkörnigem sandigem Boden gesprochen, so sind nun die feinkörnigen Lehmen und tonigen Böden zu berücksichtigen. Je feinkörniger der Boden ist, desto stärker ist seine Kapillarität. Die sehr feinen, landwirtschaftlich als sehr schwere bezeichneten Böden werden also das Wasser noch weniger tief versickern lassen, als die sandigen; sie werden es aber kapillar um so höher bringen, weil in diesen Böden eine kapillare Aufstiegshöhe von 2 Metern bis zu 20 Metern beobachtet worden ist. freilich wird der Weg bis zur Verdunstung ein sehr langsamer sein. Aber auch hier beseitigen sowohl die geringe Abwassermenge, wie die langen Pausen zwischen der Beschickung des Netzes mit Abwasser und die mindestens zehnstündige Ruhe in der Beschickung während der Nacht die am meisten schwerwiegenden Bedenken gegen die Anwendung dieses Systems auf schweren Böden.

Schon aus dieser über Boden und Wasser auf wissenschaftlicher Grundlage angestellten Betrachtung ist zu ersehen, daß die Anwendung dieses Abwassersystems sich nicht ausschließlich auf sandige Böden und auf sehr tiefe Grundwasserstände beschränkt, sondern daß es auch nach gewissen Vorkehrungen bei ursprünglich höherem Grundwasserstand

und in schweren Böden mit dauerndem Erfolge hergestellt werden kann.

Ist der Beweis für letzteres bei 2 Anlagen im Gronauer Wald bisher, wenigstens für 4jährige Dauer, schon erbracht, so wird dieser Beweis durch die folgenden, auf chemischen und bakteriellen Analysen und Beobachtungen beruhenden Erfahrungen wesentlich vervollkommenet.

Es wäre vorerst der Vollständigkeit halber noch zu erwähnen, daß die selbsttätige Ueberführung des Hausabwassers in das Netz nur möglich ist, wenn das Haus und das Faulgrubensystem an der höchsten Stelle des Gartens liegt. Steht das Haus an tiefer Stelle des Grundstückes, so müßte eine fünfte Kammer in eine den Garten beherrschende Höhe gebracht, diese mit der Kippmulde versehen und das Wasser aus der vierten Grube täglich in die Kippmulde gepumpt werden. Das kann mittels einer an die elektrische Lichtleitung angeschlossenen oder mittels einer Körtingschen Wasserstrahlpumpe geschehen. Die vierte Kammer wird für 1 Meter Wasserstand eingerichtet und bleibt ohne Kippmulde.

C. Die Verbrauchswassermenge und die Grundstücksgröße.

Zu einem Haushalte werden durchschnittlich fünf Personen gerechnet. Nach den mittels einer Zähluhr in der hiesigen Abwasser-Versuchs-Station ermittelten Schlägen der Kippmulde kamen bei sechs Personen, darunter zwei kleinere Kinder während einer Beobachtungszeit von vier Monaten durchschnittlich auf eine Person an täglichem Wasserverbrauch 27,2 Liter. Die Lieferstellen waren Küche Spülklosett, Ausguß im Obergeschoß, Badezimmer, Waschküche und chemisches Laboratorium. Diese Zahl deckt sich ungefähr mit derjenigen, die in der Wassärliteratur*) genannt wird. Es empfiehlt sich jedoch, hierfür einen Sicherheitsfaktor anzusetzen, und der ist bei allen Anlagen dieses Systems derart gewählt, daß für je eine Person eine Verbrauchswassermenge von täglich 60 Litern festgehalten ist. Hiernach liefert ein Haus $5 \cdot 60 = 300$ Liter Abwasser täglich.

Solche Wassermenge muß nun täglich vom Boden aufgenommen und verarbeitet werden können.

Um den Boden nicht derart zu überlasten, daß seine Kapillarität also hier die Fähigkeit, das Wasser in bestimmter Tiefe festzuhalten und damit aufsteigen zu lassen, durch die Schwere der Wassersäule, also durch die Menge des Wassers auf der flächeneinheit, gestört und das Wasser infolgedessen tiefer in den Boden (eventl. bis zum Grundwasser) hinabgedrückt wird, darf die Wasserhöhe, wie wir oben gesehen haben, in den Rohrgräben nicht über ein gewisses Maß hinaus steigen. Dasselbe ist, wie dort ebenfalls ersichtlich, möglichst unter 10 mm zu halten. Daraus ergibt sich als direkte Versickerungsfläche, d. i. als Fläche der Rohrgräben im ganzen $0,300 \text{ cbm} = 0,010 \text{ m} = 30 \text{ Quadratmeter}$.

Da die Grabensohlen eine Breite von 0,3 Meter erhalten, so stellt sich die Länge aller Rohrgräben zusammen auf $30 \text{ Quadratmeter} : 0,3 \text{ Meter} = 100 \text{ Meter}$.

Bei allen Anlagen, welche in sandigem Boden und in feinsandigem Lehm herzurichten sind, wird man also auch nach der bisherigen Erfahrung 100 Meter als Stranglänge festhalten müssen und können.

Wie erinnerlich, braucht der schwerere Boden, besonders Tonboden, längere Zeit zur Aufnahme des Wassers. Daher sind bei solchen Böden zweckmäßig 150 Meter als Mindestlänge der Netzstränge notwendig.

*) Professor Dr. Thumm, Rubner, Prausnitz, Salomon u. a.

Bei allen Böden kann man nach ihren physikalischen Eigenschaften annehmen, und die Erfahrung hat auch das bestätigt, daß das Wasser bei der Versickerung sich nach jeder Strangseite auf mindestens 0,5 Meter ausdehnt, sodaß auf 1 Meter Stranglänge auch 1 Quadratmeter Versickerungsfläche entfällt. Es wären also bei sandigem Lehmboden 100 Quadratmeter Gartenfläche lediglich für das Netz notwendig. Da aber die Nachbargrundstücke, die Zäune, die Grubenfläche und dergl. zu berücksichtigen sind, so muß als Mindestmaß für die Wahl dieses Systems bei sandigem Boden 150 Quadratmeter und bei schwerem Boden 200 Quadratmeter für Gruben und Netz zur Verfügung stehen. Hieraus ergibt sich als Mindestmaß für ein Grundstück bei diesem System einschließlich des Hauses eine Fläche von 200 bezw. 250 Quadratmetern.

D. Die Beseitigung der festen Stoffe.

Von den in die erste Kammer gelangenden Stoffen wird neben dem Fäulnisvorgange die Zellulose der Gärung ausgesetzt. Das geschieht durch anaerobe Bakterien, also durch Kleinlebewesen, welche Sauerstoff von außen nicht aufnehmen, und bei Zuführung von atmosphärischer Luft eingehen. Es ist daher notwendig, die Kammer vor dem Zutritt frischer Luft zu bewahren. Bei der Gärung wird der am Boden lagernde, in Fäulnis befindliche Schlamm, durch die sich entwickelnden Gase in größeren und kleineren Fladen an die Wasseroberfläche gebracht. Sobald das Gas aus den Fladen ausgetreten ist, sinken die zerkleinerten Teile derselben wieder auf den Boden. Da die Fladen jedesmal durch das in der Grube stehende Wasser hindurchgehen müssen, so wird auch dieses den Reduktions- und Fäulungsprozessen ausgesetzt. Wird diese Wechselwirkung lange genug fortgesetzt, so werden die Stoffe nach und nach vollständig vernichtet und gehen in kolloidale Lösung über, vorausgesetzt, daß die Wassermenge zu der Stoffmenge in richtigem Verhältnis gehalten wird.

Alle Teile der Fladen, die nicht wieder zum Boden der Grube herabsinken, bleiben mit den Fetten an der Oberfläche des Wassers und bilden dort eine Schwimmschicht.

In der Beobachtungszeit von 2—4 Jahren hat sich in den 3. Zt. 40 Gruben des Gronauer Waldes die Schwimmschicht in 2 Jahren auf etwa 25 Zentimeter Stärke ausgebildet, während sich die täglich durch neuen Abgang aus dem Hause ergänzte Schlammsschicht am Boden der Grube auf 15—20 Zentimeter Stärke hielt. Alle anderen, der Grube durch das Abwasser zugeführten Stoffe werden also vollständig vernichtet bezw. in Kolloidkörpern mit dem Wasser dem Röhrennetz und dem Gartenboden zugeführt.

Der Vorgang in der ersten Kammer wird in der zweiten Grubenkammer für die, wie oben erwähnt, dahin vom Wasser mitgerissenen, noch nicht gelösten Stoffe fortgesetzt. Naturgemäß ist die Schlammsschicht in dieser Kammer nach 2 Jahren nur 1—2 Zentimeter hoch und die Schwimmschicht nur eine starke Haut. Um die beiden Kammern arbeitsfähig zu erhalten, müssen etwa nach zwei Jahren die Schwimmschicht und die Schlammsschicht bis auf geringe, der Fortentwicklung der Bakterien dienende Reste aus der Grube entfernt werden. Das sind für ein Einfamilienhaus etwa 300 Liter. Die kommen auf den Komposthaufen.

Bis zur Entfernung der Schwimmschicht, also möglichst 2 Jahre lang, muß die Grube vollkommen unberührt liegen bleiben. Sonst werden, was besonders durch das Entnehmen von Grubenwasser zur Düngung der Gartenpflanzen geschieht, die Zersetzungsprozesse in den Kammern gestört und damit eine Gefahr für das Netz heraufbeschwohren!

Während die ersten beiden Kammern vor dem Zutritt frischer Luft geschützt sind — die Gase entweichen durch die oben offenen Ueberlauf-
röhren —, werden die beiden letzten Kammern belüftet. Dadurch bilden
sich an den kolloidalen Teilen des aus den Faulkammern kommenden Abwassers
aerobe, also auf Sauerstoffaufnahme von außen angewiesene Bakterien. Denen
fällt nun die Aufgabe zu, die in kolloidaler Lösung befindlichen organischen Be-
standteile des Abwassers zu zerstören und den in ihnen enthaltenen Stickstoff in
Salpetersäure überzuführen, zu mineralisieren. Solange bei den Versuchsanlagen
im Gronauer Wald die letzten beiden Grubenkammern nicht belüftet wurden,
ging die Nitrifizierung der Ammoniakstickstoffe (auf dem Wege über Salpetrige-
säure zur Salpetersäure) sehr langsam vor sich. Die Analysen des Wassers
ergaben kaum Spuren von Salpetriger Säure. Seit der Belüftung und der
erheblichen Erweiterung der dritten Grubenkammer hat sich das wesentlich ge-
ändert; denn nun erscheint bereits in dieser Kammer Salpetersäure.

Hieraus ist der sichere Schluß zu ziehen, daß die Röhren des Netzes und
die Poren des Gartenbodens durch ein derartig von schlammbildenden Stoffen
gereinigtes Wasser nicht so leicht verstopft werden können. Die Farbe des
Wassers ist denn auch nicht sehr wesentlich verschieden von der des Grundwassers.

Nun hört aber die Tätigkeit der Bakterien in der dritten Grubenkammer
nicht auf, sondern sie wird, dank der starken Belüftung des Netzes, und dadurch
des Bodens, in diesen beiden Teilen des AbwasserSystems energisch fortgesetzt,
und das um so mehr, als dem Boden und den Bakterien bekanntlich infolge
des Einschaltens der Kippmulden nur alle 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden Wasser zugeführt
wird. Zwischen diesen Zuführungen wird den Bakterien stundenweise, und außer-
dem nachts noch länger, Zeit zu ihrer normalen Entwicklung und wirkungsvollen
Tätigkeit gelassen. So werden die letzten Teile der organischen Bestandteile
restlos aufgezehrt. Eine Verschlammung der Bodenporen kann daher nicht so
weit eintreten, daß Wirkung und Lebensfähigkeit der ganzen Anlage dadurch
in Frage gestellt werden könnten. Die praktische Erfahrung zählt indessen noch
wenige Jahre, und die Vorsicht gebietet, zu erwägen, was zu geschehen hätte, wenn
eine Verschlammung der Poren dennoch soweit eintrete, daß die Anlage versagte.

Ein Moment der Verzögerung einer möglichen Verschlammung bietet die
in diesem AbwasserSystem vorgesehene Einführung des Regenwassers, das vom
Dach durch die Regenröhren in die Kippmulde fließt und von dort stoßweise
in das Netz geschüttet wird. Die hierdurch öfter eintretende Spülung des Netzes
bringt die durch das stark kohlenensäurehaltige Regenwasser gelösten und ausge-
spülten Teile an den Luftschacht und setzt sie dort ab. Häufen sie sich an dieser
Stelle derart, daß die Luftzuführung zum Netz aufhört, so ist der Luftschacht
herauszunehmen, der angesammelte Schlamm, der nur in den dicht am Luft-
schacht liegenden Röhren lagern wird, zu beseitigen, und der Luftschacht ist
wieder und sachgemäß einzusetzen. Das ist eine Arbeit von 2 Stunden. Man
kontrolliert die Luftbewegung am Luftschacht durch ein bei Ausführung der
Anlage mit zu lieferndes Windrädchen.

Ein kräftiges Mittel, die Schlammteile zu zerstören und für eine nach-
folgende Spülung zu lösen, ist die Einführung einer konzentrierten Lösung von
Chilisalpeter. Die wirkungsvollste und eine unbegrenzte Dauer der Anlage
gewährleistende Maßnahme ist aber die, das Netz nicht nur auf die oben be-
rechnete Länge von 100 Metern, sondern so einzurichten, daß gleich bei der
ersten Ausführung zwei Netze hergestellt werden, die durch eine Umschaltvor-
richtung in der vierten Kammer in Zwischenräumen von zwei Jahren abwechselnd
gespeist werden. Im ruhenden Netz werden, da die Durchlüftung bestehen bleibt,
die Bakterien in der zweijährigen Ruhelage alle Schlammteile derart vernichtet

und die Luft sie reaktiviert haben, daß das Netz als vollkommen regeneriert gelten und nun von neuem beschickt werden kann, während das zweite Netz der Regenerierung ausgesetzt wird.

In kleinen Gärten wird man das zweite Netz zwischen das erste einschalten, in größeren entweder ebenso verfahren, oder die Netztafeln entweder neben- oder hintereinander — ev. sogar in mehreren Tafeln zur wirtschaftlichen Ausnutzung des Wassers — legen. Wo für das zweite Netz die Herstellungskosten nicht gleich verfügbar sind, ist es angebracht, dasselbe in den einzelnen Gärten im Laufe der Jahre nacheinander im Herbst, wenn die Gartenfrüchte abgeerntet sind, und je nach Vorhandensein der erforderlichen Mittel anzulegen. Erstens sind die Mehrkosten für 100 Meter Strang nebst Zubehör kaum höher (im Frieden!) als ebensoviel Mark, dann werden angesichts der greifbaren wirtschaftlichen Vorteile, welche das Abwasser dem Garten mittels des Netzes bringt, die Mieter oder Hausbesitzer gern bereit sein, sich einen Mietszuschlag zur Verzinsung der Anlagekosten gefallen zu lassen, oder schließlich selbst etwas zu den Kosten beisteuern.

War vorhin bereits erwähnt, daß das ganze Grubensystem zwei Jahre lang zum Schutze der in ihm vorgehenden chemischen und physikalischen Prozesse vollständig unberührt gelassen werden muß, so muß nun noch geradezu gefordert werden, daß die Klosetts als Spülklosetts an die Gruben angeschlossen werden. Denn gerade diese Stoffe sind für den gedeihlichen Fortgang der Ausfäulung und Klärung des Abwassers in dem Grubensystem und für die selbsttätige Düngung der Gartenpflanzen mit Stickstoff von größter Wichtigkeit.

Müll und das Kehricht aus Flur und Stuben, das in der ersten Zeit mit Vorliebe dem Spülklosett anvertraut wird, gehören nicht in die Gruben und schädigen die Anlage außerordentlich.

Das Grubensystem und das Netz mit den dazugehörigen Durchlüstungsgegenständen stellen einen derartig empfindlichen Organismus dar, daß jede unsachgemäße Behandlung desselben sich zu einem wirtschaftlichen Schaden für den Gartenbesitzer umbildet.

E. Die Verwertung des Abwassers.

Unsere Gartenfrüchte, zumeist Kartoffeln und Gemüse, bestehen ^{zu} 90 Prozent aus Wasser. Wollen wir einigermaßen lohnende Erträge aus dem Garten haben, so müssen wir neben ausreichender Düngung vor allem darauf sehen, daß den Pflanzen das nötige Wasser zu allen Zeiten zugeführt wird. Wie mühsam das ist, weiß, wer es einmal erst durchgekostet hat, und wie teuer sich die Zufuhr gestalten kann, wenn das Wasser erst mit Kosten zu erlangen ist, dazu möge das Beispiel der Kolonie „Eden“ dienen, die jährlich nur in der Vegetationszeit 3000 bis 4000 (1911) Mark für das Wasser an die Stadt Oranienburg zu zahlen hat.

Unser Abwassersystem bringt dem Garten täglich 300 Liter Wasser. Nach sehr eingehenden Versuchen ist festgestellt worden, daß die Ackerpflanzen täglich pro Quadratmeter 0,7 bis 1,2 Liter Wasser zu ihrer Entwicklung und Reife bedürfen. Wir bringen durch unsere Anlage dem Garten aber täglich drei Liter pro Quadratmeter. Das entspricht also einigermaßen dem Verhältnisse des Wassergehaltes der Ackerpflanzen zu dem der Gartenpflanzen.

Da diese drei Liter täglich durch kapillaren Aufstieg den Pflanzenwurzeln auch bei großer Trockenheit andauernd selbsttätig zufließen, so erhellt daraus, daß uns durch das besprochene Abwassersystem eine große Last, die des Begießens der Pflanzen und der Kosten für das Wasser, ohne weiteres abgenommen wird. Außer dem Hauswasser bringen wir aber noch das kohlen-säurehaltige Dachwasser in das Netz, und das ist nach obigen Auseinander-

setzungen für die Pflanzen von ganz besonderem Wert. Daß das Dachwasser vom Rohrgrabenetz und Boden aufgenommen werden kann, ist für in kürzester Zeit*) gefallene höchste Regenmengen für Sand- und Lehmboden an drei Stellen nachgewiesen. Selbstverständlich wird man das Begießen nicht ganz einstellen dürfen.

Schon diese Eigenschaft des Systems bietet die Gewähr eines besonders guten Gedeihens unserer Pflanzen im Garten.

Aber wir erhalten noch mehr von ihm.

Das zu den Pflanzenwurzeln aufsteigende Wasser enthält, wie oben nachgewiesen, eine verhältnismäßig große Menge Salpetersäure, also gerade diejenige Stickstoffform, die allein von den Pflanzen aufgenommen werden kann. So werden denn ohne jede Kosten und ganz selbsttätig die Pflanzen mit dem sonst teuersten und wertvollsten Dünger versehen. Die Erfolge davon haben wir im Gronauer Wald kennen gelernt und in Photographien, welche den hervorragenden Stand der Früchte über und den erheblich geringeren neben dem Kieselnetz zugleich zeigen, im Jahre 1916 festgehalten.

Hieraus geht hervor, daß die Anlagekosten für das System durch die mühe- und kostenlosen, erheblichen Mehrerträge aus dem Garten eine gute Verzinsung erhalten.

F. Die Eigenschaften des Abwassersystems gegenüber den Anforderungen der Hygiene.

Wenn wir ein mit dem besprochenen Abwassersystem versehenes Grundstück betreten, so sehen wir von der ganzen Anlage nichts. Nur in einer Ecke des Gartens erscheint ein flacher oder kegelförmiger Zementkörper von etwa 40 Zentimetern Durchmesser, der oberhalb ein 10 Zentimeter weites Loch enthält.

Wir sehen nichts, denn alle Teile bis auf den 10 Zentimeter aus dem Boden hervorragenden Kopf des Luftschachtes sind mit Boden bedeckt, der teils zu Wegen, teils zu Beeten oder zu Rasen eingerichtet ist.

Es finden sich also keinerlei Teile der Gruben oder des Netzes, welche den Insekten, Haustieren oder Menschen die Möglichkeit bieten, durch Berührung der mit dem Abwasser zusammenhängenden Gegenstände oder dem Abwasser selber Übertragungen auf andere Menschen zu vermitteln und dadurch etwa ansteckende Krankheiten zu verbreiten.

Aber wir riechen auch nichts.

Je nach der Boden- oder der Lufttemperatur strömt die Luft entweder am Luftschachte oder vom Dache aus in das Netz, oder aber Spannungen der Bodenluft lassen die Luft in beide Teile ein- oder austreten. Luft und Boden, letzterer aber besonders bei guter Belüftung, absorbieren mit großer Energie den größten Teil der dem Abwasser entweichenden Gase und am weitgehendsten gerade das im Geruche allerunangenehmste, das Schwefelwasserstoffgas. Eingehende Luftanalysen haben denn auch bestätigt, daß beim Ausströmen der Luft aus dem Luftschacht, wo also die Gase den Weg durch das ganze Netz haben nehmen müssen, der Schwefelwasserstoff vollständig (zu 100%) verzehrt war, während die aus dem Regenrohre über Dach ausströmende Luft, weil sie nur einen kurzen Weg von der Grube bis zur Dachöffnung des Regenrohres zurückzulegen hatte, noch gegen 30—50 Prozent des in der Grubenluft vorhandenen Schwefelwasserstoffs enthielt. Aber dort oben schadet das Gas durch seinen Geruch nicht mehr, da es von der Luft in die Schichten über dem Hause verweht wird.

*) nach Hellmann, Regenkarten, Bezirk Düsseldorf.

Die völlige Geruchlosigkeit tritt aber erst ein, wenn das Grubensystem sich „eingearbeitet“ hat, was durch die Bildung der Schwimmschicht sich kennzeichnet. Bis dahin haben sich im Gronauer Wald auf dem Speicher Gerüche gezeigt, die dann aber bald vollständig verschwunden sind. Schuld daran war aber vielfach, daß das über die Hauswände überstehende Dach nicht dicht mit den Mauern verbunden war, so daß Winde und bewegte Luft die Gase aus den Dachrinnen in den Speicher, anderen Orts Hausboden genannt, treiben konnten.

Wie steht es nun mit ansteckenden Krankheiten?

Bekanntlich soll bei Typhus, Cholera und allen den Krankheiten, bei denen eine Verbreitung durch Ansteckung stattfinden kann, eine sorgfältige Desinfektion der Stuhlabgänge, der Wäsche und der Gegenstände des Kranken und des Krankenzimmers stattfinden. Dieser Vorschrift wird, soweit es in menschlichen Kräften steht, wohl Folge gegeben. Trotzdem aber ist es sehr gut möglich, daß Uebertragungen der pathogenen Keime durch Menschen, Tiere, Wasser u. a. stattfinden. Besonders gefährlich sind die Verbreitungen der Krankheiten auf dem Wege durch die Klosetts. Die durch diese in den Boden oder in die Röhren der Kanalisation gelangten Keime können in das Grundwasser oder in die Klärbassins und Flüsse und an anderen Stellen wieder in Berührung mit Menschen gelangen und Seuchen verursachen.

Bei dem besprochenen Verfahren gelangt all und jedes Abwasser aus Küche, Schlafzimmer, Waschküche, Badezimmer und Klosett unbedingt in das Faulgrubensystem, das ihm keinen anderen Ausweg gestattet als durch alle Grubenkammern schließlich in Netz und Boden.

Sobald nun eine ansteckende Krankheit im Hause ausgebrochen ist, wird die dritte Grubenkammer mit leicht und billig zu beschaffenden Chlorgas derart desinfiziert, daß das Gas auf den Boden der Grube geleitet wird. Von hier steigt es im Wasser der Kammer auf bis zur Oberfläche und vernichtet hierbei in jedem Molekül des Grubenwassers mit unbedingter Sicherheit sämtliche Keime, die in dem Wasser enthalten sind. Diese Desinfektion wirkt etwa acht Tage lang und wird dann wiederholt.

Die pathogenen Keime können daher garnicht erst in den Boden gelangen, sondern werden schon getötet, bevor sie die Gruben, also das infizierte Grundstück, überhaupt verlassen können. Das ist ein Vorteil, den in hygienischer Beziehung kein anderes System der Abwasserbeseitigung aufzuweisen vermag.

G. Die Kosten.

Nach früherer Berechnung betragen die Kosten für eine Hausanlage nach Abänderung des Grubensystems auf die neuen Ausmaße etwa 500 Mark und bei Einrichtung von Umschaltenezen 600 Mark.

Der Krieg hat darin natürlich Änderungen hervorgerufen, die bei einer geplanten Anlage im vorigen Jahre mehr als das Doppelte dieser Summe für die Ausführung verlangt hatte. Augenblicklich ist es überhaupt nicht mehr möglich, an eine Ausführung zu denken, da sowohl die nötigen Materialien wie die Arbeiter für die Herstellung fehlen oder für diese Zwecke nicht heranzubekommen sind.

Trotzdem sei erwähnt, daß in Siedlungen Ersparungen durch Anschluß mehrerer Häuser bzw. Haushaltungen an ein der Personenzahl entsprechend eingerichtetes Grubensystem und Netz gemacht werden können. Das Grubensystem erfordert verhältnismäßig am meisten Kosten und stellt sich bei diesem Verfahren etwas billiger. Außerdem ersparen Siedlungsgesellschaften wesent-

liche Kosten durch Ankauf der Materialien in geeigneten, größeren Mengen und durch Heranziehen von billigeren Arbeitskräften aus den Ansiedlern.

Bei einer Siedlung in Friedrichshafen am Bodensee, für die soeben ein Entwurf aufgestellt ist (Juli 1918), stellt sich, nach Friedenspreisen von 1913 berechnet, die Anlage für eine einzelne Wohnung im Durchschnitt auf 342 Mark. Es sind dort 52 Häuser mit 58 Wohnungen.

Während schließlich fast jedes andere Abwässersystem in der Hauptsache fertig gestellt sein muß, also große Kosten verursacht und Zinsen verschlingt, bevor das erste Haus gebaut werden und im Verhältnis zu den verlorenen Zinsen eine winzige Rente bringen kann, wird bei diesem System die Anlage erst bei Beginn oder während des Hausbaues ausgeführt und schon bei der ersten Mietzahlung voll und ganz verzinst.

H. Allgemeines.

für diejenigen, welche die Anlagen im Gronauer Wald bereits besichtigt haben, mögen noch einige Bemerkungen beigelegt werden:

1. Die Aenderung des Grubensystems und seiner Einrichtung ist im obigen bereits erörtert.
2. Die Kippmulden aus Holz haben sich nicht bewährt. Das Holz ändert durch innere Verschiebungen zu leicht seinen Schwerpunkt, die Mulde richtet sich nicht mehr auf oder schlägt nicht mehr um, bevor sie nicht durch Annageln passender Hölzer wieder ins Gleichgewicht gebracht ist. Die nicht mehr bewegten Achsen rosten ein und das Netz leidet unter der unregelmäßigen Beschickung. Es sind daher Kippmulden aus verzinktem Eisenblech in Aussicht genommen. Die Nachfrage nach Hebern ergab einerseits zu hohe Preise auch für Friedensverhältnisse, andererseits bieten diese nicht die Garantie, unbeobachtet dauernd gut zu arbeiten.
3. Die Luftschächte werden nur noch 80 Zentimeter tief eingesetzt und dementsprechend gebaut. Wegen der Länge von 105 Zentimetern mußten die letzten Teile des Luftstranges aus der Tiefe von 70 bis 80 Zentimetern auf eine kurze Strecke mit starkem Gefälle nach dem Luftschacht hingeführt werden. Dadurch hat sich schon bei starkem Regen in diesen Röhrenteilen und im Luftschacht soviel Wasser angesammelt, daß die Luftzuführung zum Netz vollständig abgeschnitten wurde. Die nachteilige Wirkung dieses Umstandes, also der mangelhaften Belüftung des Netzes, hat sich äußerlich besonders dadurch gezeigt, daß die bis zum vorigen Jahre durch zunehmend kräftigen Wuchs und durch dunkelgrüne Farbe sich auszeichnenden Gräser über dem Netz in diesem Jahre keinerlei Fortschritte in ihrer Entwicklung gegenüber den benachbarten gemacht haben.
4. Die Entwicklung der Schwimmschicht und der Schlammsschicht steht offenbar stark unter dem Einfluß der Kriegsernährung. Während bisher innerhalb 2 Jahren die Stärken derselben 25 bezw. 20 Zentimeter betragen, hat sich in diesem Jahre schon in 5 Monaten dieselbe Stärke der Schwimmschicht und die doppelte der Schlammsschicht entwickelt. Seine Erklärung findet dies in der starken Verwendung pflanzlicher Nahrungsmittel, die bei ihrer Reinigung vor dem Kochen durch die Spülbehälter den Gruben Abfälle zuführen, welche ihnen sonst fernbleiben. Auch die festen Stoffe der Fäkalien zeigen nach Beobachtungen im Kriege wesentlich größere Massen als im Frieden. Das liegt an der größeren Menge von unverdaulichen Substanzen der Kriegsnahrung, ein Unterschied, der sich früher

nur für verschieden soziale Lagen der Hausbesitzer feststellen ließ. Trotzdem verläuft der Gährungs- und Ausfaulungsprozeß normal.

5. Andere Erscheinungen sind von geringerem Wert; sie werden aber unsererseits wohl beachtet.

Die Frage, ob ein Gelände sich für die Einrichtung dieses Systems eignet, wird für jeden Einzelfall bis ins kleinste von mir gewissenhaft geprüft und begutachtet.

Bei diesen Gutachten ist einer der wichtigsten Punkte die Feststellung, ob das Grundwasser bereits das bacterium coli enthält und in welchen Mengen etwa. Das Bacterium gilt als Erkennungszeichen dafür, ob das Grundwasser bereits durch tierische Auswurfstoffe infiziert ist oder nicht. Findet diese Feststellung nicht statt, so kann bei Untersuchungen nach Ausführung der Anlage und bei dann gefundenem Coli behauptet werden, das Bacterium wäre durch die Anlage in das Grundwasser gelangt. Wird die Untersuchung aber schon vorher vorgenommen und das Ergebnis im Gutachten mit niedergelegt, so ist damit eine sichere Grundlage für die Verhältnisse des Grundwassers vor und nach Ausführung der Anlage gegeben. In dieser Beziehung dürfte es interessieren, daß im Grundwasser gegenüber Köln, im neuen Stadtteile von Düsseldorf und bei Duisburg erhebliche Mengen von Coli festgestellt sind. In dem seitlich vom Rhein entnommenen Trinkwasser von Rheinhausen waren sogar noch 20 Prozent der im Rheinwasser festgestellten Colimenge vorhanden.



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31675

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298437