

Bei der enormen Steigerung nun, welche die Reaktionsgeschwindigkeiten in einem ziemlich kleinen Temperaturintervall (310—448°) erleiden, kann eine Steigerung der Temperatur um 1° schon sehr merkliche Verschiebung der betreffenden C bewirken: Daher die Verschiedenheit der C für die verschiedenen Reihen der Schwefelversuche, die an drei verschiedenen Tagen ausgeführt wurden, daher die grossen Unterschiede der C im Quecksilberdampf, deren grösster und kleinster Werth, zufällig aus Versuchen derselben Füllung herrührend, der eine durch Kochen bei 738, der andere bei im Mittel 760 mm Barometerstand erreicht ist.

Wir haben also in der Zersetzung des Jodwasserstoffs eine Umsetzung, die einem exacten Studium endlich einmal ein Beispiel einer völlig regelrecht verlaufenden Gasreaction darbietet.

Dass die Untersuchung der entgegengesetzten Reaction das gleiche Resultat liefern wird, davon haben uns einige Vorversuche jetzt schon überzeugt. Nach Abschluss der bezüglichen Untersuchungen gedenken wir noch einige, allerdings weniger ausgedehnte Versuchsreihen über die Einwirkung wechselnder Drucke auf die Geschwindigkeiten und das Gleichgewicht anzustellen.

Heidelberg, Universitätslaboratorium.

227. W. Pukall: Ueber Thonfilter, ihre Eigenschaften und ihre Verwendung in chemischen und bakteriologischen Laboratorien.

(Eingegangen am 4. Mai.)

Jedermann weiss, dass aus plastischen Thonen geformte, schwach gebrannte Gegenstände in hohem Grade die Fähigkeit besitzen, Gase und Flüssigkeiten theils in sich aufzunehmen, theils durch ihre Wände hindurchzulassen. Diese Eigenschaft des so behandelten Thons erfährt seit alter Zeit mancherlei Benutzung. Ich erinnere nur an die Filtration oder die Abkühlung des Wassers, oder beides zugleich in heissen Zonen mit Hilfe poröser Thontöpfe, an das Verfahren des Ueberfangens der Geschirre mit Glasur in der keramischen Industrie, an den Gebrauch von porösen Thonzellen bei galvanischen Elementen, von Thontellern zum Trockensaugen von Niederschlägen in chemischen Laboratorien und endlich an die Verwendung des porösen gebrannten Thons zur Herstellung von Filtern mehr moderner Art zum Zwecke der Reinigung des Trinkwassers von allerlei schädlichen und verunreinigenden Stoffen. Um die Durchlässigkeit des Thons noch zu erhöhen, setzte man dem rohen plastischen Material noch allerlei Stoffe zu, die beim Brennen verschwinden und Hohlräume zurücklassen,

wie Holzkohlenpulver, Mehl, Sägespähne, feine Sämereien etc. Man erreicht dadurch in der That eine ausserordentliche Leistungsfähigkeit, aber mit der künstlichen Steigerung der letzteren sinkt in der Regel der Werth, d. h. die Reinheit des Filtrats in gleichem Verhältniss. Ausserdem erhalten die Filter dadurch ein sehr lockeres, wenig Widerstand leistendes Gefüge und werden leicht durch Verstopfung der Poren gänzlich unwirksam.

Erhöhte Bedeutung erlangten die anscheinend nicht künstlich porös gemachten Filter aus Porzellanthon durch die Untersuchungen Pasteur's, welcher sich zuerst ihrer zur Herstellung keimfreier Filtrate bediente. Seitdem haben dieselben für bakteriologische Untersuchungen eine gewisse Wichtigkeit erlangt, zumal da Pasteur fand, dass die sog. Porzellanfilter am längsten keimfreies Filtrat zu liefern im Stande sind. Diese von Pasteur empfohlenen und nach dem Patentnehmer Chamberlandfilter genannten Apparate stellen röhrenförmige Gefässe dar, die in eine Spitze auslaufen. Ein Flansch, in welchem das poröse Thonrohr im Feuer eingekittet ist, ermöglicht die wasserdichte Verbindung mit einem Metallgehäuse, das seinerseits am Wasserleitungshahn befestigt werden kann. Alles in dieses Gehäuse eintretende Wasser muss die Poren des Filters passieren, während die in ihm suspendirten Verunreinigungen, sowie sämmtliche das Wasser bevölkernde Bakterien zurückbleiben müssen.

Einen grossen Uebelstand aber hat das sehr leistungsfähige Chamberlandfilter mit allen mir sonst bekannt gewordenen Thonfiltern gemein, nämlich die geringe Widerstandsfähigkeit des schwach gebrannten Thons gegen äussere Einflüsse, wie Druck, Stoss, Reibung etc., es färbt ab und ist an der Kittstelle oft undicht. Vielleicht ist es der letztere Umstand, der die Schuld daran trägt, dass auch der Bakteriologe vielfach genöthigt ist, sich nach anderen Hilfsmitteln umzusehen. In neuerer Zeit hat man den Kieselguhr mit grossem Erfolg zu Filtrirzwecken herangezogen, jedoch besitzen diese Filter in fast noch höherem Maasse, wie die aus schwach gebrannten Thon, die Eigenschaft, bei geringer Reibung Substanzverluste zu erleiden. Eine Einführung der Pasteur'schen Thonfilter oder der Berkefeldt'schen Kieselguhrfilter in chemische Laboratorien ist meines Wissens bisher nicht versucht, auch von den Herstellern derselben wohl nicht angestrebt worden, denn die gebräuchlichen Formen der Filter würden sich für chemische Zwecke nur wenig eignen.

Die in chemischen Laboratorien gebräuchlichen Filtrirvorrichtungen lassen Manches zu wünschen übrig. Wer kennt nicht die mühselige, zeitraubende Arbeit bei dem Abfiltriren und Auswaschen grösserer Mengen der Schwefelmetalle von Zinn, Zink, Mangan oder der Hydroxyde mancher Metalle! Bei stark sauren, oder stark alkalischen, unter Umständen heissen Flüssigkeiten, sieht man sich oft

auf ganz unvollkommene Einrichtungen angewiesen. Ebenso wenig will es je gelingen, bei sehr feingepulverten, in Wasser aufgeschwemmten Gläsern, oder Mineralien, oder Thonen feste von gelöster Substanz leicht und vollständig zu trennen. Dass hier das Thonfilter ergänzend wirken konnte, lehrten mich einige Versuche. Die zahlreichen Anfragen aus der chemischen Industrie nach alkali- und säurebeständigen Filtern aus porösem Porzellanthon, wie sie an Porzellanfabriken zu ergehen pflegen, sowie besonders das in letzter Zeit verstärkte Interesse der bakteriologischen Forschung an leistungsfähigen Thonfiltern, ermuthigten mich noch mehr, auf dem eingeschlagenen Wege fortzugehen. Ich hatte mich dabei des liebenswürdigen Rathes und der freundlichen Unterstützung des Hrn. Directors der Königl. Porzellan-Manufactur, Dr. Heinecke, zu erfreuen, welchem aus eigenen Arbeiten auf diesem Gebiete eine reiche Erfahrung zu Gebote steht. Ich verfehle nicht, ihm an dieser Stelle dafür besten Dank zu sagen.

Es handelte sich vor allen Dingen darum, ein plastisches, leicht zu verarbeitendes, nach dem Brennen möglichst porös bleibendes Material zu gewinnen, das zugleich genügende Festigkeit erhält, um das lästige Abfärben, sowie die leichte Zerbrechlichkeit der bisherigen Thonfilter zu vermeiden. Sodann aber kam es darauf an, demselben eine Form zu geben, die seine Anwendung ohne alle kostspieligen Zuthaten mit Hülfe der in jedem Laboratorium vorhandenen Hilfsmittel sowohl dem Chemiker, als auch dem Bakteriologen gestattet. Das scheint denn auch in zufriedenstellender Weise gelungen. Eine geeignete Composition von Kaolinen verschiedener Lagerstätten entsprach den obigen Anforderungen in befriedigender Weise. Die Mischung lässt sich, wie die Porzellanmasse, in beliebige Formen bringen, verträgt einen sehr hohen Temperaturgrad, welcher letztere zur Erzielung einer erheblichen Festigkeit des Scherbens erforderlich ist, ohne jedoch an Durchlässigkeit für Gase und Flüssigkeiten zu verlieren. — Im Gegensatz zu allen anderen mir bekannten Thonfiltern handelt es sich hier nicht um schwach-, sondern um recht hart gebrannten porösen Thon.

Bezüglich der Form der neuen Thonfilter schien mir diejenige eines Ballons die geeignetste, weil es wesentlich ist, dass die saugende Fläche nicht nur eine möglichst grosse ist, sondern dass sie auch in möglichst grosser Ausdehnung bis zuletzt mit der aufzusaugenden Flüssigkeit in Berührung bleibt. Ausserdem aber ist gerade diese Form des Thonfilters besonders geeignet, der leichten Herstellungsweise keinerlei Schwierigkeiten in den Weg zu legen.

Die physikalischen Eigenschaften eines solchen Ballons, welche ich zu studiren Gelegenheit hatte, erscheinen mir zum Theil so bemerkenswerth, dass ich dieselben einer kurzen Beschreibung wohl für

werth halte, zumal da einige von ihnen sich zu Vorlesungs-Versuchen ganz gut verwertben lassen dürften.

Die Masse, aus welcher die Ballons bestehen, ist so hart, dass der Stahl die Oberfläche nicht ritzt, sondern sich abschleift. Dieser Umstand ermöglicht es, dieselben in beliebiger Weise durch Stopfen mit anderen Apparaten zu verbinden, ohne dass ein Zerbrechen zu befürchten ist. Die Möglichkeit der Herstellung verhältnissmässig dünnwandiger und somit recht leistungsfähiger Filter ist dadurch gleichfalls gegeben. Ein Druck von mehreren Atmosphären auf die Aussen- wie auch auf die Innenfläche wird gut ertragen. Gase passiren durch die Wände des trockenen Ballons ohne Schwierigkeit, auch lassen sich die bekannten Graham'schen Diffusions-Erscheinungen der Gase an ihm zeigen. Sobald jedoch die Poren mit irgend einer Flüssigkeit angefüllt sind, hört der Durchtritt von Gasen selbst bei höherem Druck gänzlich auf und der Ballon kann fast vollständig evacuirt werden. Erst nach dem Austrocknen der Poren geht der Durchtritt von Gasen wiederum ohne Behinderung von statten.

Flüssigkeiten passiren die Poren des Ballons mit grosser Leichtigkeit, selbst bei einer nur geringen Druckdifferenz von innen nach aussen oder umgekehrt. Das Quantum der durchtretenden Flüssigkeit steht natürlich in gleichem Verhältniss zu der Grösse dieser Differenz. Quecksilber konnte jedoch selbst bei einem Drucke von 2.5 Atmosphären nicht durch die Poren getrieben werden.

Taucht man einen trockenen mit einem capillaren Rohr luftdicht verbundenen und mit Quecksilber bis zu einer Marke im Steigrohr angefüllten Ballon plötzlich in Wasser, so wird die in den Capillaren enthaltene Luft mit grosser Kraft nach innen getrieben und übt auf das Quecksilber einen Druck aus, welcher sich durch das Steigen desselben im Capillarrohr zu erkennen giebt. Diese Steigung ist nicht unbedeutend, sie erreicht in günstigen Fällen eine Höhe von über 760 mm.

Der Versuch leidet jedoch an der Unvollkommenheit, dass der im Innern des Filters von Anfang an herrschende Quecksilberdruck den Austritt einer Quantität Luft auch nach aussen hin bewirkt. Eine directe Messung des Capillardruckes ist daher bis jetzt nicht gelungen.

Eine oberflächliche Bestimmung des Gesamtporenraumes kann leicht dadurch herbeigeführt werden, dass man das Luftquantum, welches in den Poren war, besonders auffängt, unter Berücksichtigung von Temperatur und Druck misst und zu der leicht bestimmbaren Filtermasse in Vergleich setzt.

Wo es indessen auf eine Messung des Luftquantums nicht ankommt, sondern nur darauf, den beim Eintauchen in Wasser im Innern

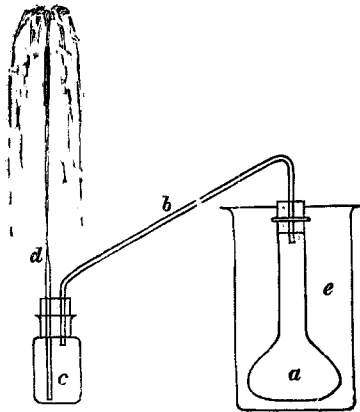


Fig. I.

Fontäne bis zu ansehnlicher Höhe emporschleudert.

Die energische Thätigkeit der Haarröhrchen im Befördern von Flüssigkeit bei entgegenwirkendem Druck wird noch besser durch den folgenden Versuch veranschaulicht:

a (Fig. II) ist ein poröser Kolben, *b* und *c* sind die beiden Schenkel eines umgekehrt U-förmig gebogenen Rohres. *c* ist wenigstens 80 cm lang und kann capillar sein, falls es sich darum handelt, den Versuch schnell in Wirksamkeit treten zu sehen. $b + a$ ist etwas kürzer als *c*. *e* ist ein Fläschchen, welches ausgekochtes Wasser und am Boden etwas Quecksilber enthält. Das Rohr *d* mit Hahn dient zur Füllung des Apparates mit ausgekochtem destillirtem Wasser. Ist Letzteres geschehen, so wird der Hahn *d* geschlossen. Das in den Poren des Thonkölbchens *a* befindliche Wasser verdunstet an der Oberfläche desselben ziemlich schnell und wird durch das in dem Schenkel *c* aus dem Reservoir *e* aufsteigende beständig ersetzt. Wird nun aber der Zugang zu diesem Schenkel durch Quecksilber abgesperrt, so erfolgt schnell ein Aufsaugen des letzteren. Unterbricht man diese Verbindung und stellt die mit dem Wasser wieder her, so sieht man das abgerissene Quecksilberfädchen schnell ansteigen und schliesslich im herabsteigenden Schenkel zu Boden fallen. Bewegte Luft befördert die Verdunstung bedeutend.

Fig. II.

Lässt man die Verbindung mit dem Quecksilber bestehen, so steigt dasselbe soweit, bis es durch Herstellung des Gleichgewichts mit dem Atmosphärendruck von selber zur Ruhe kommt. Unter der Voraussetzung, dass alle Versuchsfehler möglichst vermieden sind, findet man beim Messen der Säule, dass Barometerhöhe, vermindert um den Betrag der Tension des Wasserdampfes bei der jeweilig herrschenden Temperatur und dem Luftdruck, erreicht worden ist.

Der Arbeit der Capillaren wird dadurch gleichwohl kein Ziel gesetzt. Die Verdunstung des Wassers erfolgt auch während dieser Spannung im Innern des Apparates in ungestörter Weise, bis der letzte Tropfen verbraucht ist. Sodann trocknen auch die Poren selber aus, werden dadurch für Luft durchlässig, und das gestörte Gleichgewicht stellt sich von selber wieder her. Dasselbe geschieht, wenn man während der Dauer des Versuches das Kölbchen von aussen mit Wasser in Berührung bringt.

Es erscheint mir nach diesen Versuchen als erwiesen, dass es sich bei dem hier beschriebenen porösen Thon um Haarröhrchen von einer solchen Feinheit des Lumens handelt, dass sich die durch die Haarröhrchenkraft bewirkten Erscheinungen in hervorragendem Maasse an ihm zeigen lassen.

Es lag nahe, dieses Experiment statt mit Wasser mit Alkohol und andern organischen und anorganischen Flüssigkeiten, sowie mit Salzlösungen anzustellen, und ich hoffe, demnächst einige Beobachtungen darüber mittheilen zu können.

Bezüglich des Gebrauches der porösen Thonfilter in chemischen Laboratorien will ich bereits im Voraus bemerken, dass ich mich in dieser Frage nicht auf mein eigenes Urtheil verlassen mochte, sondern es vorzog, dasjenige von hervorragenden Fachgenossen in Anspruch zu nehmen. Die Herren W. Wil, O. N. Witt, F. Mylius, A. Schmidt, A. Pinner, G. Wichmann, sowie von Seiten der bakteriologischen Forschung die Herren Prof. Dr. Brieger und Dr. Buttersack, ferner seitens der Pharmacie Hr. Apotheker H. Born haben auf mein Ansuchen sich in der liebenswürdigsten Weise der Sache angenommen. Ich sage ihnen allen hiermit meinen besten Dank. In seltener Uebereinstimmung haben mir alle, theils durch mündliche, theils durch schriftliche Mittheilungen zu erkennen gegeben, dass die Filter in der That geeignet seien, nicht nur bei präparativen und qualitativ-analytisch-chemischen Arbeiten mancherlei Erleichterungen herbeizuführen, sondern in gleicher Weise auch für bakteriologische und pharmaceutische Zwecke sich mit gleich gutem Erfolge verwenden lassen.

Ueber die Anwendung wäre Folgendes zu bemerken: Das poröse feuchte Ballonfilter bildet einen Sauger, sobald dasselbe mit einer Vorlage, welche evacuirt werden kann, in Verbindung gesetzt worden ist. Jede

Druckdifferenz zwischen der inneren und äusseren Fläche veranlasst ein Strömen von Flüssigkeit durch die Capillaren von der Seite des grösseren nach der des geringeren Druckes. Zum Evacuiren des Systems dient, wie bisher, die Wasserluftpumpe und als Vorlage die übliche Saugflasche oder jede andere dem Atmosphärendruck Widerstand leistende Flasche.

Die Verbindung der Vorlage *c* mit dem Filter *a* (Fig. III) geschieht durch ein zweimal nach derselben Seite rechtwinklig gebogenes Glasrohr *b* oder — wenn angängig — wegen der leichteren Beweglichkeit durch einen dickwandigen Gummischlauch.

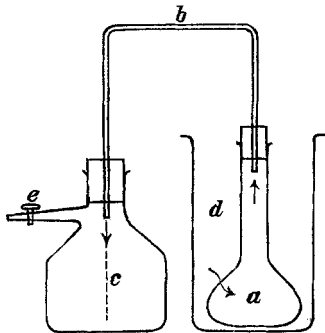


Fig. III.

Das Ballonfilter taucht in die zu filtrierende Flüssigkeit, welche sich in einem beliebigen Gefäss *d* (Becherglas, Schale u. s. w.) befinden kann — wenn möglich — bis auf den Grund des Gefässes ein. Man evacuirt hierauf das System, schliesst den Hahn *e*, setzt die Pumpe in Ruhe und überlässt den Apparat, z. B. über Nacht, sich selbst. Ist die durch eventuell einzufettende Gummistopfen zu bewirkende Verbindung dicht, so

vollzieht sich die Filtration ohne Schwierigkeit in kürzerer oder längerer Zeit, je nachdem der in der Flüssigkeit suspendirte sich an das Filter anlegende Niederschlag eine schnellere oder langsamere Filtration gestattet. Bei verschiedenen Substanzen, die der Filtration durch Fliesspapier einen mehr oder weniger grossen Widerstand entgegensetzen, wie z. B. die Oxydhydrate des Eisens, Aluminiums, Magnesiums, in der Kälte gefälltes Baryumsulfat, die Sulfide von Zink, Mangan, Zinn vollzieht sich die Filtration mit verhältnismässig grosser Leichtigkeit. Das Filtrat zeichnet sich in allen Fällen durch bei Fliesspapier nicht immer erzielte Reinheit und Klarheit aus. Es macht ferner keinen Unterschied, ob die Flüssigkeit stark sauer oder stark alkalisch ist, ob heiss oder kalt.

Da die im Porzellanfeuer geglühte kiesel-saure Thonerde, aus der die Filter neben Quarz vorzugsweise bestehen, von den gewöhnlichen Ingredientien, ausser von Flusssäure, garnicht oder nur in äusserst geringem Maasse angegriffen wird, so gestatten die Thonfilter das Filtriren von kalten oder heissen concentrirten Säuren oder Alkalien ohne Schwierigkeit. Einen äusserst geringen Angriff habe ich bisher nur bei sehr stark erhitzter concentrirter Schwefelsäure, sowie stärkster, heisser Natronlauge constatiren können. Oele aller Art passiren das Filter am allerbesten in angewärmtem Zustande mit Leichtigkeit, ebenso Substanzen, welche bei Anwendung von Wärme in einen dünnflüssigen

Zustand übergehen. Körper hingegen, die in der Lösungsflüssigkeit sich in einem sozusagen halbgelösten Zustande befinden, wie z. B. das Kasein in der Milch und die Stärke im Wasser, setzen der Filtration durch das Thonfilter, ebenso wie bei anderen Filtrirvorrichtungen, ziemlich erhebliche Schwierigkeiten entgegen. Dafür aber erhält man im Filtrat auch wirkliche Lösungen der betreffenden Substanzen. Die Milch sowohl wie der Stärkekleister liefern krystallklare Filtrate, die sich bei längerem Stehen an der Luft allerdings trüben.

Eine sehr gewöhnliche Flüssigkeit, die nicht minder — wenn auch erst nach längerem Gebrauch des Filters — Filtrirschwierigkeiten hervorruft, ist das Leitungswasser. Man bemerkt bei sonst sehr gut functionirenden Filtern sehr bald eine Abnahme der Leistungsfähigkeit, die sehr bald unter die Hälfte der ursprünglichen zurückgeht. Auf der Oberfläche der Filter lagert sich ein schlüpfriger Schlamm ab, der sich auch durch Abreiben mit Sand nicht vollständig entfernen lässt. Erst wenn das geschwächte Filter einige Zeit in conc. Salz-, Salpeter- oder Schwefelsäure getaucht und ausgewaschen, oder wenn es bei ca. 130—150° C. getrocknet worden ist, erhält es seine frühere Leistungsfähigkeit wieder. Bei destillirtem oder soeben durch ein Thonfilter filtrirtem Wasser tritt diese Erscheinung nicht auf, sondern die Leistungsfähigkeit bleibt immer dieselbe. Ich will auch noch erwähnen, dass ein vorher getrocknetes Filter nicht so gleich das Maximum seiner Leistungsfähigkeit erreicht, sondern erst nach kurzem Gebrauch, was aus den Zahlen der nachfolgenden Tabelle besonders erhellt. Die Abnahme jener Fähigkeit in unfiltrirtem Leitungswasser (dasselbe entstammte in allen Fällen der Charlottenburger Leitung) erkläre ich mir nicht so sehr durch den Gehalt an halbgelösten Stoffen, wie kieselsaure Thonerde, Eisenoxyd- resp. Oxydulsalze usw., als vielmehr durch den Gehalt an organischen Lebewesen, die sich, sobald das Filtrat mit keimhaltiger Luft, mit den Händen oder anderen keimführenden Gegenständen in Berührung kommt, in ca. 24—48 Stunden wieder ersetzen, so dass sich ein solches Wasser genau so verhält wie nichtfiltrirtes.

Die nachstehenden drei Versuche wurden der Reihe nach mit ein und demselben Ballonfilter No. 2 ausgeführt. Zeitdauer je 20 Minuten.

- I. Frisch filtrirtes Leitungswasser.
- II. Ebensolches Wasser, welches mit den Händen in Berührung gekommen und mit einem Uhrglase bedeckt 48 Stunden bei Zimmertemperatur stehen geblieben war.
- III. Filtrirtes Wasser, welches 24 Stunden in offenem cylindrischem Gefäss gestanden hatte.

Zeitdauer	I	II	III
Minuten	ccm	ccm	ccm
20	7320	6400	5305
»	7640	5625	4675
»	7650	5500	4000
»	const.	—	3685
»	—	—	2650
»	—	—	2110

Aus diesen und vielen anderen Beobachtungen ergibt sich, wie ausserordentlich leicht eine Verunreinigung des durch die Filtration erzielten keimfreien Filtrates herbeigeführt werden kann und wie nothwendig es ist, hierbei mit der grössten Sorgfalt zu verfahren. Es wird daher z. B. bei der Anwendung von Thonfiltern im Hausgebrauch stets erforderlich sein, das filtrirte Wasser in geschlossenen sterilisirten Gefässen zu sammeln und erst aus diesen den Bedarf an Trinkwasser in geeigneter Weise zu entnehmen.

Ein Gehalt von 5 pCt. conc. Salzsäure im Leitungswasser ändert nichts, ein solcher von 5 pCt. Schwefelsäure macht erst nach einigen Tagen einen Unterschied zu Gunsten der Filtrirfähigkeit bemerkbar.

Ich möchte gleich hier bemerken, dass die Annahme, bei schwer filtrirbaren Stoffen finde eine Verstopfung der Filterporen selbst statt, mir eine irrige zu sein scheint, da es sich meist nur um eine Ueberlagerung der Poreneingänge durch wenig durchlässige Substanz zu handeln scheint. In den meisten Fällen lässt sich nämlich ein durch einen Niederschlag scheinbar verstopftes Filter durch blosses Abreiben mit Sand wieder leicht durchlässig machen, und wo dies nicht der Fall ist, durch Behandlung der Oberfläche wie bereits weiter oben bemerkt wurde. Soll ein Filter, mit dem Oele filtrirt worden sind, wieder für andere Zwecke brauchbar gemacht werden, so empfiehlt sich das Ausglühen desselben. Freilich kann das letztere nicht über der freien Flamme eines Bunsenbrenners vorgenommen werden, da die Filter einseitige und sehr schnelle Erhitzung nur schwer ertragen, sondern findet am zweckmässigsten in einer kleinen Muffel oder sonst einem Apparate statt, der ein möglichst gleichmässiges Anwärmen gestattet.

Bezüglich der Erzielung einer möglichst hohen Leistungsfähigkeit der Filter will ich noch hervorheben, dass es sich nicht empfiehlt, das das Filtrat ableitende Glasrohr bis auf den Boden des Filtrirgefässes zu führen, sondern vielmehr dasselbe kurz hinter dem Stopfen endigen zu lassen (s. Fig. 3). Im ersteren Falle bleibt der innere Raum des Filters leer und leistet somit der Dampfbildung, die ohnehin bei porösen Gegenständen sehr leicht eintritt, wesentlichen Vorschub. Im zweiten Falle ist dieselbe auf ein Minimum beschränkt und die Leistungsfähigkeit eine wesentlich erhöhte.

Handelt es sich um grössere Quantitäten zu filtrirender Flüssigkeit, so gestattet das Thonfilter die Bildung einer Batterie, indem je ein Sauger in einem besonderen Gefäss steht. Nur in dem Falle, wo es sich um verschiedene Niederschläge und verschieden zusammengesetzte Filtrate handelt, braucht man mehrere Saugflaschen, sonst nur eine einzige, weil die einzelnen Ballons unter sich verbunden werden können. In allen Fällen genügt eine Saugpumpe und ein ein- bis zweimaliges Evacuiren des freilich gut schliessenden Systems.

Hierbei mag noch erwähnt werden, dass die Möglichkeit, poröse nasse Thonfilter zu evacuiren, es ermöglicht, mit Hülfe derselben Proben filtrirter Flüssigkeit von sonst sehr schwer zugänglichen Orten zu entnehmen. Man verbindet z. B. ein Thonfilter luftdicht mit einem Glasrohr, evacuirt das System nach dem Anfeuchten des Filters, schmilzt ab und senkt den Apparat mit Hülfe einer geeigneten Vorrichtung in den Brunnen oder in die Senkgrube oder andere Behälter, deren Inhalt man auf den Gehalt an löslichen Stoffen prüfen will. Das Filter wird sich nach längerer oder kürzerer Zeit mit klarem Filtrat gefüllt haben, dessen weiterer Untersuchung sodann nichts mehr im Wege steht. Der Gehalt der Poren des Filters an Wasser würde sich durch eine Sonderbestimmung leicht feststellen und in Abzug bringen lassen.

Das Auswaschen der Niederschläge bei der Anwendung von Thonfiltern geht sehr leicht von statten. Man filtrirt die Mutterlauge bis zum letzten Tropfen ab. In vielen Fällen zerreisst die Umhüllung und blättert von selbst ab. In anderen Fällen lässt sich der Niederschlag leicht abspritzen, wenn man die Verbindung mit der Saugflasche löst. Dadurch tritt ein wenig von dem im Innern des Ballons enthaltenen Filtrat nach Aussen und löst die Fällung von der Filterwand ab. In allen Fällen aber wird schliesslich die Verbindung mit der Saugflasche aufgehoben, letztere sowohl wie auch der Filterballon vom Filtrat entleert, der Niederschlag — wenn nöthig mit sammt dem Filter — mit reinem Wasser ausgekocht, abfiltrirt und dieses Verfahren ein- bis zweimal wiederholt. Der Zeitaufwand ist dabei ein erheblich geringerer, wie weiter unten gezeigt wird, der Erfolg aber ein ungleich befriedigenderer, als der bei anderen mir bekannten Filtrirvorrichtungen. Darf der Niederschlag aus irgend einem Grunde nicht erhitzt werden, so ersetzt man — falls er zum Reissen neigt — während des Filtrirens beständig das ursprüngliche Volumen der zu filtrirenden Flüssigkeit durch die vorsichtig nachgefüllte Waschlüssigkeit.

Bezüglich der Leistungsfähigkeit können nur Durchschnittswerthe angegeben werden, da kein Filter dem andern in Bezug hierauf völlig gleichkommt, was wohl vornehmlich darin seinen Grund hat, dass die Scherbenstärke stets etwas variirt.

Was die verschiedenen Grössen anlangt, die bisher hergestellt worden sind, so entspricht der kleinste Ballon einem Inhalt von ca. 50, der mittlere von ca. 135, und der grössere einem solchen von 1000 ccm.

Das Maximum der Leistungsfähigkeit beträgt bei destillirtem oder frisch filtrirtem Leitungswasser, wenn die Filter in der Aufeinanderfolge ihrer Grösse mit No. 1, 2 und 3 bezeichnet werden bei einem äusseren Druck von 70—72 cm Quecksilber bei:

No. 1.

Probefilter No.	Inhalt ccm	In 13 Minuten ccm	Also pro Stunde ccm
I	50	1080	4980
II	»	1015	4680
III	»	1060	4890
IV	»	1105	5100
V	»	1025	4728
Durchschnitt		1057	4875

No. 2.

Probefilter No.	Inhalt ccm	In 13 Minuten ccm	Also pro Stunde ccm
I	135	1960	9042
II	»	1890	8700
III	»	1925	8880
IV	»	1760	8118
V	»	1815	8376
Durchschnitt		1870	8623

No. 3.

Probefilter No.	Inhalt ccm	In 13 Minuten ccm	Also pro Stunde ccm
I	1000	6175	28 500
II	»	6214	28 680
III	»	7410	34 200
IV	»	6227	28 740
V	»	6071	28 020
Durchschnitt		6419	29 628

Die neben den Ballonfiltern angefertigten röhrenförmigen porösen Gefässe sind gleichfalls für manche Filtrirzwecke recht geeignet. Sie haben eine durchschnittliche Länge von 19 cm und einen Inhalt von ca. 50 ccm. Sie lassen sich bequem durch den Hals der grösseren Saugflaschen stecken und mit diesen durch Gummikappe luftdicht

verbinden. Man benutzt sie dann zum Filtriren von Innen nach Aussen.

Röhrenfilter.

Probefilter No.	Inhalt ccm	In 13 Minuten ccm	Also pro Stunde ccm
I	50	1300	6000
II	«	1255	5790
III	«	1325	6114
IV	«	1310	6042
V	«	1255	5790
Durchschnitt		1289	5947

Bei Leitungswasser stellen sich die Zahlen wesentlich anders. Ein Filter Nr. 1, welches am Anfang bei einem zwischen 67—72,5 cm Quecksilber schwankenden Druck in 20 Minuten 2585 ccm Filtrat lieferte, gab nach dem Durchgange von weiteren 6 Litern in derselben Zeit nur noch 2030 ccm.

Die Leistungsfähigkeit eines Filterballons No. 2 fiel unter denselben Umständen von 3945 auf 3320 ccm.

Bei No. 3 wurde unter denselben Bedingungen ein Fallen von 8730 auf 8235 ccm constatirt.

Aehnliches gilt von dem Röhrenfilter. Die Anfangsleistung fiel von 1930 auf 1805 ccm.

Da es in chemischen Laboratorien in erster Linie aber doch immer nur darauf ankommen kann, recht reine, von allen suspendirten Stoffen befreite, nicht aber grosse Quantitäten mangelhaft gereinigter Filtrate zu erhalten, so glaube ich, trotz dieses Uebelstandes — wenn es ein solcher ist — die Filter dennoch empfehlen zu können.

Sind in dem Wasser Niederschläge wie Hydroxyde, Sulfide u. s. w. suspendirt, so ist bei vielen, wie z. B. Eisenhydroxyd, Thonerde, Baryumsulfat u. s. w., nur ein geringer Unterschied in Bezug auf die Leistungsfähigkeit in reinem Wasser zu bemerken. Einen Vergleich des Thonfilters mit einem solchen aus Fließpapier gewähren die folgenden Versuche:

1) Je 50 g krystallirtes Baryumchlorid wurden in 10 l Wasser gelöst und mit überschüssiger Schwefelsäure (30 g) in der Kälte gefällt. Die eine Portion (I) wurde durch ein Faltenfilter aus bestem schwedischem Fließpapier von 30 cm Durchmesser, die andere (II) durch ein Thonfilter No. 2 filtrirt. Das Filtriren und vollständige Auswaschen erforderte im Falle (I) 145, im Falle (II) 90 Minuten.

2) Je 60 g Zinnchlorür wurden in zwei Portionen unter Zusatz von etwas Salzsäure in 6 l Wasser gelöst und das Zinn mit Schwefelwasserstoff gefällt. Portion I wurde mit Hilfe eines Ballonfilters No. 2 filtrirt, Portion II dagegen auf ein Faltenfilter wie bei 1) ge-

worfen. Das Filtriren und Auswaschen erforderte im Falle I 82, im Falle II hingegen 225 Minuten.

Es ist vielleicht nicht unwichtig, zum Schluss noch auf einen Apparat hinzuweisen (Fig. IV), der sich zum Filtriren solcher Flüssigkeiten besonders eignet, die — selbst bei verhältnissmässig geringem negativen Druck — sehr viel Gas entwickeln, wie z. B. rauchende Salzsäure, concentrirte Ammoniakflüssigkeit u. s. w.

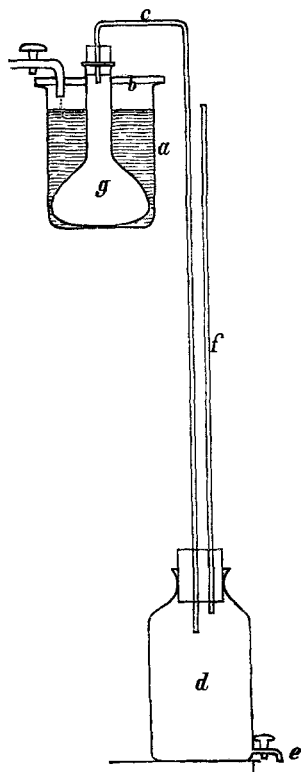


Fig. IV.

Ein Glaszylinder *a* mit passendem Holzdeckel *b*, welcher ein Thonfilter No. 3 *g* in sich aufzunehmen vermag, steht mit dem die Flüssigkeit enthaltenden Ballon derartig in Verbindung, dass er leicht mit derselben angefüllt, und das Niveau der letzteren möglichst constant erhalten werden kann. Das Filter bildet den kurzen Schenkel des Glasheberrohres *c*, dessen langer Schenkel circa 1—1.5 m herabreicht. Unten mündet derselbe durch einen Kork in eine geräumige Flasche *d*, die zweckmässig in der Nähe des Bodens einen Ablasshahn *e* besitzt. Der Kork der unteren Flasche *d* trägt ausserdem ein Steigrohr *f*, welches zugleich zum Ansaugen dient und später, wenn der Apparat in Thätigkeit ist, ein Ueberfließen verhütet. Die Leistungsfähigkeit eines solchen Apparates beträgt bei 1 m Fallhöhe freilich nur 3—3.5 L pro Stunde. Das Ansaugen kann mit dem Munde oder mit Hilfe der Wasserluftpumpe vorgenommen werden.

Die ausgezeichnete Reinheit und Klarheit des Filtrats, sowie die schnelle Ausführbarkeit der Filtrirarbeit machte es in hohem Grade wünschenswerth, eine für quantitative Arbeit brauchbare Form des Thonfilters zu finden. Das ist bisher wegen mancherlei Schwierigkeiten nicht gelungen. Die immerhin rauhe Oberfläche erschwert das Ablösen getrockneter Niederschläge. Das Glühen der Fällungen in den Filtrirnäpfchen kann nicht über der Lampe oder dem Gebläse geschehen, sondern müsste in einer kleinen Gasmuffel stattfinden, wie sie trotz ihrer ganz ausgezeichneten Brauchbarkeit in den meisten Laboratorien wohl noch nicht eingeführt sind. Das Auswaschen der

äussersten Ränder eines z. B. trichterförmigen Thonfilters würde sich nur schwer bewerkstelligen lassen. Eine feste Verbindung von poröser und nicht poröser Substanz im Feuer, also z. B. dichte Porzellantiegel mit porösem Boden ist technisch nicht ohne Weiteres ausführbar. Falls sich aber eine befriedigende Lösung findet, wird darüber berichtet werden.

Zusammenfassung:

1. Beschleunigte Filtration auch in den Fällen wo Fliesspapier oder andere Filtrirvorrichtungen versagen.
2. Vollkommene Reinheit und Klarheit des Filtrats.
3. Bequemes und schnelles Auswaschen.
4. Ersparniss an Wasser (Wasserstrahlluftpumpe), weil einmaliges Evacuiren des Systems hinreichend ist, um beliebig lange zu filtriren.
5. Zeitersparniss durch Wegfall des lästigen Aufgiessens.
6. Leichte Bewältigung grosser Flüssigkeitsmengen durch Bildung von Filtrirbatterien.
7. Fast vollständige Indifferenz gegenüber stark sauren, alkalischen, heissen oder kalten Flüssigkeiten, abgesehen von Fluorwasserstoffsäure.
8. Keine Verunreinigung des Filtrats oder des Niederschlages durch Filtersubstanz.
9. Leichte Filtration aller Substanzen und Lösungen, welche ohne Zersetzung zu erleiden mit keinerlei organischer Substanz in Berührung kommen dürfen.
10. Undurchlässigkeit für Bakterien.
11. Wiederverwendbarkeit nach erfolgter Reinigung.

Die oben beschriebenen Thonfilter werden in den angegebenen Formen und Grössen und aus der besonders dazu hergestellten Masse nur allein von der Königlichen Porzellan-Manufactur zu Berlin angefertigt und mit deren bekanntem Fabrikzeichen (Scepter in blauer Farbe) versehen in den Handel gebracht werden. Daneben wird aber auch jede andere Form und Grösse, sie sei für welchen Zweck sie wolle, sofern sie technisch ausführbar ist, von dem genannten Institut gern in Auftrag genommen werden. Auch wird jede Anregung bezüglich irgend welcher Veränderung in Form und Grösse der bis jetzt hergestellten Filter dankbar entgegengenommen und in Bezug auf ihre technische Ausführbarkeit geprüft werden.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinen Herren Collegen Dr. O. Ruhnau und H. Marquardt für die freundliche Unterstützung, die sie mir bei dieser Arbeit bereitwilligst geliehen haben, hiermit herzlichen Dank zu sagen.

Berlin, Laborat. der Königl. Porzellan-Manufactur.