

**ARBEITSMETHODEN
DER MODERNEN
NATURWISSENSCHAFTEN**

METHODEN DER LEBENSMITTEL- CHEMIE

Von

Dr. phil. habil. R. STROHECKER

Oberchemierat,

Direktor des städtischen Lebensmitteluntersuchungsamtes
und Instituts für Lebensmittelchemie in Gelsenkirchen

3., durchgesehene und ergänzte Auflage

Mit 45 Abbildungen und 16 Tafeln



B E R L I N 1 9 4 9

W A L T E R D E G R U Y T E R & C O .

vormals C. J. Göschen'sche Verlagshandlung / J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten

Copyright 1949 by Walter de Gruyter & Co.
vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp.

Berlin W 35, Genthiner Straße 13

Archiv-Nr. 527649

Printed in Germany

Druck von Thormann & Goetsch, Berlin SW 61

Meiner treuen Lebensgefährtin

VORWORT

Es mag vielleicht zunächst auffällig erscheinen, daß nach Abschluß des „Handbuches der Lebensmittelchemie“ ein kleines Werk erscheint, das sich die Methoden der Lebensmittelchemie zum Ziel gesetzt hat. Zweifellos wird man viele Methoden, die in dem großen Handbuch enthalten sind, hier wiederfinden. Das vorliegende Buch hat es sich aber zur Aufgabe gestellt, dem wissenschaftlichen und praktischen Lebensmittelchemiker in Behörde, freiem Beruf und Industrie und demjenigen, der sich erstmalig mit solchen Methoden zu befassen hat, ein Vademecum zu sein, das ihm nur kritisch gesichtete Methoden angibt. Hieraus ergibt es sich, daß vorwiegend nur solche Methoden hier Aufnahme gefunden haben, die der Verfasser genau kennt, zum Teil selbst ausgearbeitet oder als zweckmäßig befunden hat. Das Buch lehnt es ab, ein „Rezeptbuch“ zu sein; es will vielmehr auch die Grundlagen der Methoden dem Leser näher bringen. Die Frage nach der Theorie der Methode, die so oft in Universitätslaboratorien von angehenden Lebensmittelchemikern gestellt wird und wurde, wird, wo es möglich ist, berührt. Aus dem gesteckten Ziel ergibt sich, daß das Werk keinesfalls lückenlos alle Methoden wiederbringen will; vielmehr trifft es eine Auswahl unter den vorliegenden Methoden nach Erfahrung und sorgfältiger Kritik des Verfassers. Bakteriologische Methoden (Keimzahl und Coli-Ermittlung), die gleichfalls in vielen Untersuchungsämtern in Anwendung sind, wurden hier nicht aufgenommen. Das Gleiche gilt von allgemein-chemischen Methoden, wie z. B. der Schmelzpunktbestimmung, die als bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Der überwiegende Teil der Methoden sind Verfahren, mit denen der Verfasser im Universitätsinstitut und Städt. Nahrungsmitteluntersuchungsamt in Frankfurt a. M. und im Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmitteluntersuchungsamt Gelsenkirchen gearbeitet hat oder unter seiner Aufsicht hat arbeiten lassen. Wenn auch in einzel-

nen Kapiteln auf die Auswertung der Untersuchungsergebnisse hingewiesen wird, so wird eine Beurteilung der Befunde nicht ausgeschlossen.

Das Buch stellt schließlich auch eine Ergänzung für das „Taschenbuch für die Lebensmittelchemie“ dar, das als Tabellenwerk im selben Verlag erschienen ist. Auf die notwendige Tafel im „Taschenbuch für die Lebensmittelchemie“ wird an den betreffenden Stellen hingewiesen. Der physikalisch-chemische Teil, für dessen Überarbeitung ich meinem früheren Lehrer, Herrn Professor Dr. Thiel, Marburg, besonders dankbar bin, befaßt sich mit akuten Fragen, u. a. der Dichtemessung. Er dürfte dazu beitragen, daß die Unklarheiten, die auf diesem Gebiete herrschen, allmählich geringer werden. Dank schulde ich in erster Linie Herrn Professor Dr. Thiel auch für seine wertvollen Ratschläge und schließlich Dank meinem Sohne, Rolf Strohecker, der mich beim Lesen der Korrektur unterstützt hat.

Mögen die „Methoden der Lebensmittelchemie“ ein unentbehrliches Büchlein für die Untersuchungsämter und die Privatindustrie und alle sonstigen Laboratorien werden, die sich mit lebensmittelchemischen Untersuchungsmethoden befassen. Möge es auch den Studierenden der Lebensmittelchemie ein geeigneter Wegweiser werden.

Pfingsten 1941.

R. Strohecker

VORWORT ZUR 2. AUFLAGE

Die 1. Auflage des vorliegenden Buches erschien im Mai 1942. Kaum dreiviertel Jahr später war das Buch vergriffen, ein Zeichen, daß es in der Fachwelt Anklang gefunden hat. Als der Verlag de Gruyter an mich herantrat mit der Bitte, eine Neuauflage bzw. einen neuen Druck vorzubereiten, legte ich mir die Frage vor, ob die 2. Auflage eine Neubearbeitung notwendig macht, besonders im Hinblick auf einzelne Kritiken, die eine Erweiterung der „Methoden der Lebensmittelchemie“ wünschten. Mit dem leider zu früh verstorbenen Herausgeber der Sammlung, Herrn Professor Dr. Thiel und mit dem Verlag bin ich der Überzeugung, daß es gerade der Vorzug dieses Buches ist, eine kritische Auswahl von geeigneten Methoden zu bringen, die dem Verfasser bekannt und von ihm zum größten Teil nachgearbeitet worden sind. Das vorliegende Buch zeigt daher nur unwesentliche Änderungen. Im Kapitel „Obst und Obstdauerwaren“ ist eine einfachere Bestimmung des Stärkesyrups angeführt. Weiter sind eine Reihe störender Druckfehler ausgemerzt. Abbildung 43 ist mit einer neuen Unterteilung versehen, wobei eine größere Genauigkeit der Ablesung ermöglicht wird.

Leider konnte bisher der Druck der 2. Auflage des Taschenbuches für die Lebensmittelchemie (T. S. P.), das in der gleichen Sammlung erschienen ist, nicht in Angriff genommen werden, da das Papier nicht zur Verfügung stand. Das ist insofern von Bedeutung, als das Manuskript für das Taschenbuch nunmehr Alkohol- und Extrakt-Tabellen für die Gewichtsverhältnisse von 20° bringen wird, wodurch das lästige Umrechnen auf $\frac{150}{40}$ bzw. $\frac{200}{40}$ sich erübrigt. Die Hinweise in den Methoden der Lebensmittelchemie beziehen sich zunächst auf die 1. Auflage des Taschenbuches.

Methoden, die in der organischen und anorganischen Chemie üblich sind, wie z. B. die Schmelzpunkt-Bestimmung, sind absichtlich nicht im vorliegenden Buch aufgenommen. Das Kapitel „Allgemeine physikalisch-chemische Untersuchungs-Methoden“ ist deshalb so groß, weil das 1. Unterkapitel über die Dichte wegen der auf diesem Gebiet herrschenden Unklarheiten besonderen Umfang aufweisen mußte.

Dank schulde ich für diese 2. Auflage Frau Dr. Elbert, Frankfurt a./M. für freundliche Unterstützung bei Beseitigung von störenden Druckfehlern, sowie meiner Mitarbeiterin Fräulein Kirk und meinem Sohne Rolf Strohecker, die mich beim Lesen der Korrekturen eifrig unterstützt haben.

Möge die 2. Auflage der Methoden der Lebensmittelchemie zu den alten Freunden neue hinzugewinnen, möge sie vor allem der Ernährungswirtschaft im Kriege hilfreich zur Seite stehen.

Gelsenkirchen, im März 1943

Wildenbruchstr. 13

R. S t r o h e c k e r

VORWORT ZUR 3. AUFLAGE

Die 2. Auflage des vorliegenden Buches, die Anfang 1944 erschienen war, war bald vergriffen, sodaß ein Neudruck notwendig wurde. Inzwischen sind jedoch neue Methoden in der Lebensmittelchemie bekannt geworden, die ich, soweit sie mir wichtig erschienen, aufgenommen habe. Hinzu kommt, daß die 2. Auflage des Taschenbuches für die Lebensmittelchemie (im vorliegenden Buch als T-S-P bezeichnet) in Angriff genommen wurde. Das Buch ist zwar gedruckt, das Binden macht noch einige Schwierigkeiten. Ich glaube aber, daß es gleichzeitig mit diesem Buch erscheinen wird. Aus diesem Grunde sind alle Hinweise auf die 1. Auflage des T-S-P umgestellt auf die 2. Auflage.

Dank schulde ich verschiedenen Fachgenossen, die mich bei dem Aufdecken hartnäckiger Druckfehler unterstützt haben. Vor allem schulde ich Dank meinen Mitarbeitern Herrn Loges, Herrn Bromby und Fräulein Baumgart, die mir beim Lesen der Korrekturen geholfen haben.

Schließlich sage ich dem Verlag Walter de Gruyter, Berlin, der die 3. Auflage trotz interzonaler Schwierigkeiten ermöglicht hat, meinen herzlichen Dank.

Möge die 3. Auflage der Methoden der Lebensmittelchemie den Chemikern in den Untersuchungslaboratorien und in der Industrie die gewünschte Hilfe leisten.

Gelsenkirchen-Buer, im Herbst 1949.
Westerholter Str. 82

R. Strohecker

INHALT

Seite

Allgemeine physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden . . .	1
1. Bestimmung der Dichte	1
2. Viskosimetrie	17
3. Refraktometrie	18
4. Polarimetrie	22
5. Kolorimetrie	24
6. Kryoskopie	30
7. Leitfähigkeitsmessung	32
8. Bathmometrie (Bestimmung d. Wasserstoffionen- konzentration)	38
9. Elektrolyse	41
10. Bestimmung der Radioaktivität	42
11. Chromatographische Adsorptionsanalyse	44
Allgemeine chemische Untersuchungsmethoden	45
1. Bestimmung des Wassers	45
2. Bestimmung der Stickstoffsubstanz	47
3. Bestimmung von Fett	49
4. Bestimmung von Asche, Sand und Alkalität	51
5. Bestimmung von Kohlehydraten	54
a) Zuckerbestimmung durch Polarisation	54
b) Zuckerbestimmung mit alkalischer Kupferlösung . . .	55
c) Zuckerbestimmung mit alkalischer Jodlösung	57
d) Bestimmung der Zucker nebeneinander	58
e) Dextrinbestimmung	60
f) Stärkebestimmung	60
g) Rohfaserbestimmung	62

	Seite
h) Pentosanbestimmung	63
i) Pektinbestimmung	65
k) Nachweis von Tylosen	67
6. Bestimmung von Vitaminen	67
a) Vitamin A	67
b) Vitamin B ₁ und B ₂	69
c) Vitamin C	71
d) Vitamin D	73
e) Vitamin E	75
III. Untersuchung von einzelnen Lebensmitteln	77
1. Milch- und Milchzubereitungen	77
a) Untersuchung auf Verfälschung	77
b) Prüfung auf hygienische Beschaffenheit	86
c) Prüfung auf Erhitzung	88
d) Sonstige Prüfverfahren	91
2. Käse	92
3. Fleisch und Fleischwaren	99
4. Fleischextrakt, Fleischbrühwürfel, Würzen u. Ersatzwaren	106
5. Fette und Öle	110
6. Eier	122
7. Mehl, Grieß und sonstige Getreidewaren	125
8. Brot und Backwaren	129
9. Backpulver, Backverbesserungsmittel, Preßhefe	132
10. Teigwaren	134
11. Gemüse, Kartoffeln, Gemüsedauerwaren, Hülsenfrüchte, Pilze	139
12. Obst und Obstdauerwaren	142
13. Honig und Kunsthonig	146
14. Zucker und Zuckerwaren	149
15. Künstliche Süßstoffe	152
16. Bier	153
17. Wein, Obstwein	156

Inhalt

XV

Seite

18. Branntwein, Brennwein, Likör	166
19. Essig, Essigessenz	170
20. Kaffee, Tee und Ersatzmittel	172
21. Kakao und Schokolade	175
22. Gewürze, Kochsalz	177
23. Trinkwasser	179
24. Tabak	190
25. Bedarfsgegenstände	192
a) Eß-, Trink-, Kochgeschirr, Flüssigkeitsmaße, Kon-	
servendosen	192
b) Untersuchung von Lagermetall	193
c) Porzellan-, Ton- und Emaillegefäße	194
d) Gegenstände aus Kautschuk	195
e) Gegenstände aus Papier	195
f) Kosmetische Artikel, Seife, Waschmittel, Salben, Haar-	
färbemittel	196
g) Mal- und Anstrichfarben	200
Schrifttum	202
Sachregister	203

I. Teil

Allgemeine physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden

I. Bestimmung der Dichte

a) Allgemeines

Die Dichtemessung ist eine der am häufigsten vorkommenden physikochemischen Methoden in der Lebensmittelchemie. Sie wird hier ganz vorwiegend an Flüssigkeiten ausgeführt, nur selten an festen Körpern, niemals an Gasen.

Die Dichtemessung an Flüssigkeiten liefert oft ein unmittelbar analytisch verwendbares Ergebnis, nämlich dann, wenn es sich um ein Zweistoffgemisch handelt, dessen Dichte eine bekannte Funktion der Zusammensetzung ist. Mit Hilfe der gemessenen Dichte kann man dann sofort aus Tabellen oder Schaubildern (Diagrammen) die Zusammensetzung entnehmen. Auf diesem Wege findet man den Gehalt wässriger Alkohollösungen, Zuckerlösungen usw. Aber auch bei komplizierter zusammengesetzten Flüssigkeiten ist die Dichtemessung häufig eine wichtige Grundoperation der Analyse, deren Ergebnis zusammen mit anderen analytischen Daten verwertet wird (Milchanalyse).

Mit Rücksicht auf ihre hervorstechende Wichtigkeit beschränken wir uns hier auf die Besprechung der Dichtemessung an Flüssigkeiten¹⁾.

Trotz der häufigen Verwendung des Begriffes der Dichte besteht, wie die Erfahrung lehrt, noch immer eine gewisse Un-

¹⁾ Über die Dichtemessung an festen Körpern findet man vorkommenfalls Angaben im Handbuch der Lebensmittelchemie (Jul. Springer, Berlin 1933), II, 1, S. 4ff.

klarheit über seine Grundlagen und dementsprechend eine gewisse Unsicherheit in seiner Verwendung. Wir beginnen daher mit einer genauen Festlegung der Begriffe.

Die Dichte (oder auch spezifische Masse) eines Körpers ist das Verhältnis seiner Masse (m) zu dem von ihm eingenommenen Raum (Volum, V). Sie besitzt also die Dimension $\frac{\text{Masse}}{\text{Volum}} \left(\frac{m}{V} \right)$; ihr Symbol ist ρ ¹⁾.

Da die Einheit der Masse das Gramm (g), die (in der Laboratoriums-Messung übliche) Einheit des Volums das Milliliter (ml) ist²⁾, so ergibt sich als Einheit der Dichte $\frac{g}{ml}$; bei Dichteangaben ist mithin nicht eine unbenannte Zahl hinzuschreiben, etwa 4,5, sondern dem Zahlenwerte die Einheit beizufügen. Eine Dichteangabe hat also z. B. zu lauten: $\rho = 4,5 \text{ g/ml}$.

Eine zweite gesetzliche Volumeinheit ist das Kubikzentimeter ($ccm = cm^3$). Sie ist nach den gesetzlichen Bestimmungen³⁾ dem Milliliter gleichzuachten. Für alle praktischen Zwecke ist der Unterschied beider Einheiten, der nur 0,027 Promille beträgt⁴⁾, ohne Bedeutung. So macht er sich in der Dichte, wenn man sie einmal als g/ml, das andere Mal als g/cm³ definiert, erst dann bemerkbar, wenn man die Bestimmung bis in die 5. Dezimalstelle genau durchführt. Wasser von maximaler Dichte besitzt die Dichte $\rho_{4^0} = 1,000\,000 \text{ g/ml}$, jedoch $= 0,999973 \text{ g/cm}^3$. Weil die Dichte der Normalsubstanz Wasser unter Normalbedingungen genau der Einheit gleich wird, wenn

¹⁾ Nach den Festsetzungen des AEF (Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen).

²⁾ Siehe auch Chemfa 13, 55 (1940).

³⁾ Maß- und Gewichtsgesetz vom 13. Dezember 1935 (Reichsgesetzblatt 1935, Teil I, Nr. 142, 1499).

⁴⁾ Die Verschiedenheit beruht auf der etwas fehlerhaften Festlegung des Normalkilogramms, das eigentlich die Masse von 1 Kubikdezimeter (dm^3) luftfreien Wassers im Zustande größter Dichte (bei 4° C) unter Normaldruck körperlich darstellen sollte, jedoch um 0,027 Promille zu groß ausgefallen ist. Daher ist der von 1 kg Wasser maximaler Dichte eingenommene Raum (das Liter) nicht genau gleich 1 Kubikdezimeter, sondern gleich $1,000027 \text{ dm}^3 = 1000,027 \text{ cm}^3$, demnach $1 \text{ ml} = 1,000027 \text{ cm}^3$.

man als Dichteeinheit g/ml wählt, soll diese Einheit allgemein zugrunde gelegt und auch für diejenigen (seltenen) Fälle grundsätzlich beibehalten werden, in denen der vorhandene Unterschied zwischen ml und cm³ bemerkbar wird¹⁾.

Die Bestimmung der Masse eines Körpers und daher auch die Ermittlung seiner Dichte geschieht in der Praxis ausschließlich, durch Wägung, d.h. durch Feststellung seines Gewichtes. Gewicht ist die Kraft, mit der ein Körper von der Erde angezogen wird und demgemäß auf eine Unterlage drückt (oder an einer Aufhängestelle zieht). Sie ist der Masse des Körpers proportional. Der Begriff „spezifisches Gewicht“, der vielfach als identisch mit „Dichte“ angesehen und statt dieser benutzt wird, bezieht sich in Wirklichkeit auf eine Größe von ganz anderer Dimension als die Dichte, nämlich von der Dimension $\frac{\text{Gewicht}}{\text{Volum}}$. Seine Einheit

ist $\frac{\text{Grammgewicht}}{\text{Milliliter}} \left(\frac{\text{p}}{\text{ml}} \right)$. Das Grammgewicht²⁾ unterscheidet sich als Kraft von der Gramm-Masse durch einen Faktor, der die Dimension einer Beschleunigung hat und die Fallbeschleunigung darstellt. Dieser Faktor ist der Proportionalitätsfaktor in der oben erwähnten Beziehung zwischen Gewicht und Masse. Sein Wert ist nicht überall auf der Erde gleich. Unter Normalbedingungen, d.h. unter 45° geographischer Breite und am Meeresspiegel, beträgt er 980,665 cm/sec².

Mit Rücksicht auf die geographische Veränderlichkeit der Fallbeschleunigung würde eine „absolute“ Gewichtsbestimmung (etwa mit Hilfe der geeichten Federwaage) vom Orte der Messung abhängig sein. In der Praxis wendet man daher ausschließlich ein relatives Verfahren an, bei dem diese Veränderlichkeit ausgeschaltet wird: die Wägung. Sie besteht in der Vergleichung des zu messenden Gewichtes mit einem bekannten Gewicht, und zwar in der Weise, daß aus einem Satze zweckmäßig abgestufter Gewichte diejenige Kombination

¹⁾ Beschluß der Internationalen Generalkonferenz für Maß und Gewicht vom 16. 1. 1901, vgl. Chemfa 13, 55 (1940).

²⁾ Hierfür ist die kurze Bezeichnung „Pond“ eingeführt worden; daher das Einheitszeichen p.

ausgesucht wird, die in ihrer mechanischen Wirkung dem zu messenden Gewichte gleich ist. Ein solcher Satz von Gewichten wird körperlich dargestellt durch einen Satz von Gewichtsstücken, deren Massen bestimmte, ganzzahlige Bruchteile der Masse des Normalkilogramms, also der gesetzlichen Einheit der Masse, sind (Gewichtssatz).

Das Verfahren der Wägung selbst darf als bekannt vorausgesetzt werden.

Wegen der Identität des Proportionalitätsfaktors im Verhältnis von Masse und Gewicht bei einer Wägung ist eine solche Gewichtsbestimmung zugleich auch eine Massenbestimmung. Die Masse aber ist doch die Größe, die den Chemiker primär interessiert. Denn die Masse ist diejenige Eigenschaft der Materie, die einer jeden Mengenbestimmung zugrunde liegt. Für die physikalischen Wirkungen der Körper, wie sie im Gewicht in Erscheinung treten, interessiert sich der Chemiker nur indirekt. Hieraus ergibt sich wohl mit aller Klarheit, daß der Chemiker auch nur für die Bestimmung der Dichte Interesse haben kann, kaum aber für die Bestimmung der Wichte¹⁾.

Der Begriff „spezifisches Gewicht“ (= Wichte) kommt darum in diesem Buche weiterhin nicht vor.

Bei der Wägung und damit auch bei der Dichtebestimmung ist nun, falls große Genauigkeit verlangt wird, noch folgendes zu berücksichtigen. Zur Definition des Gewichtes als derjenigen Kraft, mit der ein Körper auf eine Unterlage drückt (usw.), gehört außer der Festlegung der geographischen Normalbedingungen — deren Vernachlässigung, wie schon erwähnt, durch die Verwendung geeichter Vergleichskörper (Gewichtsstücke) unwirksam gemacht wird — auch noch eine spezifische Normalbedingung, nämlich das Fehlen zusätzlicher Kräfte, durch welche die Anziehung der Erde auf den Meßkörper vergrößert oder verkleinert werden kann. Für die Praxis kommen hier lediglich (verkleinernde) Auftriebskräfte in Betracht, wie sie sich nach dem Archimedischen Prinzip aus dem Vorhandensein eines stofflichen Mediums ergeben, innerhalb dessen

¹⁾ Vom AEF empfohlene kurze Bezeichnung für „spezifisches Gewicht“.

die Wägung ausgeführt wird. Mit Rücksicht auf solche Kräfte ist als physikalische Normalbedingung bei der Definition des Gewichtes die Abwesenheit stofflicher Medien, also auch der Luft, d. h. die Messung im luftleeren Räume, vorgeschrieben.

Jede Wägung in Luft und daher auch jede Bestimmung der Masse und weiterhin der Dichte ist demnach mit einem Fehler behaftet, dessen Betrag sich nach dem Gewichte der einerseits vom Versuchskörper und andererseits vom Vergleichskörper (Gewichtsstück) verdrängten Luft richtet. Sind diese Beträge gleich groß, d. h. verdrängen beide Körper (bei gleicher Masse) gleiche Volume Luft, dann ist das Ergebnis der Wägung in Luft das gleiche wie bei der Wägung im Vakuum, und man findet unmittelbar richtige Massenwerte. In allen anderen Fällen aber entstehen Meßfehler, deren Größe — die Gewichts Differenz der verdrängten Luftmassen — sowohl von der Differenz der Raumerfüllung bei Versuchskörper und Vergleichskörper (auf der Differenz ihrer Dichten beruhend) als auch von der Luftdichte abhängt. Darf man, wie meistens, für letztere einen bestimmten Wert (Normalwert) annehmen, so läßt sich mit seiner Hilfe und mit Hilfe der Dichten von Versuchskörper und Vergleichskörper leicht der Betrag des bei der Wägung in Luft entstehenden Meßfehlers berechnen und durch seine Ausschaltung die Wägung „auf das Vakuum reduzieren.“ Über das Verfahren siehe weiter unten.

Da die Raumerfüllung jedes Körpers von der Temperatur abhängig ist, gehört zu jeder Angabe eines Dichtewertes auch die Temperatur, für die er gilt; diese wird als Index rechts neben das Symbol geschrieben, also z. B. in der Form ρ_{20^0} = Dichte bei 20^0 (C). Eine Druckangabe (die rechts oben anzubringen wäre) erübrigt sich bei allen Körpern, die nicht gasförmig sind, für unerhebliche Abweichungen vom normalen Druck.

b) Meßmethoden

In der Praxis der Lebensmittelchemie werden im wesentlichen drei Methoden benutzt, von denen zwei „Auftriebsmethoden“ sind, nämlich die Aräometrie (Senkspindelmethode) und die (vereinfachte) Senkwaagenmethode, während die

dritte, die *Pyknometermethode*, eine feinere Wägemethode darstellt. Wir ordnen diese Methoden nach dem Grade ihrer Genauigkeit und beginnen mit der rohesten von ihnen.

a) *Aräometrie* (Senkspindelverfahren)

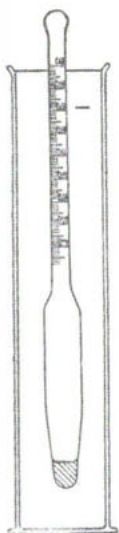


Abb. 1.
Aräometer
mit Tauch-
zylinder
(DIN 12 791
u. 12 680).

Ein *Aräometer* (Abb. 1) ist ein Hohlkörper aus Glas und besteht aus einem dickeren unteren Teil (dem Körper) und einem dünneren oberen Teil (dem Stengel). Es ist durch eine metallische Einlage so beschwert, daß es beim Einbringen in die zu untersuchende Flüssigkeit nur zum Teil untertaucht, nämlich so weit, daß sein Stengel noch zu einem gewissen Teile aus der Flüssigkeit herausragt, wenn das Aräometer „schwimmt“. Das Gesamtgewicht des Aräometers muß also kleiner sein als das Gewicht der von dem ganzen Aräometer verdrängten Flüssigkeit, d. h. letztere muß die höhere Dichte besitzen, wenn das Aräometer für sie verwendbar sein soll.

Der Stengel trägt eine Teilung, die auf empirischer Grundlage (Eichmessung) beruht und die Dichte der zu untersuchenden Flüssigkeit (innerhalb der Grenzwerte der Teilung) angibt. Je tiefer das Aräometer einsinkt, desto geringer ist die Flüssigkeitsdichte. Die Zahlenwerte der Teilung nehmen also von unten nach oben ab.

Je größer der Dichtebereich ist, für den ein Aräometer brauchbar sein soll, desto länger muß der Stengel, desto größer dann aber auch der ganze Apparat sein. Aräometer von handlicher Größe können daher große Dichteintervalle nur bei sehr bescheidener Genauigkeit bewältigen. Um die Meßgenauigkeit zu steigern, hilft man sich durch die Verwendung von Aräometer-Sätzen, in denen jedes Exemplar nur einen kleinen Dichtebereich umfaßt. Eine „Suchspindel“ dient zur ersten, orientierenden Dichtemessung. Sie hat einen großen Skalenbereich, aber dementsprechend geringe Genauigkeit.

Das Tauchgefäß soll, damit eine genügende Beweglichkeit der Senkspindel gewährleistet ist, mindestens doppelt so weit sein,

wie der Spindelkörper dick ist (Tauchzylinder). Man liest dicht über dem Flüssigkeitsspiegel (in horizontaler Richtung blickend) ab und nimmt den Schnitt der oberen Wulstrandebene mit der Stengelwand als Ablesekante. Oberer Wulstrand ist die Grenze der durch Kapillarkwirkung am Stengel emporkriechenden Flüssigkeit gegen die Luft. Diese Grenze bildet eine Ellipse¹⁾, deren Ebene den Stengel (rein geometrisch) schneidet. Wo dieser Schnitt die Stengelteilung trifft, liegt der abzulesende Skalenwert.

Die Meßgenauigkeit der Aräometer ist ziemlich eng begrenzt. Bei Geräten von handlicher Größe geht sie im allgemeinen nicht über die 3. Dezimale hinaus. Es kommt hinzu, daß die Kapillareigenschaften der Versuchsflüssigkeit einen Einfluß auf die Eintauchtiefe ausüben. Deswegen gilt die Instrumentskala streng genommen nur für Flüssigkeiten, deren Kapillarität derjenigen der Eichflüssigkeit gleich ist. Die hierin liegende Ungenauigkeit läßt sich beim Vorhandensein der nötigen Daten auswerten²⁾.

An Stelle einer Teilung nach Dichteeinheiten kann die Skala eines Aräometers auch eine Teilung nach abgeleiteten Größen tragen, z. B. nach Prozentgehalten eines bestimmten Stoffes oder dergl., die mit den Dichtewerten gesetzmäßig verknüpft sind. Solche Spezial-Aräometer sind z. B. der „Spiritusprober“ (Abb. 2), der „Berliner Polizeiprober“ (für Milch, Abb. 3) und das „Laktodensimeter“ (Abb. 4). Nähere Erläuterungen über den Gebrauch dieser Geräte siehe Seite 73.

Mit Rücksicht auf die Bedeutung der Temperatur für die Auswertung von Dichtemessungen gehört zur Aräometrie stets auch eine Temperaturmessung. Manchmal trägt das Aräometer selbst schon ein Thermometer in sich, wie in den Fällen der Abb. 2—4. Man mißt nach Möglichkeit bei der gleichen Temperatur, für die das Aräometer geeicht ist. Andernfalls sind Korrekturen an den gemessenen Werten anzubringen. (Reduktion auf Normaltemperatur). Letzterem

¹⁾ Der Stengel hat die Form eines etwas flachgedrückten Zylinders.

²⁾ Näheres im Normblatt DIN 12 791 (zu beziehen vom Beuth-Vertrieb, Berlin SW 68, Dresdener Straße 97).