

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène  
**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit  
**Band:** 56 (1965)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Messung von Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit durch Verpackungsmaterial und ganze Verpackungen  
**Autor:** Lyssy, G.H. / Mohler, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-982199>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Messung von Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit durch Verpackungsmaterial und ganze Verpackungen \*

Von G. H. Lyssy und H. Mohler

Physikalisch-chemisches Institut der Universität Basel

## 1. Einleitung

Die Verpackung von Konsumgütern, Verbrauchsgegenständen und Arzneimitteln ist mehr als eine bloße Umhüllung zum Zwecke des Angebotes der Ware in einer den Konsumenten ansprechenden Form. Mehr und mehr hat die Verpackung Schutz und Konservierung des verpackten Gutes zu übernehmen, erwartet doch der Konsument eine Ware konstanter Beschaffenheit.

Zum Zweck der Auswahl der geeigneten Verpackung müssen deshalb sowohl die Ware wie auch das Verpackungsmaterial und die fertige Verpackung inkl. Einfüllgut entsprechenden Prüfungen und Tests unterzogen werden.

Vor allem für die Konservierung der verpackten Güter ist dabei die Messung von Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit des Verpackungsmaterials und der verpackten Ware von ausschlaggebender Bedeutung. Nachfolgend sind einige Verfahren und insbesondere das isostatische Meßverfahren zur Prüfung von Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit wie auch geeignete Geräte und deren Anwendung beschrieben.

## 2. Pflichtenheft für Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeitsmessung

Ein Gerät zur Messung der Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit von Verpackungsmaterialien und ganzen Verpackungen sollte im wesentlichen folgenden Meßbedingungen genügen:

### a) *Reale Meßbedingungen des Prüfverfahrens:*

Die Meßbedingungen sollten im wesentlichen denjenigen Verhältnissen entsprechen, denen die Verpackung und das Verpackungsmaterial bei der Lagerung vor dem Verbrauch ausgesetzt sind. Dies sollte insbesondere hinsichtlich Druckdifferenz im Innern und Äußern der Verpackung, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit im Innern der Verpackung unter besonderer Berücksichtigung der Hygroskopizität des verpackten Gutes, der Sorptionsisotherme an Verpackungsmaterial und verpacktem Gut, ferner hinsichtlich der Nebenreaktionen im Lauf der Lagerung sowie der gewünschten Lagerzeit und natürlich eines vernünftigen

\* Vortrag gehalten am Symposium der Society of Chemical Industry / Food Group, London, 21. März 1965 in Bern.

Verhältnisses zwischen dem Wert des verpackten Gutes und dem Aufwand für die Verpackung geschehen.

b) *Genügend hohe Empfindlichkeit und gute Reproduzierbarkeit des Verfahrens:*

Da die meisten Erscheinungen der Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit langsam verlaufen, muß das Verfahren entsprechend empfindlich sein, um auch bei relativ dichten Verpackungsmaterialien eine Bestimmung der Durchlässigkeitswerte innerhalb vernünftiger Zeit zu gestatten. Dabei ist aber besonders zu beachten, daß die Erhöhung der Empfindlichkeit des Verfahrens nicht unter Preisgabe der realen Meßbedingungen oder irgendwelcher Meßbedingungen, die auch die Erhöhung der ungewünschten Nebeneinflüsse, z. B. Temperatureinflüsse, Druckeinflüsse, mit sich bringt, geschieht. Insbesondere sind bei der Beurteilung von Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit auch die unumgänglichen Streuungen beim Verpackungsmaterial selbst zu berücksichtigen.

c) *Zerstörungsfreie Prüfung:*

Für die Beurteilung von ganzen Verpackungen, insbesondere bei Lagerversuchen, ist es wesentlich, daß die Verpackung durch das Prüfverfahren nicht zerstört wird, d. h. daß die gleiche Verpackung mehrmals in Funktion der Lagerzeit geprüft werden kann.

d) *Einfache Apparatur, Eliminierung von äußeren Einflüssen, Registrierung der Resultate:*

Es ist erwünscht, daß ein Meßgerät eine einfache Handhabung aufweist und möglichst frei von äußeren Einflüssen hinsichtlich Temperatur und Druckschwankungen arbeitet. Dies kann durch Anwendung des Kompensationsprinzips verwirklicht werden. Ferner ist erwünscht, daß die Resultate registriert und für spätere Kontrollen aufbewahrt werden können. Es ist von Vorteil, wenn das gleiche Meßgerät für verschiedene Meßprobleme, z. B. gleichzeitig für die Messung der Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit, verwendet werden kann.

### **3. Prinzipielle Meßverfahren**

#### **3.1. Bisherige Verfahren**

Für die Wasserdampfdurchlässigkeitsmessung wurde bisher hauptsächlich das gravimetrische Meßverfahren angewandt (Abbildung 1). Das Verfahren beruht darauf, einen Prüfling als Begrenzungsfläche zwischen zwei Räumen unterschiedlicher relativer Feuchte zu legen, wobei einer den beiden Räume mit einem

## GRAVIMETRISCHE METHODE

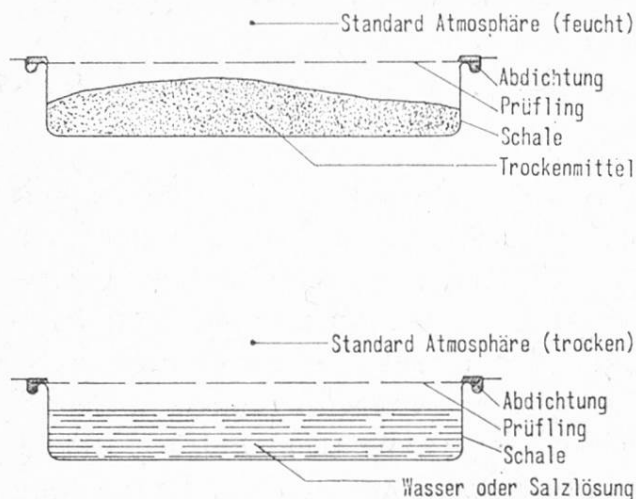


Abbildung 1. Gravimetrische Wasserdampfdurchlässigkeitsmessung.

Absorptionsmittel für Wasserdampf (z. B. Silikagel) oder einem Wasserdampferzeuger (z. B. einer gesättigten Salzlösung oder Schwefelsäure bestimmter, bekannter Konzentration).

Das Verfahren hat den Vorteil, daß es weitverbreitet und relativ einfach in der Handhabung ist, obwohl es einen großen Arbeitsaufwand und vor allem einen großen Zeitbedarf erfordert, so daß es zur Produktionskontrolle wohl kaum geeignet ist.

Zudem ist zu bedenken, daß hinsichtlich der Wägefehler (einige mg oder Bruchteile davon Gewichtszunahme auf 100 g Tara) der Methode eine untere Grenze von  $\text{ca. } 2 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$  Wasserdampfdurchlässigkeit gesetzt ist, wenn die Interpretierung zuverlässig erfolgen soll.

Für die Messung der Gasdurchlässigkeit durch Verpackungsmaterialien wurden bisher hauptsächlich manometrische und volumetrische Methoden angewandt.

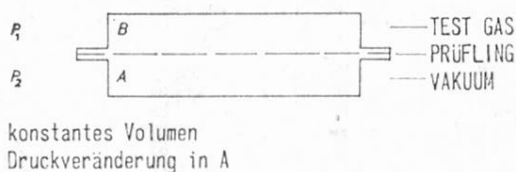
Währenddem die manometrische Methode in bezug auf die realen Meßbedingungen insofern versagt, als eine Druckdifferenz wie sie in Wirklichkeit am Verpackungsmaterial niemals herrscht, angelegt werden muß, um ein Meßresultat zu erhalten, ist die volumetrische Methode meist auf äußere Druckeinflüsse (Luftdruckschwankungen, Laboratoriumsventilation, Öffnen der Laboratoriumstür) anfällig.

Versuche mit der manometrischen Meßmethodik haben zudem gezeigt, daß bei plastischen Materialien (z. B. Kunststoffen) den Randfehlern der Prüflinge zu wenig Beachtung geschenkt wird. Manometrische Apparate werden meist vor Gebrauch mit einer Metallfolie auf Dichtigkeit geprüft, währenddem in Wirklichkeit die Kunststoff-Folie ganz andere Elastizitätseigenschaften gegenüber der Dichtung aufweist und unter dem Anpreßdruck gegen die Dichtung sich so verformt, daß eine gute Dichtung nicht mehr gewährleistet ist. Dies führt häufig zu Fehlinterpretationen, insbesondere in niedrigen Meßbereichen, wo die auftretenden Fehler in der Größenordnung der erwarteten Durchlässigkeitswerte liegen.

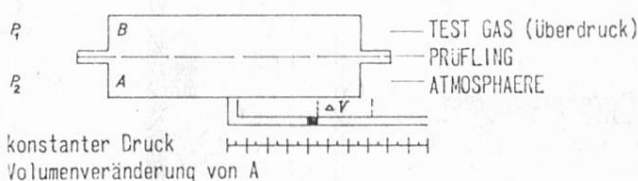


Für eine einwandfreie Messung unter realen Verhältnissen dürfte deshalb wohl eher das isostatische Meßverfahren in Frage kommen. Dieses Verfahren beruht darauf, die Testkomponente durch einen Detektor auf Grund einer ihrer physikalischen Eigenschaften zu erfassen. Als physikalische Eigenschaften kommen z. B. Absorptionsspektren, Dipoleigenschaften sowie die Veränderung der thermischen Leitfähigkeit in Mischung mit einem anderen Gas (Referenzgas) in Frage. Die drei letztgenannten Meßverfahren für Gasdurchlässigkeit sind nachfolgend näher erläutert (Abbildung 2).

### MANOMETRISCHE METHODE



### VOLUMETRISCHE METHODE



### ISOSTATISCHE METHODE

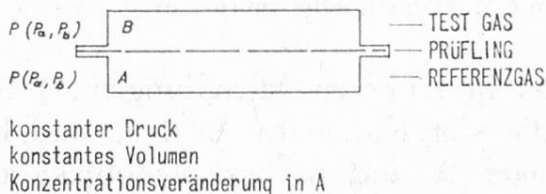


Abbildung 2. Methoden für Gasdurchlässigkeitsmessung.

### 3.2. Das isostatische Meßverfahren

Das isostatische Meßverfahren kommt den realen Bedingungen insofern nahe, als der Prüfling den gleichen Druck- und Temperaturbedingungen ausgesetzt werden kann, wie sie in der fertigen Verpackung vorhanden sind. Dabei können z. B. bei der Verwendung von Wärmeleitfähigkeitsdetektoren relativ kleine Mengen eines Testgases in einem Referenzgas festgestellt werden, vorausgesetzt, daß die spezifische Wärmeleitfähigkeit der beiden Gase relativ stark verschieden ist. Dieses Phänomen wird z. B. in der Gaschromatographie zur Detektion von Komponenten ausgenutzt. Währenddem in der Gaschromatographie die Komponente durch einen Trägergasstrom ständig verdünnt und damit die Empfindlichkeit des Verfahrens stark herabgesetzt wird, ist es möglich, eine statische Anordnung einer Meßkammer zu treffen, bei welcher eine Verdünnung der ohne-

hin nur in geringen Konzentrationen vorhandenen Testgaskomponente vermieden werden kann.

Eine solche Anordnung ist in der nachfolgenden schematischen Darstellung abgebildet (Abbildung 3).

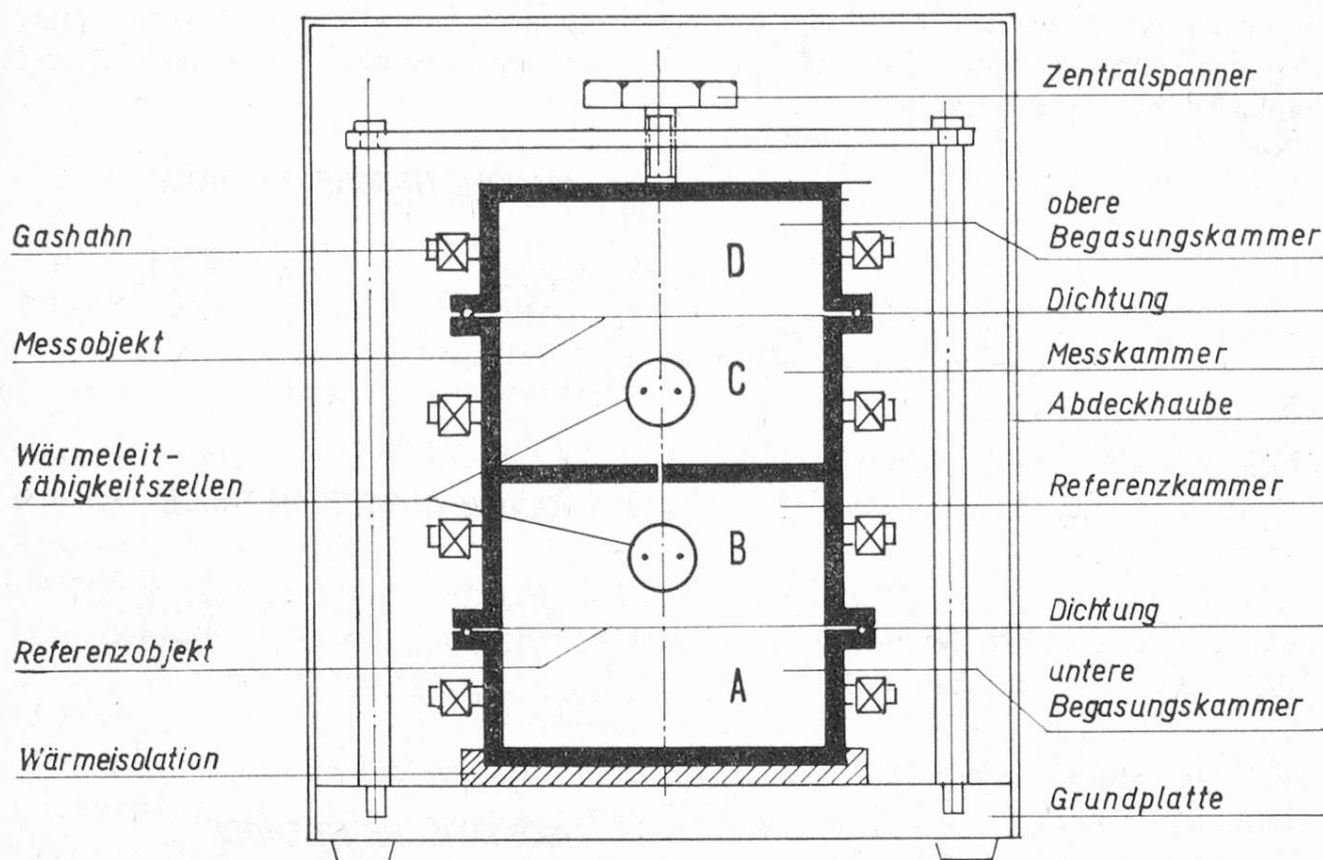


Abbildung 3. Prinzipielle Anordnung der Meßkammer.

Das in früheren Mitteilungen (\*) beschriebene Meßgerät (Abbildung 3) besitzt die vier Kammern A, B, C und D. Das Referenzobjekt wird zwischen die Kammern A und B, das Meßobjekt zwischen die Kammern C und D gelegt. Als Referenzgas dient Helium. Für Absolutmessungen wird die untere Begasungskammer A gegen die untere Meßkammer B durch eine undurchlässige Folie abgeschlossen. Der Prüfling wird zwischen die obere Meßkammer C und die obere Begasungskammer D eingesetzt. Zur Messung werden die beiden Meßkammern B und C mit Helium begast, während die Kammer D mit dem Gas, dessen Durchtritt bestimmt werden soll, gegen den Luftdruck gespült wird. Die durchtretenden Mengen des zu messenden Gases rufen eine Änderung der Wärmeleitfähigkeit in der Meßkammer hervor, welche zu einer bestimmten Asymmetriespannung in der Meßbrücke führt. Um Druckunterschiede, die beim Begasen oder durch einseitigen Durchtritt eines Gases entstehen können, auszugleichen, wurde der Metallboden zwischen den Meßkammern B und C mit einer sehr feinen Bohrung versehen.

\*) Tara 172 (1963) Seite A 585; Tara 181 (1964) Seite A 474.

Mit Hilfe dieses Gerätes ist es möglich, die Durchlässigkeit von Verpackungsmaterialien für Gase und Wasserdampf bis zu einem unteren Bereich von  $0,1 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$  für Wasserdampf bzw. von  $5 \text{ ml/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$  für irgendwelche Gase im Bereich einer Wärmeleitfähigkeit vergleichbar derjenigen von Sauerstoff oder schlechter zu bestimmen.

Das Resultat fällt in Form einer auf dem Registrierstreifen aufgezeichneten Geraden mehr oder weniger hoher Steilheit an und kann mit Hilfe z. B. von Vergleichsdiagrammen (siehe Abbildung 4a und b) aus dem Registrierstreifen herausgelesen werden. Dabei ist zu beachten, daß für jede Kombination von Meßbedingungen eine spezifische Eichung gilt.

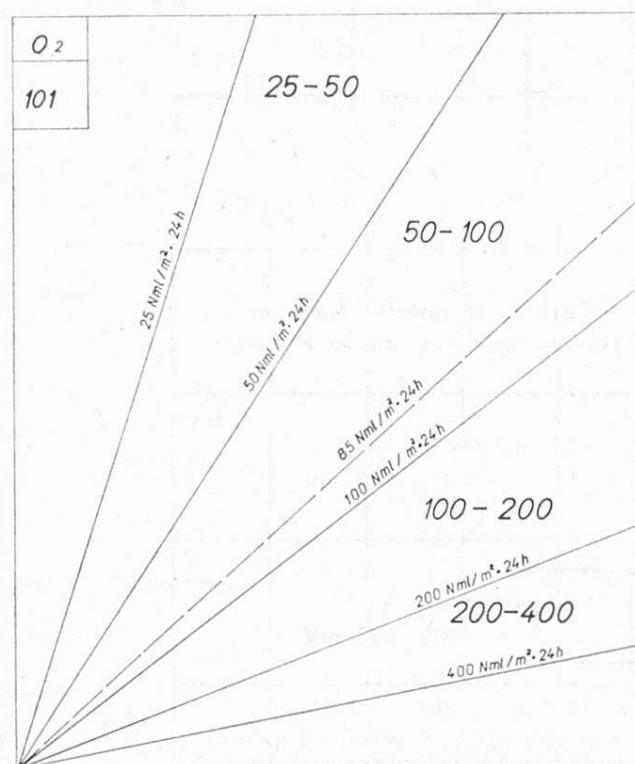


Abbildung 4a. Sektorendiagramm zur Auswertung.

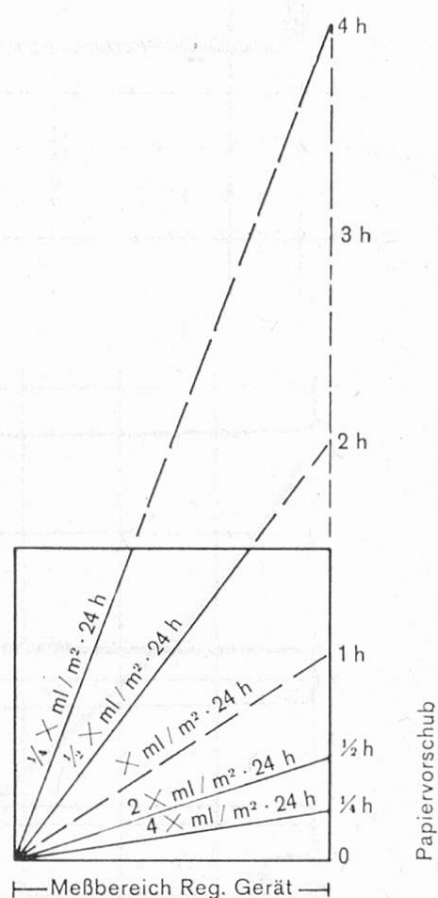


Abbildung 4b. Auswerte-Diagramm.

### 3.3. Eichung

Die Eichung des Gerätes erfolgt mit Hilfe eines Testgases, das man sich aus einer Mischung des Referenzgases mit ca. 5 % des Testgases zubereitet und vorgängig gaschromatographisch analysiert. Bei der Analyse wird man mit Vorteil Luft als «inneren Standard» verwenden und die Peakhöhe des Sauerstoffpeaks der Luftanalyse gegen den Sauerstoffpeak des Testgases vergleichen.

In der nachfolgenden Abbildung sind die Resultate dieser Analyse sowie der Eichoperation wiedergegeben.

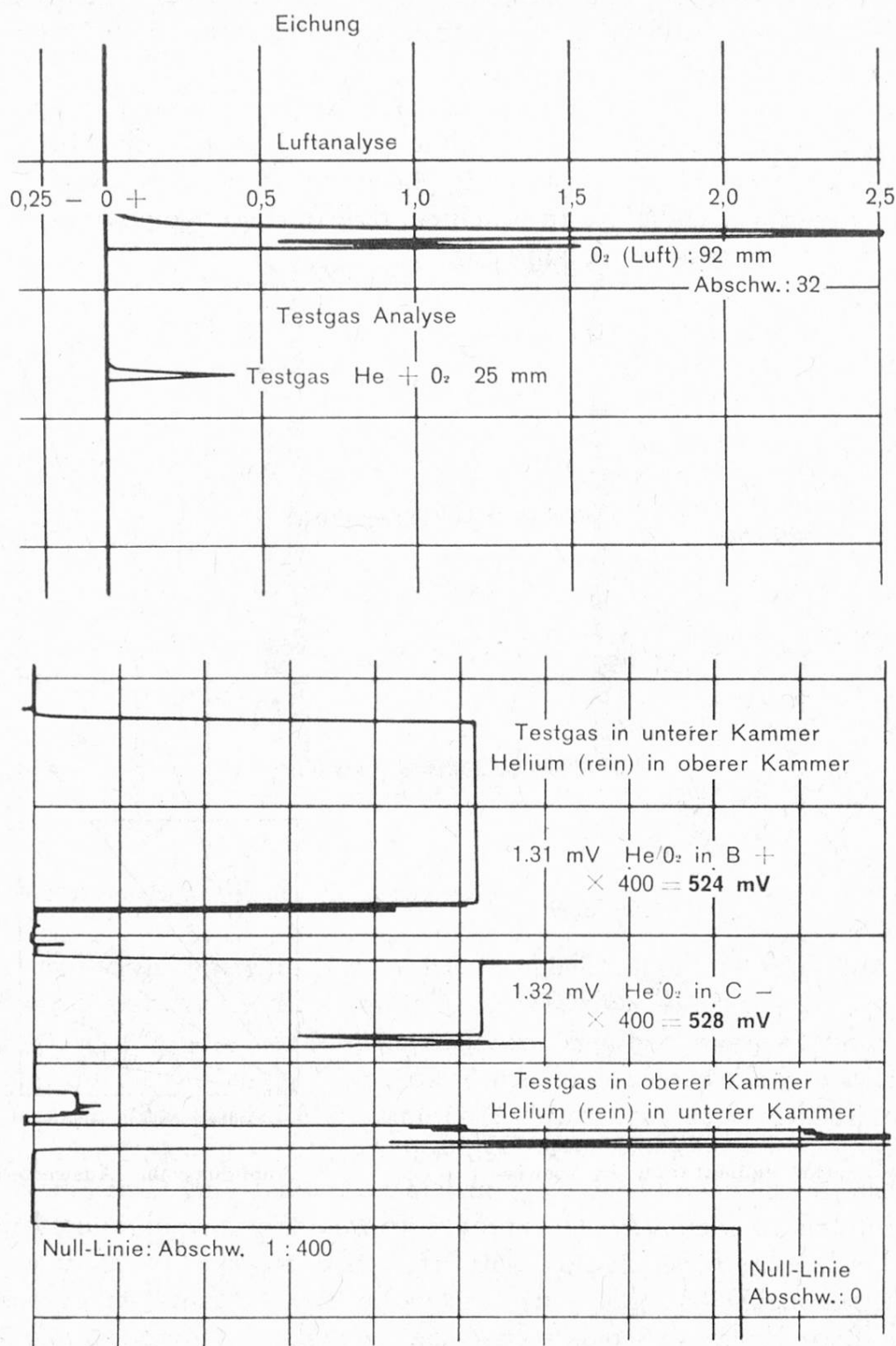


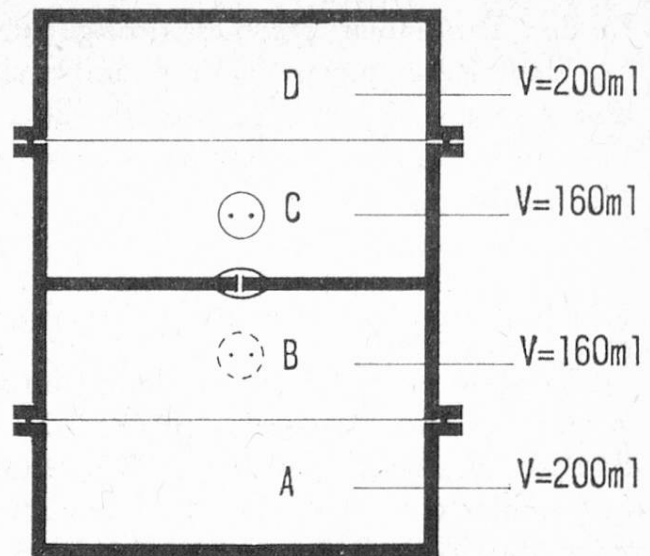
Abbildung 5. Eichdiagramm.

Die Eichoperationen sind in der nachfolgenden schematischen Darstellung aufgeführt.



Abbildung 6. Absoluteichung mit Testgasen.

1. Kammern B und C mit reinem Helium füllen.
2. Thermisches Gleichgewicht abwarten.
3. Brücke mit geeigneter Abschwächung ins Gleichgewicht setzen.
4. Position (Nulllinie) festhalten.
5. B mit Helium, C mit Testgas füllen.
6. Thermisches Gleichgewicht abwarten.
7. Brückenspannung schreiben oder ablesen.
8. Evtl. Wiederholung unter Vertauschen von B und C.
9. Differenzsignal verwerten (Berechnung - Diagramm).



Die Veränderung der Wärmeleitfähigkeit einer Gasmischung, bestehend aus dem Referenzgas, verunreinigt durch eine Spur des Testgases, wie dies bei Messungen in der Meßkammer der Fall ist, darf als praktisch linear angesehen werden.

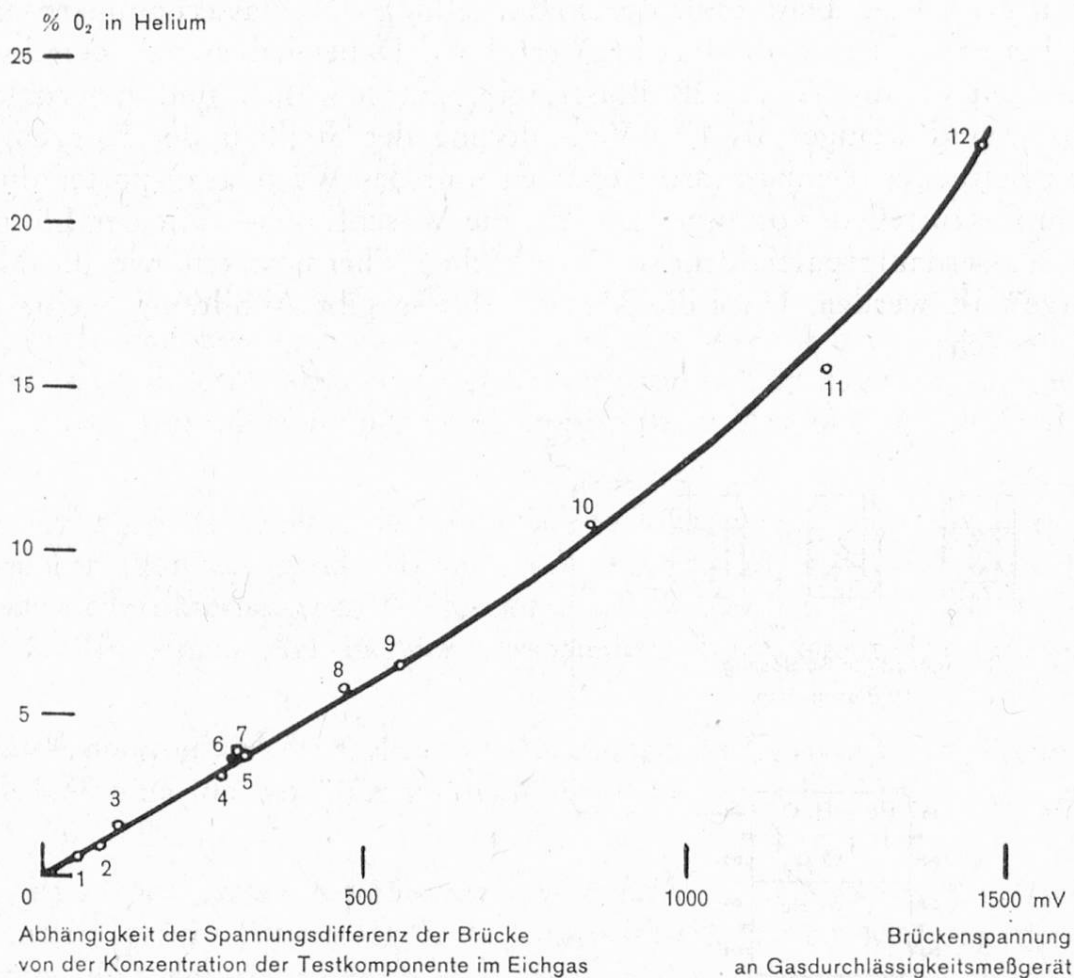


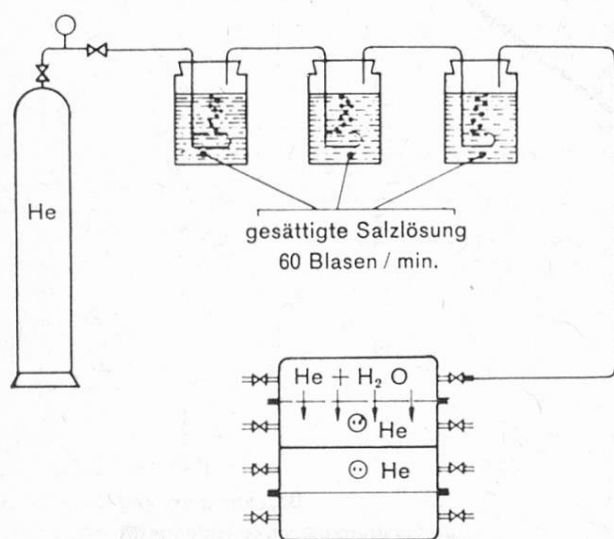
Abbildung 7. Veränderung der Wärmeleitfähigkeit des Gasgemisches.

In der Tat haben Wärmeleitfähigkeitsmessungen mit Gasmischungen, bestehend aus dem Referenzgas Helium und steigenden Zusätzen von Sauerstoff, gezeigt, daß bis ca. 8 % Sauerstoffzusatz die Linearität der Wärmeleitfähigkeitsveränderung innerhalb der Genauigkeit des Meßverfahrens hinreichend gewährleistet ist (Abbildung 7).

### 3.4. Wasserdampfdurchlässigkeitsmessung und Eichung

Zur Messung der Wasserdampfdurchlässigkeit wird das Referenzgas als Trägergas für den Wasserdampf benützt und in einer Lösung konstanten Wasserdampfpartialdrucks gesättigt. Währenddem bei der Messung der Gasdurchlässigkeit immer eine Diffusion des Referenzgases aus dem Meßraum C auftritt, wobei zwar durch die Bohrung zwischen den Räumen B und C der Druck ausgeglichen und somit eine Verschiebung der Brückenspannung vermieden wird, tritt diese Erscheinung bei der Wasserdampfdurchlässigkeitsmessung nicht auf.

Dafür ist zu beachten, daß die Wasserdampfreserve im Begasungsraum D, insbesondere bei relativ durchlässigen Prüflingen, nicht genügend groß ist, um ein konstantes Potential zwischen den Räumen C und D zu gewährleisten. Es wird deshalb für Wasserdampfdurchlässigkeitsmessungen mit Vorteil im Durchströmverfahren gearbeitet. Dies kann durch Einstellung des Wasserdampfstroms (Zählen der Blasen in den Waschflaschen) erfolgen. Dabei haben sich Durchströmgeschwindigkeiten von 30 ... 120 Blasen/min. gut bewährt, und innerhalb dieser Toleranzen sind weniger als 1 % Veränderung der Steilheit der Kurvenfunktion zufolge eventueller Temperaturdifferenzen und des Wärmetransportes durch den Gasstrom festzustellen, vorausgesetzt daß die Waschflaschen mit der Lösung konstanten Wasserdampfpartialdruckes im gleichen Thermostaten wie die Meßkammer aufgestellt werden. Über die Meßanordnung gibt Abbildung 8 eine schematische Übersicht.



Wasserdampfdurchlässigkeits-Messung

Abbildung 8. Meßanordnung für Wasserdampfdurchlässigkeit.

#### 4. Messung des Gasaustausches durch ganze Verpackungen

Währenddem die Wahl des geeigneten Verpackungsmaterials für die Verpackung wohl ausschlaggebende Bedeutung hat, ist dieser Faktor nicht der einzige, welcher die Eigenschaften der fertigen Verpackung bestimmt. So kann ein ausgezeichnetes Verpackungsmaterial zufolge Versagen der Verschlusmaschinen entwertet werden, indem durch undichte Siegelnähte der schädliche Gasaustausch erfolgen kann. Auch können Verpackungsmaterialien, welche bei der Prüfung in der Folienform ausgezeichnete Eigenschaften aufweisen, zufolge mangelnder Knick- oder Falzstabilität für verschiedene Probleme ungeeignet sein.

Welche Testmethoden für die Beurteilung der Verpackung ausschlaggebend sind, wird unter Berücksichtigung des zu verpackenden Gutes und der äußeren Form der Verpackung sowie der gestellten mechanischen und Lagerfähigkeitsanforderungen beurteilt werden müssen.

##### 4.1. Bisherige Methoden

Am häufigsten wurden für die Beurteilung fertiger Packungen folgende Methoden angewandt:

a) Lagerungsversuche mit visueller Beurteilung und Messung der Veränderung des Gasvolumens;

b) Reihenversuche mit Serien möglichst gleicher Packungen, wobei jeweils nach bestimmten Zeitabständen eine Gasprobe aus einer Packung der Serie entnommen und analysiert wird. Dabei kommen beispielsweise folgende Analysemethoden in Frage:

1. *Absorptionsanalyse*: Je nach Art der zu prüfenden Gase können dabei volumetrische, manometrische oder gravimetrische Methoden angewandt werden. Gewisse Gase (z. B.  $\text{CO}_2$ ) können durch Absorption in Lösungen mit konduktometrischer Konzentrationsbestimmung auf empfindliche Art und Weise erfaßt werden.

2. *Spektroskopische Methoden*: Sehr kleine Mengen von verschiedenen Gasen können spektroskopisch durch Messung der Absorption von Licht einer für die Komponente charakteristischen Wellenlänge erfaßt werden. Die Methode hat den Vorteil, daß in einem Arbeitsgang verschiedene Komponenten erfaßt werden können.

3. *Gaschromatographische Analyse*: Durch geeignete Wahl der Trennsäulen, eventuell Kombination von Trennsäulen, wird der gleiche Effekt wie unter 2 erreicht.

4. *Analyse spezifischer Komponenten mit dazu speziell geeigneten Methoden*: Für die Analyse von Sauerstoff kann beispielsweise durch Messung der Paramagnetismus und polarographisch eine sehr empfindliche Analyse durchgeführt werden.

Währenddem die Analyse bei geeigneter Wahl der Methodik insbesondere nach den Methodiken b2, b3 und b4, sehr gut durchzuführen ist, sind bei allen diesen Verfahren folgende zwei Einwände zu erheben:

1. *Probenahme*: Die Probenahme und insbesondere das Verbringen der Probe von der zu prüfenden Packung zur Analysenapparatur stellen eine Fehlerquelle dar.

2. *Serienversuche über längere Zeit*: Da jede Packung durch die Probenahme verletzt werden muß, sind Serienversuche über längere Zeit kaum möglich. Meist kann der Gasaustausch an ein und derselben Packung nicht beobachtet werden. Jede Packung stellt aber eine statistische Einheit mit ganz bestimmten individuellen Fehlerquellen dar, und die kontinuierliche Analyse des Gasaustausches einer statistisch genügend großen Anzahl solcher Einheiten dürfte für den praktischen Versuch von Interesse sein.

#### 4.2. Das isostatische Verfahren

Eine zerstörungsfreie Methode für verschlossene Packungen, welche die Unzulänglichkeiten der bisherigen Methoden weitgehend vermeidet und trotzdem mehr oder weniger realen Meßbedingungen entspricht, wurde vom isostatischen Verfahren abgeleitet.

Das Verfahren beruht darauf, den Prüfling, welcher z. B. eine verschweißte Kunststoffpackung mit Inhalt; eine Flasche mit aufgesetzter Verschlusskapsel, ein zugeklebter, verschweißter oder gefalteter Beutel sein kann, in einen abgeschlossenen Raum zu bringen und diesen abgeschlossenen Raum sowie einen Referenzraum in gut wärmeleitendem Kontakt mit erstgenanntem Raum mit einem Referenzgas, z. B. Helium, zu füllen. In die beiden Räume wird nun je ein Wärmeleitfähigkeitsdetektor gebracht, und die beiden Wärmeleitfähigkeitsdetektoren zu einer Kompensationsbrückenschaltung zusammengeschlossen (Abbildung 9).

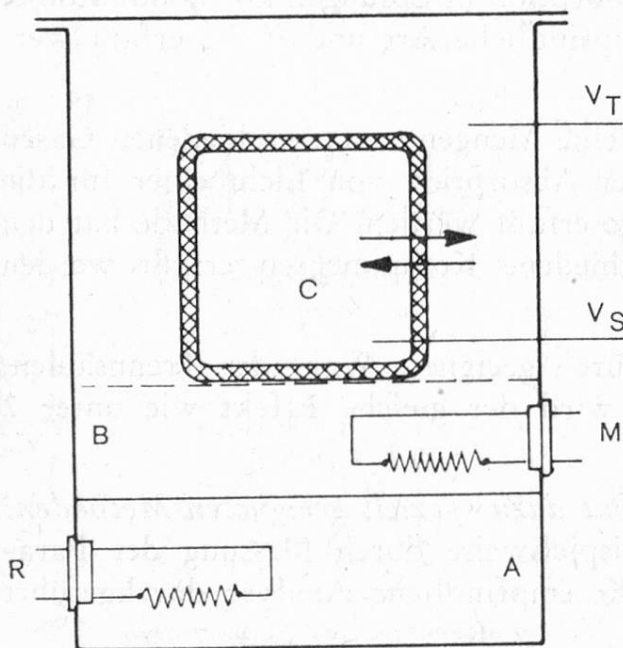


Abbildung 9. Prinzipielle Meßanordnung für Verpackungen.  
A: Referenzkammer  
B: Meßkammer  
C: Prüfling  
Meßkammer für Packungen.



Zu Beginn des Experimentes wird diese Brückenschaltung ins elektrische Gleichgewicht gebracht. Falls ein Gasaustausch der Verpackung mit ihrer Umgebung stattfindet, wird er eine Verminderung der Wärmeleitfähigkeit im Meßraum hervorrufen, und durch Verfolgung des Brückensignals in Funktion der Zeit kann der Gasaustausch der Verpackung mit dem Meßraum zum mindesten qualitativ, unter gewissen Voraussetzungen aber auch quantitativ, bestimmt werden.

#### 4.3. Auswertung der Versuche

Für die Eichung der Meßkammer wird das gleiche Verfahren wie für die Eichung bei der Prüfung des Verpackungsmaterials angewandt. Dabei ist allerdings dem Verhältnis zwischen dem Volumen der Meßkammer und dem Volumen des Verpackungsmaterials Rechnung zu tragen und nach Möglichkeit die Größe der Meßkammer so zu wählen, daß eine gute Umspülung der Verpackung zwar gewährleistet ist, aber daß abgesehen davon das «tote» Volumen der Meßkammer möglichst gering bleibt. Es wurden deshalb eine Reihe von Meßkammern mit verschiedenen auswechselbaren Einsätzen zur Veränderung des Volumens in Höhe und Breite konstruiert.

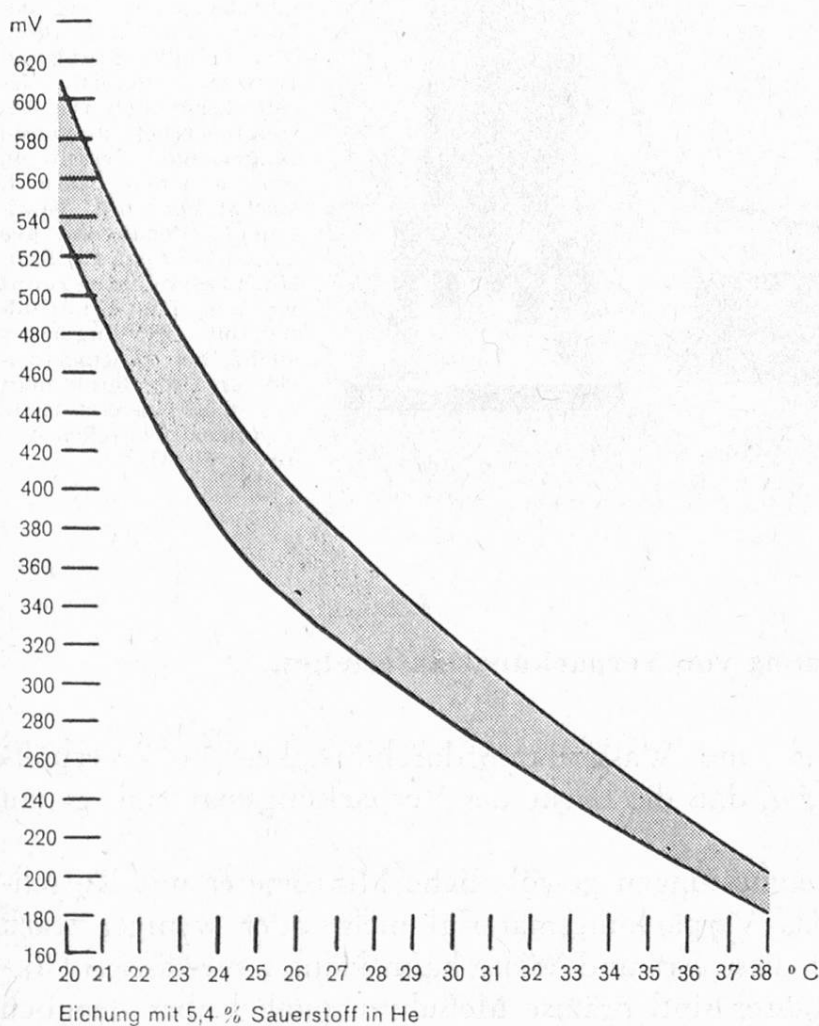


Abbildung 10. Brückenspannung in Funktion der Temperatur für ein Eichgas. Abnahme der Asymmetriespannung bei steigender Temperatur.

In Abbildung 10 ist die Veränderung der Brückenspannung in Funktion der Temperatur für ein und dieselbe Konzentration eines Testgases (5,4 % Sauerstoff in Helium) angegeben. Auf Grund dieser Funktion kann für irgendwelche Temperaturen im Bereich von 20 ... 38 ° C das zu erwartende Brückensignal pro Volumeneinheit Testgas im Referenzgas herausgelesen werden.

Nach Subtraktion des durch die Verpackung eingenommenen Volumens kann auf den Gasdurchtritt durch die verschlossene Verpackung, welcher zur Verunreinigung des Außenvolumens an Referenzgas führt, geschlossen werden.

Wird die Durchmischung des Gases durch die Verpackung nicht behindert und ist die Verpackung nicht in wärmeleitendem Kontakt mit den Wänden und insbesondere der Meßzelle, so kann die Auswertung quantitativ erfolgen. Die Unterbindung des wärmeleitenden Kontakts kann auch durch Isolation der Packung von den Wänden der Meßkammer und von der Zelle erreicht werden.

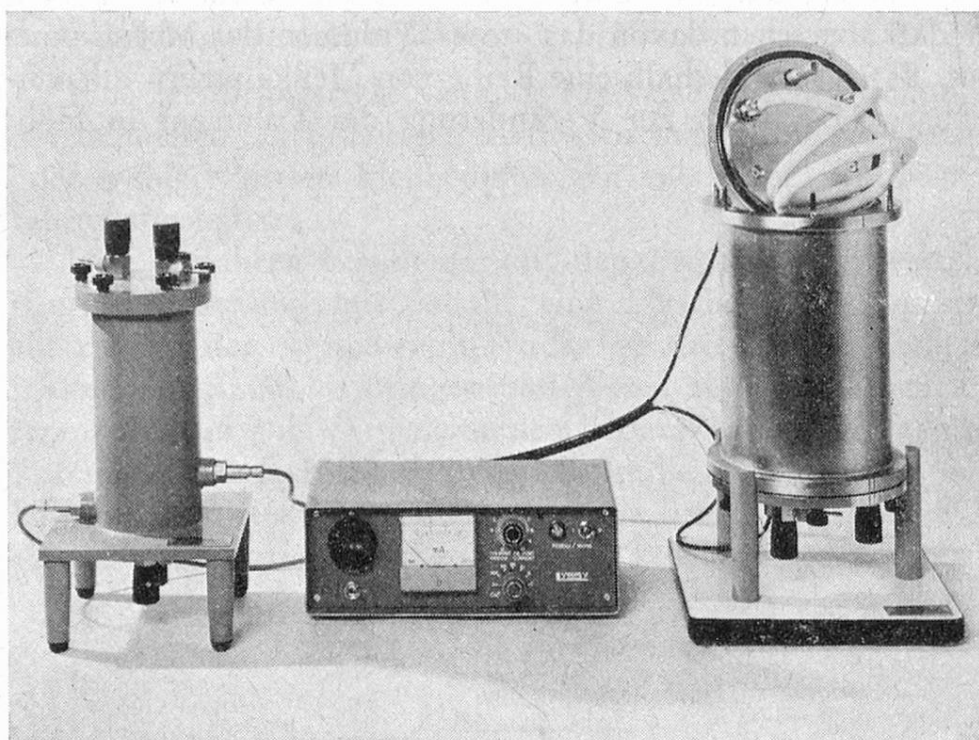


Abbildung 11. Isostatisches Gasdurchlässigkeitsmeßgerät zur Messung des Gasaustausches ganzer Verpackungen, z. B. verschweißter Beutel, Kunststoffpackungen und -Flaschen, Verschlusskapseln von Glasflaschen, Schläuchen, Dichtigkeitsprüfung von Batterien, etc. Das Gerät eignet sich für Serienuntersuchungen und langzeitige Prüfungen am gleichen Objekt. Leckstellen mit wenigen  $\mu\text{l}$  Gasabgabe pro Stunde können für Routinemessungen erkannt werden. Die Empfindlichkeit für Lagerversuche bei thermostatisierter Umgebung liegt bei 10  $\mu\text{l}$  Gasaustausch. Temperaturbereich: 10 ... 60 ° C.

## 5. Dickenmessung von Verpackungsmaterialien

Für den Vergleich der Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit von Verpackungsmaterialien ist es notwendig, daß die Dicke des Verpackungsmaterials genau bekannt ist.

Meist werden für die Dickenmessungen gewöhnliche Mikrometer mit Rutschkupplung verwendet, wobei das Verpackungsmaterial mehr oder weniger stark zusammengequetscht wird. Auf diese Art und Weise kann keine zuverlässige Dickenmessung erreicht werden. Besser sind präzise Meßuhren, wobei aber dennoch

vom Fühler eine gewisse Kraft, die meist über der Elastizitätsgrenze des Verpackungsmaterials liegt, ausgeübt wird. Diese Nachteile werden durch das nachfolgend beschriebene mechanische Dickenmeßgerät für Folien beseitigt.

Der Fühler der Meßuhr ist durch zwei gegengleich entlastete Federn so aufgehängt, daß er praktisch im Gleichgewicht ist.

Durch die aufgelegten Gewichte, welche den Anpreßdruck des Fühlers bestimmen und innerhalb der Elastizitätsgrenze des zu messenden Materials liegen sollen, so daß keine bleibende Verformung durch den Tastkopf eintreten kann, können Dickenwerte unter verschiedenen genau bekannten Kräften auf dem Tastkopf bestimmt und mittels eines mechanischen Rechengerätes auf die «wahre» Dicke unter einer Kraftbelastung Null umgerechnet werden.

In Abbildung 12 sind die gemessenen Dickenwerte in Funktion des Anpreßdrucks des Fühlers aufgetragen und auf eine Kraftbelastung Null extrapoliert. Je nach der Elastizitätskonstante des Materials resultieren auf diese Weise gemessene Dicken, die bis 20 % von den Werten, gemessen mit einem konventionellen Mikrometer, abweichen können.

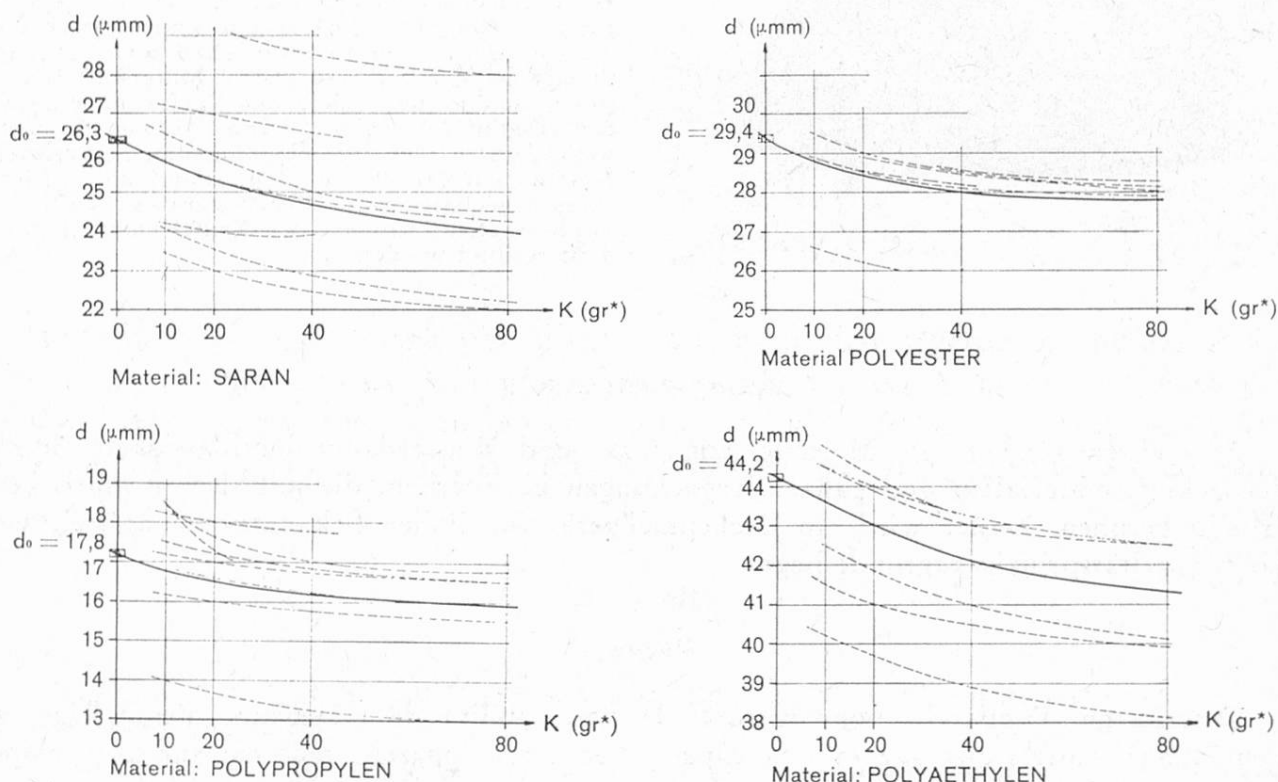


Abbildung 12. Dickenmessungen von Kunststoffolien.



In Abbildung 13 ist das Dickenmeßgerät für Folien dargestellt.

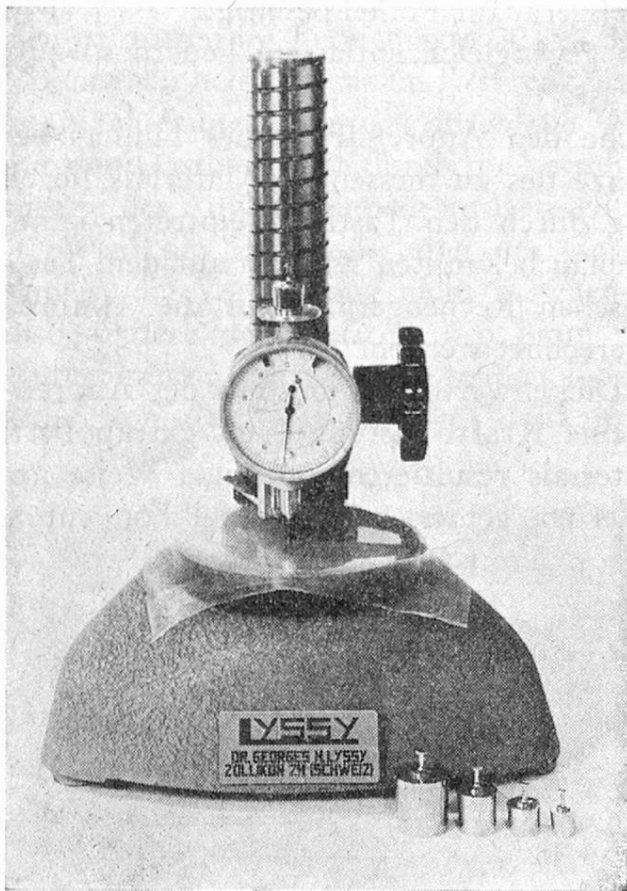


Abbildung 13. Mechanisches Dickenmeßgerät für Folien. Der Fühler der Meßuhr ist durch zwei gegengleich entlastete Federn so aufgehängt, daß er praktisch im Gleichgewicht ist. Durch die aufgelegten Gewichte, welche den Anpreßdruck des Fühlers bestimmen und innerhalb der Elastizitätsgrenze des zu messenden Materials liegen sollen, so daß keine bleibende Verformung durch den Tastkopf eintreten kann, können Dickenwerte unter verschiedenen, genau bekannten Kräften auf dem Tastkopf bestimmt und mittels eines mechanischen Rechengerätes auf die «wahre» Dicke unter einer Kraftbelastung Null umgerechnet werden.

### *Zusammenfassung*

Es werden Geräte zur Messung von Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit durch Verpackungsmaterialien und ganze Verpackungen beschrieben, die auf dem isostatischen Prinzip beruhen. Ferner wird ein Dickenmeßgerät für Folien bekanntgegeben, welchem das Elastizitätsprinzip zugrunde liegt.

### *Résumé*

Description d'appareils pour mesurer la perméabilité de matériaux d'emballage et d'emballages entiers aux gaz et à la vapeur d'eau; ces appareils reposent sur le principe isostatique.

Description d'un appareil permettant de mesurer l'épaisseur des feuilles, appareil basé sur le principe de l'élasticité.

### *Summary*

Description of apparatus for measuring the permeability of packaging materials and of whole packages to gases and to water vapour, based on the isostatic principle.

Also description of an apparatus for measuring the thickness of packaging materials, based on the principle of elasticity.