

In Britisch-West- und Ostafrika, wo die Baumwollkulturen von den Engländern gepflegt wurden, konnten im Jahre 1917 nur etwa 13—15 000 t Baumwolle gewonnen werden, was als Beweis dafür gelten kann, daß die Kultivierung in den afrikanischen Ländern durchaus nicht so leicht geht, wie dies vielfach angenommen wird.

In Wolle und Seide ist die Erzeugung eher zurückgegangen und es ist auch kaum anzunehmen, daß die Gewinnung dieser Fasern bald zunehmen wird.

Die Welterzeugung an Rohwolle 1913 betrug 1 388 000 t; die Welterzeugung an Rohseide 1913 betrug 71 000 t.

Die Erzeugung von Flachs ist in Deutschland während des Krieges etwas gestiegen, aber da Rußland das Haupterzeugungsland für Flachs ist, kann hier vorläufig mit einer Steigerung nicht gerechnet werden.

Es ist wohl anzunehmen, daß es England, Frankreich, Rußland und Amerika mit ihren zahlreichen Kolonien und großen Bodenflächen gelingen wird, die Gewinnung von Textilfasern noch zu steigern, aber alle diese Mengen werden nicht viel ausmachen, da zu berücksichtigen ist, daß beispielsweise der Verbrauch an Baumwolle im Jahre 1913 5 800 000 t betrug und nach den oben dargelegten Verhältnissen in 10—15 Jahren ganz gut auf das Doppelte steigen kann.

Deutschland ohne Kolonien und ohne Überfluß an Bodenfläche kann nur der Aufgabe zustreben, diesen Mangel an Naturkräften soweit als möglich durch geistige Arbeitskräfte zu ersetzen.

Ob es nun gelingen wird, Textilfasern im Inlande auf natürlichem Wege zu gewinnen, kann vorläufig noch sehr in Frage gestellt werden, aber das Studium und die Erforschung dieses Gebietes ist in allen Fällen erforderlich, schon weil uns dies auf die Hauptaufgabe, die Herstellung der Fasern auf technischem Wege, überleiten kann.

Ich glaube sicher, daß dieses das wichtigste und wahrscheinlich auch lohnendste Problem der nächsten Zukunft sein wird und daß es deshalb die Aufgabe der Hochschulen sein muß, das Studium dieser Frage zu fördern.

Wir dürfen uns dabei durch einen Anfangsmißerfolg, wie wir ihn mehr oder minder bei den Papiergarnen zu verzeichnen haben, durchaus nicht abschrecken lassen. Vielleicht ist der geringe Erfolg auch darauf zurückzuführen, daß bei der Herstellung der Papiergarne mehr die mechanische als die chemische Bearbeitung vorwaltend war.

Dahingegen können wir auf die größeren Erfolge bei der Kunstseide und der Stapelfaser verweisen, denn es ist fraglos, daß diese trotz der noch bestehenden kleinen Mängel eine außerordentlich starke Ausdehnung erlangen werden.

Während es sich bei dem erstbesprochenen Gebiet, der Chemie der Textilfasern, mehr um Forschungsaufgaben handelt, sind beim zweiten Gebiete, der Chemie der Textilveredelung, mehr chemisch-technische Aufgaben vorwaltend.

Das Lehrgebiet umfaßt die ganze Weiterverarbeitung der Fasern und Gewebe; die Chemie der Textilveredelung wird ein großes Gewicht auf die richtige Verwendung der Fasern, auf die beste Art ihrer Veredelung und besonders auch auf die Möglichkeit ihrer späteren Rückgewinnung legen müssen. Die Rückgewinnung der Fasern wird in den nächsten Jahren überhaupt eine viel größere Rolle als bisher spielen.

Die heutigen Methoden des Bäuehens, Bleichens, Färbens, Druckens und der Appretur werden einer entsprechenden Überprüfung zu unterziehen sein, denn wenn auch die bisherige Arbeitsweise nicht getadelt werden soll, so stehen wir doch neuen Verhältnissen gegenüber, die es zur Aufgabe machen, mit dem geringsten Aufwand an Arbeitskraft, Materialien und Kohlenverbrauch den höchsten Effekt zu erzielen. Dies kann nur erreicht werden, wenn Hilfskräfte, die eine entsprechende Vorbildung auf technischem wie chemischem Gebiete besitzen, zur Verfügung stehen.

Ein weiter vorwaltendes Moment ist, daß die Ausfuhr der Textilindustrie Deutschlands direkt davon abhängig sein wird, was sie in Qualitätswaren und besonders in Spezialartikeln herstellen kann.

Auch bisher schon war das letztere ein Hauptvorzug der deutschen Textilindustrie, die durch einzelne Erfindungen, wie z. B. das Mercerisieren von Thomas und Prevost, die Diamantschwarzherstellung von Hermendorf, und vielen sonstigen, die nicht alle hier aufzuzählen sind, unterstützt wurde.

Ein großer Teil der Erfindungen und Verbesserungen in der Textilindustrie war bis jetzt meist eingehendem, empirischem Denken hervorragender Praktiker zu verdanken. Hoffentlich bleibt uns diese Stärke auch weiterhin gewahrt, aber es liegt in der Natur der Sache,

daß wir uns auf diese allein nicht verlassen dürfen, sondern durch ein eingehendes Studium und Erforschen des Gebietes die Textilindustrie unterstützen sollten.

Der Gedanke ist naheliegend, daß wir nur durch Einschaltung neuer Kräfte die Überlegenheit der deutschen Textilindustrie bewahren können.

Ich glaube, daß auch ein großer Teil der Textilindustriellen die Verhältnisse ähnlich beurteilt und daß es wahrscheinlich diesem Umstande zuzuschreiben ist, daß sie auf die Errichtung der verschiedenen Forschungsinstitute ein so großes Gewicht legen.

Aber so hoch wir auch die Wirkung der Forschungsinstitute einschätzen, wäre es doch kaum gerechtfertigt, von diesen allein alles zu erwarten. — Die technischen Erfindungen und Neuerungen entstammen fast stets den Einzelbetrieben der Industrie. Hierbei sind gut geschulte wissenschaftliche und technische Hilfskräfte die erste Vorbedingung; diesen verdanken auch die chemische wie die Teerfarbenindustrie ihren hohen Entwicklungsgrad.

Nur wenn die Entwicklung der Textilindustrie auf gleicher Grundlage erfolgt, indem das größte Gewicht auf die wissenschaftliche Durchdringung der Industrie — gepaart mit dem Bestreben, Neuerungen und Verbesserungen hervorzubringen — gelegt wird, kann der erwünschte Hochstand erreicht werden, und hierzu ist die Unterstützung seitens hervorragender Hochschulen Deutschlands unerlässlich.

Schließlich möchte ich noch einschalten, daß die entsprechend ausgebildeten Textilchemiker auch für die Entwicklung der Fachschulen der Textilindustrie wie auch der neugegründeten Textilforschungsinstitute von großer Wichtigkeit sein werden.

[Art. 138.]

Beiträge zur Chemie der Kohlenwasserstoffe.

Von JENÖ TAUSZ.

(Aus dem chemischen Institut der technischen Hochschule Karlsruhe.)

(Eingeg. 13./8. 1919.)

IV. Volumetrische Bestimmung der olefinischen Bestandteile von Benzin und Leuchtölen des Handels.

Mitbearbeitet von H. WOLF.

Die Roherdöle enthalten in der unter 300° siedenden Fraktion allgemein äußerst geringe Mengen von olefinischen Bestandteilen. Während der fabrikmäßigen Gewinnung der Handelserzeugnisse durch Destillation entstehen in den dargestellten Benzin und Leuchtölen, je nach der Art der Destillation mehr oder weniger olefinische Körper.

Es ist Zweck der Raffination, diejenigen ungesättigten Bestandteile, die sehr reaktionsfähig sind und besonders durch Luft- und Lichtwirkung leicht harzartige Körper liefern, welche die Qualität der Erzeugnisse beeinflussen, möglichst zu entfernen, oder in beständigere Kondensationserzeugnisse überzuführen.

Die olefinischen Verbindungen werden bei der fabrikmäßigen Raffination nie völlig beseitigt. Im allgemeinen enthalten die gut raffinierten Benzine und Leuchtöle nur wenig von diesen Bestandteilen.

Benjamin Brooks und Irwin Humphrey¹⁾ gelangten auf Grund eingehender Untersuchungen über die Einwirkung von Schwefelsäure auf Petroldestillate zu dem Schluß, daß es zurzeit kein Verfahren zur quantitativen Bestimmung des Volumgehaltes an ungesättigten Kohlenwasserstoffen in Petroleumölen gibt. Die beiden Forscher haben die von J. T a u B²⁾ angegebene volumetrische Methode zur quantitativen Bestimmung von Olefinen übersehen. Wir wollen kurz einige mit Hilfe dieser Methoden erhaltene Resultate, die auch für die Technik von Interesse sein dürften, mitteilen.

In dem Mercurierungsgrad³⁾ besitzen wir ein Mittel, welches als Indicator für den Grad der Raffination benutzt werden kann. Dabei werden aber nur diejenigen ungesättigten Bestandteile angezeigt, die mit alkoholischem Mercuriacetat bei gewöhnlicher Temperatur Verbindungen bilden, aber nicht diejenigen, welche vom Mercuriacetat nur oxydiert werden. Mit Hilfe der volumetrischen Oxydations-

¹⁾ Chem. Zentralbl. 1918 II, 527; Journ. Amer. Chem. Soc. 40, 822 [1918].

²⁾ Dissert. Karlsruhe 1911; siehe auch Chem.-Ztg. 42, S. 349 [1918].

³⁾ Petroleum 13, 649 [1918].

methode haben wir das Volumen der ungesättigten Körper der ersten und zweiten Gruppe⁴⁾ zusammen bestimmt.

Es wurden solche Fabrikzeugnisse untersucht, die mit Wasserdampf überzutreiben sind:

I. Von galizischen Erdölzeugnissen der Mineralölraffinerie vorn. David Fanto & Co., Rohbenzin, Petrodestillat, raffiniertes Leichtbenzin, Benzinrückstand, Schwerbenzin, Lackbenzin und raffiniertes Leuchtpetrol.

II. Von amerikanischen Erdölzeugnissen der Mineralölraffinerie Korff in Bremen, Rohbenzin, Benzin und Ligroin.

Prinzip der Methode: Zur Bestimmung der ungesättigten Bestandteile der zweiten Gruppe, könnte man so verfahren, daß man zunächst die erste Gruppe mit Quecksilberacetatlösung ausschüttelt und dann die Gruppe II mit Quecksilberacetatlösung oxydiert. Da aber die ungesättigten Anteile der Gruppe I nur in sehr geringer Menge vorhanden sind, wie dies der Mercurierungsgrad zeigt, wurden beide Gruppen zusammen bestimmt. Das zu untersuchende Öl wurde direkt mit wässrig-alkoholischem Quecksilberacetat gekocht, die unveränderten Anteile mit Wasserdampf abgetrieben und gemessen. Die während des Kochens mit Quecksilberacetat an dasselbe angelagerten ungesättigten Kohlenwasserstoffe werden durch konz. Salzsäure in Freiheit gesetzt und dann mit Wasserdampf abdestilliert und gemessen.

Apparatur: Die Oxydation der ungesättigten Kohlenwasserstoffe wird nach dieser Methode mit wässriger Quecksilberacetatlösung, der zur Beschleunigung der Reaktion 15 ccm Alkohol zugegeben sind, im Taubchen⁵⁾ Kolben ausgeführt. Dieser besteht aus einem Rundkolben von etwa $\frac{1}{2}$ –3 l Inhalt, an dessen Hals seitlich ein Kühler angeschmolzen ist. Man kann letzteren sowohl als gewöhnlichen wie als Rückflußkühler benutzen. Der Kühler ist nämlich gegen den Hals des Kolbens derart geneigt, daß er sowohl schräg abwärts (bei Destillation), wie auch schräg aufwärts (beim Kochen unter Rückfluß) gestellt werden kann. Zur Vermeidung von Verlusten, die durch ungenügende Kühlung der leichtsiedenden Öle eintreten, wurde auf dem Rückflußkühler eine mit Alkohol-Kohlensäure gekühlte Spirale angeschlossen.

In dem geraden Hals des Kolbens war ein Glasrohr eingeschliffen, das 2 mm über dem Boden endigte, und durch das Wasserdampf eingeleitet werden konnte. Es war dadurch möglich, nach beendeter Oxydation, ohne den Apparat öffnen zu müssen, die nicht in Reaktion getretenen Kohlenwasserstoffe abzutreiben. Zu diesem Zweck wurde der Kühler abwärts gestellt und an eine Bürette, an die ein mit Alkohol-Kohlensäure gekühlter Vorstoß angeschmolzen war, angeschlossen. Waren alle mit Quecksilberacetat nicht reagierenden Bestandteile übergetrieben, so wurde die Destillation unterbrochen.

Unterwirft man in diesem Apparat ein Öl ohne Zugabe von Quecksilberacetat der Wasserdampfdestillation, so wird man im Destillat nicht die gesamte Menge des verwendeten Öles wiederfinden. Der unvermeidliche Verlust, der teils durch Verdampfung, teils durch die Löslichkeit des Öles im Wasser verursacht ist, bleibt bei vielen analogen Versuchen fast konstant und wird bei der Ausführung von Analysen sinngemäß als Apparatenkonstante in Rechnung gesetzt. Beispielsweise gingen bei Anwendung von 50 ccm raffiniertem Leichtbenzin durchschnittlich 1,05 ccm verloren; also Apparatenkonstante 1,05.

Bei leichtsiedendem Öl wurde die in folgendem beschriebene Arbeitsweise A, bei höher siedenden die Arbeitsweise B eingehalten.

Arbeitsweise A für raffiniertes Leichtbenzin: 30 g Quecksilberacetat, in 500 ccm Wasser gelöst, wurden in den Kolben gegeben und das eingeschliffene Glasrohr eingesetzt. Durch den Kühler wurde dann mittels Pipette 50 ccm des zu untersuchenden Öles zufließen gelassen; außerdem wurden 15 ccm Alkohol zugegeben. Der Kühler und das freie Ende des eingeschliffenen Glasrohres wurden verschlossen und der Inhalt 5 Minuten gut durchgeschüttelt. Dann wurde der Kühler geöffnet, und der Kolben mit schräg aufwärts gestelltem Kühler 8 Stunden auf einem stark siedenden Wasserbade erwärmt. Jetzt wurde der Kühler abwärts gestellt und an eine Bürette, an die ein mit Alkohol-Kohlensäure gekühlter Vorstoß angeschlossen war, angeschlossen. Die nicht in Reaktion getretenen Anteile wurden mit Wasserdampf abdestilliert. Die so erhaltenen gesättigten Kohlenwasserstoffe wurden mit 100 ccm verdünnter Natronlauge zur Entfernung von Essigsäure gewaschen, dann mit 100 ccm Natriumbisulfatlösung zur Beseitigung der eventuell entstandenen Aldehyde und Ketone behandelt und gemessen. Es

waren 48,2 ccm. Addiert man hierzu die Apparatenkonstante 1,05, so hat man das Maß für die nicht in Reaktion getretenen Kohlenwasserstoffe, 49,25 ccm aus den angewandten 50 ccm raffiniertem Leichtbenzin.

Zur Regeneration der mit Quecksilberacetat in Reaktion getretenen Kohlenwasserstoffe wurde konzentrierte Salzsäure durch das eingeschliffene Glasrohr in den Kolben gegeben. Das bei erneuter Wasserdampfdestillation übergehende Öl wurde in einer zweiten Vorlage aufgefangen und gab dann zum Teil die in Reaktion getretenen Kohlenwasserstoffe der Gruppe I. In diesem Falle⁶⁾ erhielten wir 0,2 ccm.

Arbeitsweise B: Bei höher siedenden Ölen: 30 g festes Quecksilberacetat wird mit 30 ccm Alkohol übergossen. Dazu werden 50 ccm raffiniertes Leuchtpetrol zufließen gelassen. Der Kolben wurde verschlossen und 5 Minuten lang geschüttelt; dann wurden 500 ccm Wasser zugegeben und mit schräg gestelltem Kühler auf dem Wasserbad 8 Stunden lang erhitzt. Der weitere Verlauf ist derselbe, wie bei A angegeben.

Angewandte Mengen: 50 ccm Öl, 30 g Quecksilberacetat, 500 ccm Wasser, 15 oder 30 ccm Alkohol; Dauer des Erhitzens auf dem Wasserbade 8 Stunden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle I.
Oxydation galizischer Erdölprodukte mit
Quecksilberacetat.

Nr.	Bezeichnung des Öles	Spezifisches Gewicht bei 15°	n_D^{20} 6)	Mit Wasserdampf zurückgewonnener Kohlenwasserstoff, Mittelwert	Apparatenkonstante	Vol.-% olef. Bestandteile
1.	Rohbenzin . . .	0,7742	1,4110	46,9	1,0	4,20
2.	Raffiniertes Leichtbenzin .	0,7035	1,3932	48,2	1,05	1,50
3.	Schwerbenzin .	0,7545	1,4150	48,95	0,4	1,30
4.	Lackbenzin . .	0,7546	1,4321	47,95	0,3	3,50
5.	Benzinrückstand	0,7412	1,4260	49,15	0,35	1,00
6.	Petrodestillat .	0,8113	1,4531	47,9	0,2	3,80
7.	Raffiniertes Leuchtpetrol .	0,8094	1,4556	48,15	0,2	3,30

Tabelle II.
Oxydation amerikanischer Erdölprodukte
mit Quecksilberacetat.

Nr.	Bezeichnung des Öles	Spezifisches Gewicht bei 15°	n_D^{20} 7)	Mit Wasserdampf zurückgewonnener Kohlenwasserstoff, Mittelwert	Apparatenkonstante	Vol.-% olef. Bestandteile
1.	Rohbenzin . . .	0,7145	1,3991	44,7	0,8	9,00
2.	Benzin	0,7082	1,3938	47,20	1,2	3,20
3.	Ligroin	0,7405	1,4090	49,00	0,4	1,2

Die regenerierte Menge Öl gibt nur einen Teil der ersten Gruppe, denn ein Teil der Quecksilbersalzverbindungen zersetzt sich beim Kochen. Auch sind noch Spuren der dritten Gruppe und außerdem sauerstoffhaltige Erzeugnisse vorhanden. Die Entstehung dieser letzten Körper ist zurückzuführen auf die oxydierten Reaktionserzeugnisse der ungesättigten Kohlenwasserstoffe, da diese teilweise auch Quecksilbersalze bilden, welche bei der Regeneration mit verdünnter Salzsäure in Freiheit gesetzt werden.

Die faßbaren regenerierten Bestandteile waren naturgemäß sehr gering, denn durch Kochen mit Quecksilberacetat wurden auch die mit Mercuriacetat Verbindung eingehenden olefinischen Bestandteile durch überschüssiges Mercuriacetat teilweise zerstört. Ein Teil des Regenerationserzeugnisses blieb bei sorgfältiger Kühlung mit Äther-Kohlensäuremischung dampfförmig. Das Einatmen der Dämpfe verursachte trotz großer Verdünnung nach kurzer Zeit Unwohlsein und Kopfschmerzen. Das in der Vorlage aufgefangene Erzeugnis

6) Der Brechungsindex wurde in dem Refraktometer nach Pulfrich bestimmt, n_D^{20} bedeutet den Brechungsexponenten für Helium bei 20°. Der Unterschied zwischen D-Linie und He-Linie ist belanglos. (S. K. v. Auwers, Liebigs Ann. 419, 293 [1915].)

7) Siehe vorhergehende Fußnote.

4) Angew. Chem. 32, 233 [1919].

5) Dissert. Karlsruhe 1911.

reagierte teilweise mit Natrium. Nähere Untersuchungen über diese interessanten Stoffe wären nur bei Anwendung von größeren Mengen Ausgangsmaterial möglich. Außerdem wäre es auch notwendig gewesen, eng begrenzte Fraktionen aus den Handelserzeugnissen darzustellen. Dies hätte uns aber von dem eigentlichen Thema der Untersuchung von Handelserzeugnissen abgelenkt; deshalb sei es hier nur kurz erwähnt. Die nach der Oxydationsmethode untersuchten Handelserzeugnisse mußten nach dieser Behandlung quantitativ von den ungesättigten mit Quecksilberacetat reagierenden Bestandteilen befreit sein. Um diese für die erste Gruppe nachzuweisen, wurden die bei der Oxydationsmethode durch Wasserdampfdestillation erhaltenen gesättigten Kohlenwasserstoffe, nachdem sie in der beschriebenen Weise mit verdünnter Natronlauge und Natriumbisulfatlösung gereinigt waren, mit Wasser gewaschen und durch die Bestimmung ihres Mercurierungsgrades auf ihren Gehalt an ungesättigten Verbindungen untersucht. Der Mercurierungsgrad war in jedem Falle Null, womit bewiesen ist, daß diese Bestandteile quantitativ entfernt worden waren.

Aus der Tabelle I und II ist ersichtlich, daß, wie es auch zu erwarten war, der Gehalt der unraffinierten Erzeugnisse an ungesättigten Bestandteilen größer ist als der der raffinierten. Am meisten ungesättigte Stoffe enthält das Rohbenzin von Korff in Bremen, das ein sehr stark gekracktes Erzeugnis ist.

Im allgemeinen bilden die hauptsächlich aus Olefinen bestehenden ungesättigten olefinischen Bestandteile nur einen geringen Teil der Benzine und Leuchtöle. [A. 130.]

Ablesevorrichtung für graphische Tafeln.

Von Dr. Ing. M. Hofsäß, Karlsruhe.

(Eingeg. 18./8. 1919.)

In dem allgemeinen Bestreben, unsere Arbeitsmethoden zu vereinfachen, spielen Zahlentabellen und graphische Tafeln eine wichtige Rolle: Sie ersparen die Ausführung zeitraubender Rechnungen und

ermöglichen es, daß deren Ergebnisse auch von weniger geschulten Kräften schnell ermittelt werden können.

Die heute in der Technik mit Vorliebe benutzten graphischen Tafeln haben den Zahlentabellen gegenüber den Vorzug, daß sie die Gesamtheit der zusammengehörigen Werte der betreffenden Größen dem Auge in übersichtlicher Form darbieten und die Möglichkeit kontinuierlicher Ablesung, d. h. auch die Ablesung der Zwischenwerte, gewähren¹⁾. Diese Vorteile werden indessen dadurch beeinträchtigt, daß bei bestimmter Größe der graphischen Tafeln genügende Genauigkeit nur durch eine große Anhäufung von Linien erreicht werden kann, wodurch die Ablesung erschwert wird, und hierbei sehr leicht Fehler unterlaufen können.

Im nachfolgenden wird eine einfache Vorrichtung beschrieben, welche ein exaktes und zuverlässiges Ablesen graphischer Tafeln ohne durchgezeichnete Koordination ermöglicht. Die Anwendung der Vorrichtung soll an Hand der vom Vf. angegebenen²⁾ und an anderer Stelle³⁾ besprochenen Tafel zur Reduktion eines feucht gemessenen Gases auf Normalzustand (0°, 760 mm Quecksilber, Trockenheit) — Fig. 1 — gezeigt werden.

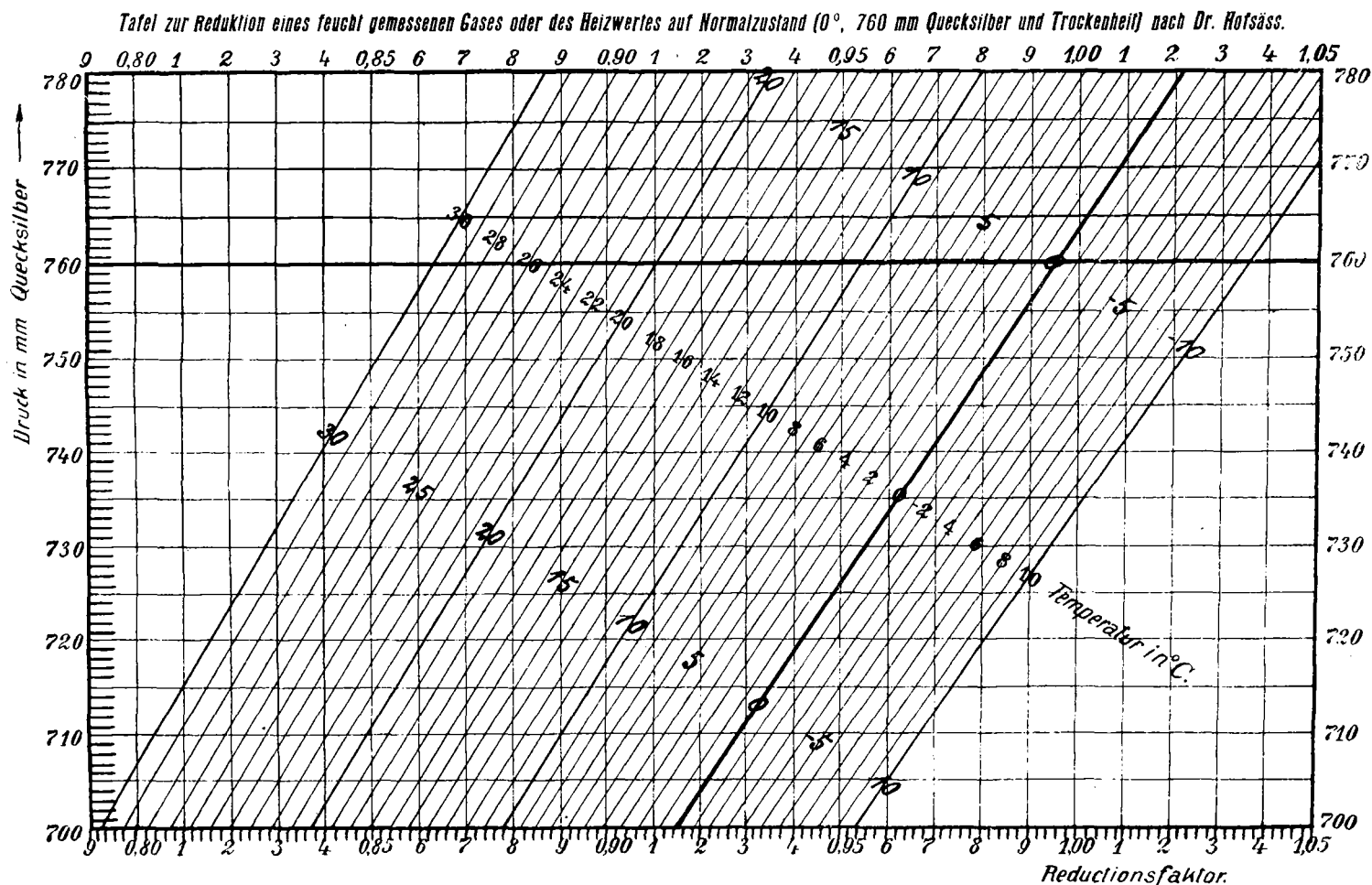
Die Ablesevorrichtung (Fig. 2) besteht aus einer Rolle, auf welche die Kurventafel, nach Abtrennung des Abszissenkalenstabes (Werte für den Reduktionsfaktor), aufgelegt ist, und die, in einer aufgeschlitzten Hülse steckend, um ihre Längsachse drehbar ist. An dem einen Schlitzrande, der als Leselinie dient, ist der Streifen mit den Abszissenwerten der Tafel entsprechend angebracht. Zwecks Aufstellung auf dem Arbeitstisch kann diese Leserolle auf ein einfaches Untergerüst montiert werden.

Gebrauchsanweisung: Die Ableselinie wird durch Drehen der Rolle auf den betreffenden Druckwert eingestellt; der Schnittpunkt der Ableselinie mit der betreffenden Temperaturlinie zeigt auf dem Abszissenstreifen den zugehörigen Reduktionsfaktor an.

¹⁾ M. v. Pirani, Graphische Darstellung in Wissenschaft und Technik (Sammlung Götschen Nr. 728) 1914, S. 5.

²⁾ Journal für Gasbeleuchtung 1915, S. 50.

³⁾ Stahl und Eisen 1915, S. 1252. Zeitschrift für angewandte Chemie 28, II, 208 [1915].



Gebrauchsanweisung: Man gehe die dem betreffenden Druck entsprechende Horizontale entlang bis zum Schnittpunkt mit der schrägen Linie, welche der Versuchstemperatur entspricht. Die durch diesen Schnittpunkt gehende Senkrechte zeigt an der Abszisse den gesuchten Reduktionsfaktor, mit dem bei Reduktion eines Gasvolumens zu multiplizieren und durch den bei der Reduktion des Heizwertes zu dividieren ist.

Fig. 1.