

Inzwischen hatten wir die Nachteile des Benzaldehyds⁴⁾ und ein besseres Hilfsmittel in der Kondensation des Ringketons mit Anisaldehyd kennengelernt⁵⁾. Ebenso wie bei Anwendung von Benzaldehyd ist bei Anisaldehyd (oder Zimtaldehyd u. a.) die Gegenwart von Alkohol neben wässriger Alkalilauge (oder auch Natriumalkohollösung) unerlässlich, um die Diarylidienringketone abzuscheiden, doch die Neigung zur Bildung von störenden aldolartigen Zwischenprodukten ist beim Anisaldehyd viel geringer als beim Benzaldehyd. Die nicht methylierten Ringketone reagieren am leichtesten mit Anisaldehyd. Das Dianisalcyclopentanon schmilzt am höchsten (Schmelzpt. 216° und 195°) und ist durch sein Gesamtverhalten, besonders aber beim Schmelzen unter Tausenden von organischen Verbindungen infolge seiner kristallin-flüssigen Eigenheiten auch mikroskopisch ungemein leicht herauszufinden⁶⁾. Das Dianisalcyclohexanon schmilzt viel niedriger als die Pentanonverbindung, ist gleichfalls kristallin-flüssig (Schmelzpt. 173° und 162°), aber so sehr verschieden von dem Fünfring, daß eine Verwechslung beider ausgeschlossen erscheint. Die methylierten Ringketone reagieren, soweit sie überhaupt zur Bildung von Diarylidienverbindungen fähig sind, etwas träger mit Anisaldehyd als die Stammsubstanzen (namentlich mit dem zweiten Mol. Aldehyd) und sind in ihren kristallin-flüssigen Eigenschaften abgeschwächt⁷⁾.

Gestützt auf diese Erfahrungen gelang es leicht, im Rohgasbenzin das Cyclopentanon nachzuweisen und zu unserer Überraschung in solchen Mengen, daß das Ringketon geradezu als ein charakteristischer Bestandteil des Neutralöls gelten darf, und daß eine fabrikmäßige Abscheidung erwünscht wäre.

410 g Rohgasbenzin ergaben z. B. 108 g einer bei 110—140° siedenden Fraktion. Man vermischt 40 g dieses Öls mit mindestens 20 ccm Weingeist und mit 5 ccm Anisaldehyd und 0,5—2,0 ccm wässriger Natronlauge (spez. Gew. 1,10); das nach 2—3 stündigem Stehen im verschlossenen Gefäß auskristallisierte Dianisalcyclopentanon wird abgesaugt, mit Alkohol-Wasser gewaschen, gewogen und getrocknet; erhalten 0,490 g entsprechend 0,144 g Cyclopentanon; im Rohgasbenzin demnach etwa 0,1%. Schmelzpunkt der Dianisalverbindung nach dem Umkristallisieren aus Eisessig: 215° und 195°.

Gef. C 78,6, H 6,4; Ber. für $C_{21}H_{20}O_3$ C 78,8, H 6,2.

Da aus den alkoholischen Mutterläugen bei tagelangem Stehen sowie bei Verdünnung mit Weingeist und bei Zusatz von Alkalilauge noch etwas Dianisalcyclopentanon auskristallisiert, so dürfte die Menge des im angewandten Benzin enthaltenen Ringketons größer als 0,1% sein.

Das Ringketon ist in Wasser keineswegs so schwerlöslich, wie im Schrifttum vermerkt steht; man kann daher das Rohgasbenzin auch mit Wasser ausschütteln, waschen und dann das Ringketon aus dem Waschwasser durch Destillation und durch Aussalzen abscheiden: 500 g Rohgasbenzin ergaben aus 1,5 l Wasser 0,57 g Dianisalcyclopentanon und 2,20 g Dianisalacetone (Schmelzpt. 129°); das letztere ist weniger gelb gefärbt als ersteres, nicht kristallin-flüssig und läßt sich durch

⁴⁾ Kauffmann, B. 41, 3726 [1908].

⁵⁾ Vorländer, B. 54, 2261 [1921].

⁶⁾ Anleitung in: Chemische Kristallographie der Flüssigkeiten, Akadem. Verlagsges. Leipzig 1924.

⁷⁾ Wallach, C. 1908, I, 639; A. 346, 252; 347, 333. — Vorländer, B. 54, 2261 [1921] u. 58, 133 [1925].

Auskochen mit etwas 80—90% igem Weingeist in Lösung bringen und von der in Weingeist schwerlöslichen Cycloverbindung trennen.

Besonders das jetzt noch als wertlos ablaufende Schweißwasser der Rohgasölwäscherei ist unter anderem reich an Aceton und Cyclopentanon. 1 ccm dieses Schweißwassers erstarrt mit Anisaldehyd-Alkalilauge alsbald zu einem dicken Brei von Dianisalacetone und Dianisalcyclopentanon. Das Schweißwasser der Teerdestillation enthält dagegen geringere Mengen von Ketonen.

Aus den höher siedenden Fraktionen des Rohgasbenzins (Sdp. 140—180°) kann man mitunter noch etwas Cyclopentanon ausfällen, aber Cyclohexanon (Sdp. 155°) ist bisher nicht aufgefunden worden, weder im Rohgasbenzin noch in anderen Teerölen. Nicht einmal Mischungen von Pentanon und Hexanon treten auf. Ölige oder harzige Fällungen mit Anisaldehyd deuten auf Ketone anderer Art. Die Menge des etwa vorhandenen Cyclohexanons muß sehr klein sein; man wird es in den Steinkohlenteerölen suchen müssen.

Aus einem Braunkohlenkrackbenzin erhielt Herr Hasselbach durch Ausschütteln mit konzentrierter Schwefelsäure bei etwa — 20° ein Ölgemisch, das neben Cyclopentanon noch ein anderes Ringketon, vielleicht das β -methylierte Cyclopentanon zu enthalten schien. Die Dianisalverbindung schmolz bei 198° und war monotrop krist. flüssig (2 krist. feste Phasen). Der auffallende pfefferminzartige Geruch einiger Öle röhrt her von den Ringketonen.

Durch Reinigen des Rohbenzins in der üblichen Weise mit Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur und durch Waschen mit Alkalilauge geht das Cyclopentanon zum großen Teil verloren: 400 g „Betriebsstoff“ ergaben nur 0,147 g Dianisalcyclopentanon, d. i. 0,01% Cyclopentanon. Auch ein gereinigtes Benzin aus Braunkohle enthielt kaum viel mehr als 0,01%.

In einem aus bayrischer Pechkohle hergestellten und unter Druck mit Wasserstoff gekrackten Öl konnten wir Ringketone nicht finden.

Den Herren Direktor Dr. Bubbe in Halle, Betriebsdirektor Dipl.-Ing. Mehner in Nietleben und Dr. K. Schoenemann in Mannheim sprechen wir für Übersendung von Braunkohlendestillationsprodukten unser allerbesten Dank aus.

[A. 197.]

Isocellobiose und Cellotriose.

Von H. OST, Hannover.

(Eingeg. 21. Juli 1926.)

Die Isocellobiose, $C_{12}H_{22}O_{11}$, ist von Prosiégele, Knöth und mir¹⁾ als acetolytisches Abbauprodukt der Cellulose, neben vorwiegend entstehender Cellulose bisher nur in kleinen Mengen erhalten. Da sie noch näherer Untersuchung bedarf, ist eine Verbesserung der Darstellung dringend erwünscht. Nach dem Vorschlage von Hess soll sie künftig Isocellobiose, statt bisher Celloisobiose, heißen.

Wenn man nach den Vorschriften von Prosiégele und Knöth die Cellulose der Acetolyse unterwirft bis zum Erscheinen der ersten Kristalle des in Eisessig schwerlöslichen Cellulose-Oktacetats, und darauf das mit Wasser ausgesetzte Acetatgemisch trocken mit Äther aus-

¹⁾ Z. ang. Ch. 33, 106 [1920]. — Prosiégele, Dissert. Hannover 1920. — Knöth, Dissert. Hannover 1921; Cellulosechemie 1922, S. 25.

zieht, so hat man in der Ätherlösung zwar alles Isobioseacetat, aber vermischt mit viel Glucosepentaacetat und nicht frei von Cellobiose- und Dextrinacetaten. Werden diese Acetate mit Barytwasser verseift und die baryt- und schwefelsäurefreien Lösungen der Kohlenhydrate eingedampft, so hinterbleiben Sirupe von zum Teil hohem Drehungsvermögen, die eines langwierigen Fraktionierens mit Alkohol bedürfen, bis man Teilsirupe von $[\alpha]_D + 20^\circ$ bis $+ 10^\circ$ erhält, aus denen sich nach längerem Stehen Kristalle von Isobiose ausscheiden. Namentlich ist es Dextrose, welche, durch höheres Drehungsvermögen und durch ihr schwerlösliches Osazon angezeigt, die Kristallisation verhindert. Auch ist das Ausziehen größerer Mengen Rohacetat mit Äther sehr umständlich.

Viel besser kommt man zum Ziel, wenn man die Acetylolyse der Cellulose früher unterbricht, und wenn man die Rohacetate statt mit Äther nur mit lauwarmem Alkohol auszieht. Bei dem gemäßigteren Abbau entsteht viel weniger Dextroseacetat, und vom kalten Alkohol werden Cellobioseacetat und Dextrinacetate kaum gelöst. Man arbeitet wie folgt:

Je 50 g Baumwolle (käufliche für Schießwolle) werden in einer starken Stöpselflasche mit einem abgekühlten Gemisch von 250 g Eisessig von etwa 98%, 230 g Essigsäureanhydrid und 20 g konzentrierter Schwefelsäure übergossen, durchgeknetet und noch etwas gekühlt; nach 24 Stunden ist alles zum Sirup gelöst, der beim Stehen bald dünner wird. Nach 14 Tagen bei Zimmertemperatur, wenn die Ausscheidung von Cellobiose-Oktacetat noch fern ist, wird die Lösung unter Rühren langsam in viel Wasser gegossen, und der voluminöse Niederschlag durch Dekantieren und Absaugen völlig säurefrei gewaschen. Schlechtes Absitzen lässt sich durch stärkeres Verdünnen oder durch Zusatz von Chlorammonium beheben. Glucoseacetat löst sich in dem vielen Wasser teilweise auf; das bei mäßiger Wärme getrocknete Rohacetat, etwa 80 g, wird mehrere Male mit lauwarmem Alkohol von 95% ausgezogen unter Absaugen, und die gesammelten Auszüge mit wenig kaltem Alkohol fraktioniert. Die schwerlöslichen Dextrinacetate werden entfernt und können von neuem der Acetylolyse unterworfen werden.

Die leichtlöslichen Acetate enthalten alle Isobiose, daneben noch Dextrose und Dextrine, sie schmelzen schon auf dem Wasserbade. Man pulvert sehr fein und verseift mit n- bis n_{1/2}-Barytwasser in mäßigem Überschuss 6 Stunden kalt auf der Schüttelmaschine, wie früher beschrieben¹⁾. Es gelingt meist nicht, alle Ester auf einen Wurf zu verseifen, d. h. in Lösung zu bringen; schüttelt man länger oder nimmt man Erwärmung zu Hilfe, so färbt sich die Lösung bedenklich gelb. Die ungelöst gebliebenen, teilweise verseiften Ester müssen also abfiltriert und nachverseift werden. Man fällt die Lösungen mit einem mäßigen Überschuss von H₂SO₄, worauf sich das BaSO₄ leicht absetzt, und beseitigt den Überschuss vor dem Abdampfen wieder vorsichtig mit Barytwasser. Während des Eindampfens muß öfters auf H₂SO₄ und Baryt geprüft werden, der geringste Überschuss von H₂SO₄ schwärzt die Sirupe.

Die Rehsirupe werden auf ihr spezifisches Drehungsvermögen in einfachster Weise durch Gehaltsbestimmung der Lösungen mit kleinem Aräometer geprüft. Bei der angegebenen Arbeit erhält man einen Rohsirup von z. B. $[\alpha]_D = + 25^\circ$, der nicht kristallisiert; bei zweimaligem Durchfraktionieren mit absolutem und 95er Alkohol Teilsirupe von z. B. $[\alpha]_D + 27^\circ, 22^\circ, 19^\circ, 12^\circ, 10^\circ$ und niedriger, welche außer den ersten beim

Stehen reichlich Kristalle von Isobiose abscheiden; die Sirupe von $[\alpha]_D = 15 - 12^\circ$ werden oft ganz fest. Die schwerlöslichen Anteile enthalten Dextrine und eine Cellotriose.

Hat man weiter acetolysiert nach der Vorschrift von Kn o t h, so kann man auch aus diesen, an Dextrose reichen, über 50° polarisierenden Sirupen durch Vergräbung mit etwas Bierhefe Isobiose gewinnen; Cellobiose und Cellobiose vergären mit Bierhefe nicht. Die unvergorenen, mit viel Blutkohle gereinigten Kohlenhydrate geben beim Fraktionieren mit Alkohol ebenfalls Isobiose, aber weniger als oben.

I s o c e l l o b i o s e. Es hält nicht schwer, die ausgeschiedenen Kristalle vom anhängenden dicken Sirup zu trennen. Man röhrt mit reinem Methylalkohol an, worin sich der Sirup leicht, die Kristalle fast gar nicht lösen, und saugt ab. Von 250 g Baumwolle erhielt ich 15 g abgesaugte trockene Rohkristalle = 6%. Hieraus reine Isobiose zu bekommen, erfordert noch einige Mühe. Rein kristallisiert sie aus Wasser in schönen Nadelchen, wie sie Kn o t h photographiert hat; sie löst sich in Wasser leicht. Unrein kristallisiert sie aus Wasser sehr träge in nadeligen Warzen, auf Zusatz von Äthylalkohol fällt sie ölig, wird aber alsbald fest. Sie ist noch mit einem Fremdstoff von niederm Drehungsvermögen verunreinigt, mit dessen Untersuchung ich beschäftigt bin. Die reinen Kristalle enthalten lufttrocken 2—3% Wasser, die im Vakuum über H₂SO₄ langsam, bei 110° rasch und vollständig abgegeben werden. Die Reinheit wird durch das spezifische Drehungsvermögen angezeigt, welches nach Kn o t h $[\alpha]_D = + 24,6^\circ$ beträgt.

C e l l o t r i o s e, C₁₈H₃₂O₁₆.

Die in Alkohol schwerlöslichen, verseiften Kohlenhydrate enthalten neben Dextrinen eine bisher nicht bekannte Cellotriose. Zur Reindarstellung löst man in nicht zu wenig warmem Wasser und setzt starken Alkohol bis zur beginnenden Trübung hinzu. Nach 24 Stunden haben sich reichlich amorphe Dextrine ausgeschieden, während die Triose größtenteils gelöst bleibt. Man wiederholt dieses Umfällen mit Wasser-Alkohol, sowohl des Gelösten wie des Ungelösten, mehrere Male, bis das Drehungsvermögen des Gelösten bei etwa $[\alpha]_D = + 10^\circ$ konstant bleibt; die Dextrine polarisieren niedriger; die völlige Entfernung der Dextrine erfordert Geduld. Schließlich wird die Triose mit Alkohol ausgefällt und das kristallinische Pulver 8 Tage im Vakuum über H₂SO₄ getrocknet. Eine Triose III besaß das Drehungsvermögen $[\alpha]_D = + 9,6$ bis $+ 10,0^\circ$ und das Reduktionsvermögen 47,1%, (Dextrose = 100), bei 0,27% Asche. Noch mehrere Male umgefällt hatte das Lösliche IV $[\alpha]_D = + 9,97$ und 44,8% Reduktion; dieses noch zweimal umgefällt gab als erste Fraktion V¹ (1,7 g) $[\alpha]_D = + 10,5^\circ$ und 44,4% Reduktion, als zweite Fraktion V² (5,4 g) $[\alpha]_D = + 10,4^\circ$ und 46,3% Reduktion; die Mutterlaugen von V¹ und V² gaben noch ein wenig Triose VI mit 45,3% Reduktion. Hiernach waren die Präparate IV, V und VI einheitlich.

Drehung: 0,9585 g V¹, im Vakuum über Schwefelsäure bis zur Gewichtskonstanz entwässert, wurden im 30 ccm-Kölbchen mit kaltem Wasser zu 30 ccm gelöst, also $c = 3,195$, und im 20 cm-Rohr im Halbschattenapparat polarisiert. Nach $1/2$ Stunde betrug der Winkel $\alpha = + 0,40^\circ$, nach 24 Stunden konstant $+ 0,67$. Danach besitzt die Cellotriose Mutarotation mit der Enddrehung $[\alpha]_D = + 10,5^\circ$. 0,940 g V² ebenso zu 30 ccm gelöst, also $c = 3,13$, gab im 20 cm-Rohr nach 1 Stunde $\alpha = 0,40$, nach 24 Stunden und 48 Stunden $\alpha = 0,65$, also die Enddrehung $[\alpha]_D = + 10,4^\circ$. — Von der noch nicht völlig gereinigten Triose III gaben 1,872 g zu 30 ccm gelöst, also $c = 6,24$,

¹⁾ S. Fußnote 1) S. 1117.

im 20 cm-Rohr $\alpha = 1,20^\circ$, also $[\alpha]_D = +9,6^\circ$ als Enddrehung. Die Drehung ist nicht sehr genau, weil die Ablesungswinkel klein sind; ist die Lösung etwas trüb, so muß sie filtriert werden.

Das Reduktionsvermögen wurde mit Allihscher Kupferlösung bestimmt. 0,3078 g V¹ gaben 264 mg Cu = 136,8 mg Dextrose = 44,4%; 0,313 g V² gaben 279 mg Cu = 145 mg Dextrose = 46,3%. Ein anderes Präparat hat Dr. Yachya²⁾ untersucht und das Drehungsvermögen $[\alpha]_D = +10,45$ und das Reduktionsvermögen 48,6% gefunden.

Die reine Cellotriose löst sich in 10—15 Teilen kaltem Wasser, leichter in heißem, und kristallisiert aus Wasser und aus wässrigem Alkohol in feinnadeligen Warzen; im Vakuum über H_2SO_4 entwässert, verliert sie bei 110° noch etwa 1% an Gewicht. Sie schmeckt kaum süß und ist mit Bierunterhefe nicht vergärbar. Durch 3%ige Salzsäure wird sie, auf dem Wasserbade erhitzt, nur sehr langsam hydrolysiert, nach 6 Stunden war das Reduktionsvermögen auf 60% der Dextrose, nach 10 Stunden auf 80% gestiegen, also nach 10 Stunden noch unvollständig zu Dextrose aufgespalten; ob hierbei nur Dextrose entsteht, bedarf noch der Prüfung. Mit Phenylhydrazin bildet sie ein leichtlösliches schleimiges Osazon; 1 g Triose mit 2,5 g Phenylhydrazin, 2,5 g Eisessig, 0,5 g Natriumacetat und 25 g Wasser 1 Stunde auf siedendem Wasserbade erhitzt, färbte sich kaum, schied heiß nichts, beim Erkalten ein wenig Schleim aus, der zur näheren Untersuchung nicht einlud.

Dr. Yachya fand bei zwei Elementaranalysen

Gefunden:		Berechnet für:		
I.	II.	$3 C_6H_{10}O_5$	$C_{18}H_{32}O_{16}$	$3 C_6H_{12}O_6$
C = 42,70	42,78	44,44	42,85	40,00
H = 6,31	6,29	6,17	6,35	6,67

Als Molekulargewicht fand Yachya, durch Gefrierpunktserniedrigung der wässrigen Lösung, die Zahlen 460,1 und 476,4; aus den Formeln $C_{18}H_{30}O_{15}$, $C_{18}H_{32}O_{16}$ und $C_{18}H_{36}O_{18}$ berechnen sich die Molekulargewichte 480, 504 und 540. Obwohl die gefundenen Molekulargewichte am besten zur Formel $C_{18}H_{30}O_{15}$ stimmen, also für eine dextrinartige Tricellulose, und auch die Eigenschaften mehr denen eines Dextrins als eines Zuckers ähneln, beweisen die zuverlässigeren Elementaranalysen, daß die Formel $C_{18}H_{32}O_{16}$ die richtige ist, d. h., daß eine echte Triose vorliegt. Eigene Analysen meiner besten Präparate beweisen dasselbe; sie wurdenvakuumtrocken analysiert, mit 1% Wasser und 0,3% Asche. Präparat V¹: 0,2473 g Subst. = 0,2441 g wasser- und aschefrei, gaben 0,3820 g CO₂ und 0,1470 g H₂O. — Präparat V²: 0,3070 g Subst. = 0,3030 g wasser- und aschefrei, gaben 0,4724 g CO₂ und 0,1790 g H₂O.

Gefunden:		Berechnet für:	
I.	II.	$C_{18}H_{32}O_{16}$	
C = 42,68%	42,52%	42,85%	
H = 6,58%	6,45%	6,35%	

Eine Konstitutionsformel dieser Cellotriose aufzustellen, halte ich für verfrüht, und noch weniger bleibenden Wert können die heutigen Konstitutionsformeln der Cellulose selbst haben. Das experimentelle Material ist noch zu dürftig, die Isocellobiose mit ihren Beziehungen zur Cellobiose bedarf näherer Untersuchung, und neue Abbauprodukte der Cellulose vielleicht durch Pilze sind aufzufinden, um uns das Innere des Cellulosemoleküls zu erschließen. [A. 212.]

²⁾ Yachya, Dissert. Hannover 1925, nicht gedruckt.

Über die Beurteilung der Lagerschmierung nach elektrischen Messungen.

Von H. SCHERING und R. VIEWEG,
Physikalisch-Technische Reichsanstalt.
Vorgetragen von R. Vieweg auf der Hauptversammlung des
Vereins deutscher Chemiker in Kiel.

(Eingeg. 29. Mai 1926.)

Es ist seit den Untersuchungen von Reynolds¹⁾ über die Schmierung bekannt, daß sich der Zapfen in einem Lager unter dem Einfluß von Drehzahl, Belastung und Zähigkeit des Öles verlagert. Anknüpfend an Reynolds haben Sommerfeld²⁾ und später Gummel³⁾ das Problem der Lagerreibung weiter geklärt, so daß unter vereinfachenden Annahmen über das Lager die Dicke der Ölschicht berechnet werden kann. Bei der großen, technischen und wirtschaftlichen Bedeutung der Lagerschmierung hat man nun vielfach versucht, auch praktisch am ausgeführten Lager Messungen der Filmdicke vorzunehmen. Auf mechanischem Wege mittels Mikrometer haben z. B. Stoney⁴⁾ und seine Mitarbeiter Schichtdicken bestimmt. Optisch wird die Kontur der Welle im Öldickenmesser nach V. Vieweg⁵⁾ und A. Wetthauer beobachtet. Aber auch elektrische Messungen sind zur Beurteilung der Lagerschmierung herangezogen worden.

Den elektrischen Versuchen liegt die Überlegung zugrunde, daß im allseitig geschmierten Lager der Zapfen gegen die Schale durch Öl elektrisch isoliert sein muß. Aus der Größe des Isolationswiderstandes wird auf die Dicke des Ölfilms geschlossen. Als erster hat wohl Wadsworth⁶⁾ 1897 eine Untersuchung hierüber veröffentlicht. Erwähnt seien weiter die Arbeiten von Kenelly und Adams⁷⁾ sowie von Moore⁸⁾. Moore verwendet die Widerstandsbestimmung mit Gleichstrom insbesondere dazu, den Beginn vollständiger Isolierung des Zapfens gegen das Lager, d. h. den Eintritt reiner Flüssigkeitsreibung oder, wie wir sagen wollen, den Eintritt der Vollschmierung festzustellen. In neuerer Zeit haben Biel⁹⁾, ferner Schenfer¹⁰⁾ sowie Hersey¹¹⁾ Isolationsmessungen an Lagern beschrieben. Michels¹²⁾ prüfte elektrisch mit Hilfe des Oszillographen die Schmierung im Halslager einer empfindlichen Druckwage, v. Freudenberg¹³⁾ untersuchte die Schichtdicke in einem Segmentdrucklager. Endlich sei noch auf eine Nutzanwendung der Widerstandsmethode hingewiesen: man schaltet den Ölfilm in den Kreis einer elektrischen Lampe, deren Brennen bei umlaufendem Zapfen ungenügende Schmierung anzeigt.

Die erwähnten elektrischen Lagermessungen lieferten im wesentlichen nur qualitative Ergebnisse. Eine exakte zahlenmäßige Bestimmung der Filmdicke hat sich nicht durchführen lassen. Ein Grund hierfür liegt darin, daß,

¹⁾ Phil. Trans. Roy. Soc. of London 1886.

²⁾ Z. f. Math. u. Phys. 50, 97—155 [1904].

³⁾ Vgl. Gummel - E verling, Reibung und Schmierung im Maschinenbau, Berlin, Verlag M. Krayn, 1925.

⁴⁾ Engineering 113, 249 [1922].

⁵⁾ Petroleum 18, 1405—1412 [1922].

⁶⁾ Phys. Rev. 5, 75—97 [1897].

⁷⁾ Electric. World and Eng. 1903, S. 231.

⁸⁾ Americ. Maschinist 1903, S. 1282.

⁹⁾ Z. VDJ. 65, 449—458 [1920].

¹⁰⁾ Arch. f. Elektrot. 11, 129—130 [1922].

¹¹⁾ J. of the Americ. Nav. Eng. 35, 648—674 [1923].

¹²⁾ Ann. d. Phys. 72, 285—320 [1923].

¹³⁾ BBC-Mitteilungen 4, Heft 1—4 [1917].