

werden muß, bräunt sich über 100°, wird bei 200° schwarz und schmilzt dann über 300°.

$C_{16}H_{12}O_2N_4$. Ber. C 65.75, H 4.11, N 19.18. Gef. C 65.27, H 4.23, N 18.8.

Beim Erwärmen mit Essigsäureanhydrid bildet die Verbindung unter Austritt von 1 Mol. Wasser eine aus der 100-fachen Menge Pyridin in großen gelben Krystallen anfallende, über 300° schmelzende Acetylverbindung.

$C_{18}H_{12}O_2N_4$. Ber. C 68.3, H 3.8, N 17.7. Gef. C 67.5, H 3.97, N 17.45.

4a) α -Diindyl-isatin (IX) aus Indol: In eine Lösung von 5 g Indol in 12 l eiskalten Wassers gibt man 1 g $NaNO_2$ und unter gutem Rühren 45 ccm auf 2 l verd. Schwefelsäure. Nach 2- bis 3-tägig. Stehenlassen wird der blauviolette Niederschlag abfiltriert, gewaschen und noch naß mit 40 ccm *n*-Kalilauge 24 Stdn. auf 30° erwärmt. Abfiltriert zeigt der Rückstand eine gelbbraune Färbung, welche durch Waschen mit kaltem Alkohol in reines Gelb übergeht. Man erhält 3 g nahezu reines α -Diindyl-isatin. Löslichkeit in Aceton 56°/20° = etwa 5%:2%. Gelbe Krystalle mit 1 Krystall-Aceton (ber. 13.8, gef. 14.1). Schmp. 245°. Beim Erhitzen auf >300° destilliert Indol ab. Konz. Schwefelsäure löst blaurot; beim Kochen mit Schwefelsäure 50° Bé unter blauroter Färbung Zersetzung.

$C_{24}H_{17}ON_3$. Ber. C 79.5, H 4.68, N 11.58, Mol.-Gew. 363.

Gef. C 79.6, H 4.8, N 11.5, Mol.-Gew. 369.377 (best. in Aceton).

4b) Synthese von α -Diindyl-isatin (IX) aus Indoxylrot (VIII) und Indol: 5 g Indoxylrot und 2.5 g Indol werden mit 50 ccm Eisessig unter schwachem Erwärmen gelöst. Nach kurzer Zeit beginnt eine Abscheidung von großen gelben Krystallen. Man saugt diese nach 2-tägig. Stehenlassen ab und erhält nach Waschen mit kaltem Eisessig 6.86 g reines α -Diindyl-isatin (IX) mit 92% d. Th. Ausbeute. Es stimmt in allen Eigenschaften mit dem aus Indol und Salpetriger Säure unter 4a erhaltenen Produkt überein. Mischschmp. 245°.

$C_{24}H_{17}ON_3$. Ber. C 79.5, H 4.68, N 11.58. Gef. C 79.24, H 5.1, N 11.5.

141. Walter Hückel: Die Beständigkeit der Toluolsulfonsäureester stereoisomerer Alkohole.

[Aus d. Chem. Institut d. Universität u. Techn. Hochschule Breslau.]
(Eingegangen am 29. August 1944.)

Bei den Untersuchungen über die Reaktionsfähigkeit stereoisomerer cyclischer Alkohole hat sich ein bemerkenswerter Parallelismus zwischen Bildungsbedingungen der Alkohole und der Stabilität ihrer Toluolsulfonsäureester herausgestellt: Die Ester der durch katalytische Hydrierung der Ketone erhaltlichen Alkohole waren unbeständiger als die der bei alkalischer Reduktion entstehenden, wie sich beim Kochen ihrer methyalkoholischen Lösung zeigte¹⁾. Die Stabilität der Toluolsulfonsäureester konnte daher ebenso wie schon früher die Bildungsbedingungen der Alkohole zur Konfigurationsbestimmung herangezogen werden: Instabil sind diejenigen Ester, die einen

¹⁾ A. 477, 136 (1930); 533, 134 (1937); 543, 227 (1940).

Substituenten in *cis*-Stellung am benachbarten Kohlenstoffatom tragen²⁾. Als Ursache dafür kann angenommen werden, daß der *cis*-ständige Substituent die Estergruppe abzudrängen sucht. Bei den Carbonsäureestern bewirkt der gleiche Substituent eine sterische Hinderung; es ist also auch ein Parallelismus zwischen Stabilität der Toluolsulfonsäureester und sterischer Hinderung des alkoholischen Hydroxyls vorhanden. Dieser geht allerdings nicht so weit, daß bei Alkoholen mit verschiedenem Kohlenstoffgerüst derjenige Alkohol den instabilsten Toluolsulfonsäureester bildet, der am stärksten sterisch behindert ist. Das bemerkenswerteste Beispiel bildet das Isomerenpaar *cis*- α -Dekalol I, Schmp. 93°, das einen sehr zersetzlichen Toluolsulfonsäureester bildet, aber bei der Verseifung seiner Carbonsäureester sich nicht als sterisch behindert erweist, und *trans*- α -Dekalol I, Schmp. 49°, dessen Toluolsulfonsäureester einigermaßen beständig ist, während seine Carbonsäureester außerordentlich langsam verseift werden. Andererseits geht auch wieder in Fällen, in denen sterische Hinderung nicht ohne weiteres am Modell zu erkennen, sondern experimentell aus den Reaktionsgeschwindigkeiten herzuleiten ist, langsamere Verseifung der Carbonsäureester mit einer geringeren Stabilität der Toluolsulfonsäureester parallel; ein Beispiel dafür ist das Isomerenpaar *trans*- β -Dekalol I, Schmp. 55°, und II, Schmp. 75°³⁾. Die wichtigsten Beispiele für die bisher festgestellten Zusammenhänge gibt folgende Übersicht wieder:

Nr.	Alkohol	Darstellung	Sterische Hinderung	Toluolsulfonsäureester Schmp.	Stabilität
Dekalole					
1	<i>trans</i> - α -49° I	katalyt.	sehr groß	72°	mäßig beständig
2	<i>trans</i> - α -63° II	alkal.	keine	98°	beständig
3	<i>cis</i> - α -93° I	katalyt.	keine	96°	zersetzlich
4	<i>cis</i> - α -55° II	aus Amin + HNO ₂	keine	89--90°	beständig
5	<i>trans</i> - β -53° I	katalyt.	mäßig	111°	ziemlich beständig
6	<i>trans</i> - β -75° II	alkal.	keine	63°	beständig
7	<i>cis</i> - β -105° I	katalyt.	keine	78°	beständig
8	<i>cis</i> - β -18° II	alkal.	keine	89--90°	beständig
Hydrindanole					
9	<i>cis</i> -4-Oxy-hydrindan I	katalyt.	merklich	79--80°	zersetzlich
10	<i>cis</i> -4-Oxy-hydrindan II	aus umgelagertem Alkoholat I	keine	54°	beständig
Menthole					
11	<i>d</i> -Neomenthol I	katalyt.	sehr groß	63°	zersetzlich ³⁾
12	<i>l</i> -Menthol II	alkal.	keine	93°	beständig
13	Neoisomenthol I ...	katalyt.	mäßig	66--67°	zersetzlich
14	<i>d</i> -Isomenthol II	aus Amin + HNO ₂	keine	<i>d</i> 84.5° <i>d</i> - <i>l</i> 64°	beständig

²⁾ Darauf beruht auch die größere Leichtigkeit der Wasserabspaltung der *cis*-Alkohole mit Schwefelsäure, die an zahlreichen Beispielen von Vayon beobachtet worden ist (G. Vayon u. M. Barbier, Bull. Soc. chim. France [4] 49, 567 [1931]; G. Vayon, A. Perlin u. A. Horeau, ebenda [4] 51, 650 [1932]).

³⁾ W. Hückel u. W. Tappe, A. 537, 128 [1939].

Nr.	Alkohol	Darstellung	Sterische Hinderung	Toluolsulfonsäureester Schmp.	Stabilität
OH-Gruppe im Fünfring					
15	<i>cis-a</i> -Hydrindanol I.	katalyt.	groß	54°	sehr zersetzlich (0°)
16	<i>cis-a</i> -Hydrindanol II	alkal.	keine	32—33°	beständig
17	<i>cis</i> -Cyclopentylcyclopentanol I.....	katalyt.	groß	51°	sehr zersetzlich
18	<i>trans</i> -Cyclopentylcyclopentanol II ..	alkal.	keine	44—47°	beständig
19	Isoborneol	katalyt.	sehr groß	<i>l</i> 64° <i>d+l</i> 85°	ziemlich beständig
20	Borneol	alkal.	keine	<i>l</i> 55° <i>d+l</i> 81.5°	beständig
21	β -Fenchol	katalyt.	ungewöhnlich groß	93°	beständig
22	α -Fenchol	alkal.	mäßig	96°	beständig

In die Übersicht sind die in der vorliegenden Untersuchung behandelten Terpenalkohole der Camphan- und Fenchanreihe mit aufgenommen.

Die Ursache der thermischen Zersetzung der Sulfonsäureester in einem ionisierenden Lösungsmittel ist in einer Ionisierung des Sulfonsäureesters zu suchen, die von der Abspaltung eines Protons gefolgt ist⁴⁾. Diese Ionisierung wird offensichtlich durch *cis*-ständige Substituenten erleichtert. In den Alkoholen, welche die Hydroxylgruppe im Fünfring tragen, müssen wegen der Starrheit des Fünfrings *cis*-ständige Substituenten sich stets in unmittelbarer Nachbarschaft befinden, und es ist verständlich, daß für den Sulfonsäurerest eine große Neigung besteht, aus dem Feld des *cis*-ständigen Alkyls herauszukommen: daher die außerordentlich große Zersetzlichkeit der entsprechend gebauten Ester (Nr. 15 und 17). In den Alkoholen, welche das Hydroxyl am Sechsring tragen, können sich infolge der Beweglichkeit des Cyclohexanrings Hydroxyl und *cis*-ständiges Alkyl ausweichen. Solange aber die Beweglichkeit des Rings uneingeschränkt erhalten ist, erscheint die Zersetzlichkeit der betreffenden Ester ungefähr ebenso groß wie die der Ester mit Fünfring. Eine Einschränkung der Beweglichkeit, wie sie im Kohlenstoffgerüst des *trans*-Dekalins vorhanden ist, genügt jedoch, die Häufigkeit der Ionisierung des Sulfonsäureesters herabzusetzen. Der Unterschied im Verhalten der Ester vom *trans-a*-Dekalol-49° und *cis-a*-Dekalol-93° macht dies augenfällig. Sobald also das Alkyl während einer innermolekularen Atombewegung zum Sulfonsäurerest in unmittelbare, wahre *cis*-Stellung gelangt, findet eine leichte Ionisierung des letzteren statt. Auch wenn entferntere Teile des Moleküls in die Nähe des Sulfonsäurerestes gelangen können, wie beim sterisch behinderten *trans- β* -Dekalol-53°, tritt eine, wenn auch wesentlich geringere Erleichterung der Ionisierung ein.

Sind diese Überlegungen richtig⁵⁾, so dürfte bei starrem Kohlenstoffgerüst, an dem Hydroxyl und Nachbarsubstituent sich unveränderlich in

⁴⁾ Vergl. W. Hüchel, Theoret. Grundlagen der organ. Chemie I, 605, 5. Auflage, 1944.

⁵⁾ Sie sind bereits im Jahre 1937 angestellt und seinerzeit in persönlicher Aussprache mit Hrn. Kollegen Vavon, Paris, der sich von sich aus ganz ähnliche Vorstellungen gebildet hatte, erörtert worden.

einer Ausweich-*cis*-Stellung befinden — man könnte sie als „*meso-cis*-Stellung“ in Anlehnung an den von Bredt geprägten Ausdruck „*meso-trans*-Stellung“ bezeichnen —, die Herabsetzung der Stabilität der Sulfonsäureester gegenüber den *trans*- (bzw. *meso-trans*-) Verbindungen nur gering sein. Die Untersuchung der Toluolsulfonsäureester vom Isoborneol und β -Fenchol, die beim Kochen in Methanol ziemlich bzw. ganz stabil sind, hat diese Vermutung bestätigt. Beim Isoborneol ist dieser Befund insofern überraschend, als nach den Untersuchungen Meerweins⁶⁾ dessen Halogenwasserstoffsäureester und der Chlorcymolsulfonsäureester leicht auf einer Ionisierung beruhende Umwandlungen — Isomerisierung bzw. Racemisierung — erleiden und der 2-Chlor-cymol-sulfonsäure-(5)-ester des Isoborneols, der durch Anlagerung der Säure an Camphen dargestellt worden ist, als sehr zersetzlich beschrieben worden ist⁷⁾.

Außer den Toluolsulfonsäureestern des Borneols, Isoborneols und Fenchols sind im folgenden noch die Umsetzung des Bornylesters mit Essigsäureanhydrid und die thermische Zersetzung des Isobornylxanthogenats beschrieben. Bei letzterer entstehen keine nachweisbaren Mengen Tricyclen und Bornylen, was mit der Annahme der *exo*-Konfiguration für das Isoborneol übereinstimmt. Ebenso wird mit Natriumalkoholat nur Camphen gebildet.

Die Versuche mit dem Borneol und Isoborneol hat Herr Dr. Hans Kaluba, die mit dem β -Fenchol Herr Dipl.-Chem. Horst Kindler durchgeführt.

Beschreibung der Versuche.

Toluolsulfonsäureester des *l*-Borneols: Aus *l*-Borneol ($[\alpha]_D: -35.8^\circ$) und Toluolsulfochlorid in Pyridin, umkrystallisiert aus Äthanol, Methanol und Petroläther. Schmp. 55° .

$C_{17}H_{24}O_3S$. Ber. S 10.40. Gef. S 10.10;

$\alpha_D: -0.89^\circ$ (2.662 g in 100 ccm absol. Alkohol, 2 dm); $[\alpha]_D^{20}: -16.7^\circ$.

Toluolsulfonsäureester des *inakt.* Borneols: Schmp. 81.5° .

Toluolsulfonsäureester des *l*-Isoborneols: *l*-Isoborneol, gereinigt über das Oxalat ($[\alpha]_D: -68.5^\circ$), mit *p*-Toluolsulfochlorid in Pyridin während 2 Wochen verestert, der Ester aus Petroläther umkrystallisiert. Schmp. 64° .

$\alpha_D: -0.95^\circ$ (2.022 g in 100 ccm absol. Alkohol, 2 dm); $[\alpha]_D^{20}: -23.5^\circ$.

Toluolsulfonsäureester des *inakt.* Isoborneols: Schmp. 83° .

$C_{17}H_{24}O_3S$. Ber. S 10.40. Gef. S 11.01.

Mischschmp. mit dem Ester des *inakt.* Borneols 60° .

Das *inakt.* Isoborneol war aus Camphen nach Bertram und Walbaum hergestellt und über das Oxalat gereinigt worden. Eine Probe, mit *p*-Nitro-benzoylchlorid verestert, gab keine Spur des *p*-Nitro-benzoats vom *inakt.* Borneol, sondern hatte gleich den richtigen Schmp. 132° .

Nach 3-stdg. Kochen des *p*-Toluolsulfonsäureesters des Isoborneols mit Methanol ist noch keine Veränderung wahrzunehmen; erst nach 5-stdg. Kochen ist die Bildung von Camphen festzustellen.

Bornyl-*p*-toluolsulfonat und Essigsäureanhydrid: 35 g Toluolsulfonsäureester (*inakt.*) wurden mit 175 g wasserfreiem Kaliumacetat und 1200 g Essigsäureanhydrid 36 Stdn. auf dem Wasserbad erhitzt. Dann wurde das Anhydrid durch Krystallsoda zerstört, das Reaktionsprodukt ausgeäthert, destilliert, durch Kalilauge völlig verseift und nochmals destilliert. Nach Entfernung gebildeten Borneols und Isoborneols durch Veresterung mit *p*-Nitro-benzoylchlorid in Pyridin wurde eine teils flüssige, teils feste

⁶⁾ A. 453, 16 [1927].

⁷⁾ Meerwein, a. a. O., S. 21, 41.

Masse erhalten, die zu 76% aus Camphen bestand, wie eine Titration mit Benzopersäure ergab. Tricyclen ist, wenn überhaupt, nur in sehr geringer Menge entstanden. Nach Oxydation des Camphens mit Benzopersäure, mehrtägigem Schütteln mit Kaliumpermanganat und Wasserdampfdestillation wurde ein im wesentlichen aus einem Alkohol $C_{10}H_{18}O$ bestehendes Reaktionsprodukt erhalten: Sdp. der Hauptmenge 190—193°, erstarrt teilweise. Schmp. der unsublimierten Krystalle 84° (unscharf).

$C_{10}H_{18}O$. Ber. C 77.90, H 11.65. Gef. C 77.49, H 11.33.

Da der Alkohol sich nicht ohne weiteres verestern läßt, muß ein tertiärer Alkohol vorliegen, vielleicht handelt es sich um Methyleamphenilol, das durch etwas Camphenhydrat verunreinigt ist.

Umsetzung des Isobornyl-*p*-toluolsulfonats mit Natriumalkoholat: 15 g Toluolsulfonsäureester wurden mit aus 200 ccm Alkohol und 18 g Natrium bereitetem Alkoholat 18 Stdn. auf dem Wasserbad erhitzt. Das Reaktionsprodukt wurde mit Wasserdampf übergetrieben, ausgeäthert und destilliert. Die Hauptmenge ging von 140—160° über und war fast reines Camphen (Titration mit Benzopersäure); Tricyclen und Bornylen konnten nicht nachgewiesen werden. Aus einer kleinen, von 160—200° siedenden Fraktion wurde durch Veresterung mit *p*-Nitro-benzoylchlorid das Isoborneol leicht als *p*-Nitro-benzoat, Schmp. 132°, herausgeholt; Borneol war nicht zugegen.

Zersetzung des Xanthogensäureesters des Isoborneols nach Tschugaeff: 10 g inakt. Isoborneol, über das Oxalat gereinigt, wurden mit 10 g Natriumamid in 50 ccm Toluol 2 Stdn. auf dem Wasserbad, dann noch 4 Stdn. im Laßbad auf 110° erhitzt. Die unter Fernhaltung von Feuchtigkeit filtrierte Lösung wurde mit 10 ccm Schwefelkohlenstoff in 100 ccm trockenem Äther erst $\frac{1}{2}$ Stde., dann nach Zugabe von 15 g Methyljodid noch 2 Stdn. auf dem Wasserbad erwärmt. Vom ausgeschiedenen Natriumjodid wurde abfiltriert, mit Wasser durchgeschüttelt, getrocknet und das Lösungsmittel entfernt. Der hinterbliebene Xanthogensäureester des Isoborneols krystallisierte auch bei -15° nicht.

Er wurde sofort der thermischen Zersetzung unterworfen, die bei 140° begann und in $1\frac{1}{2}$ Stdn., während deren die Temperatur auf 175° gesteigert wurde, beendet war. Das Reaktionsprodukt ging nach dem Kochen über Natrium mit der Hauptmenge von 150—160° über und wurde, mit Ausnahme eines sehr kleinen Anteils vom Vorlauf, fest. Durch fraktionierte Sublimation ließ sich in viel Camphen und wenig unreines Isoborneol, identifiziert durch sein *p*-Nitro-benzoat, Schmp. 131°, trennen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß in Camphen noch geringe Mengen Bornylen und Tricyclen enthalten waren, nachweisen ließen sie sich nicht.

Toluolsulfonsäureester des β -Fenchols: Das nacheinander über das saure Phthalat, *m*-Dinitro-benzoat und das saure Succinat gereinigte β -Fenchol (Schmp. +5.6°, $[\alpha]_D^{20}$: -23.38°) wurde mit *p*-Toluolsulfonsäurechlorid in Pyridin 3 Monate stehen gelassen. Nach dieser Zeit war noch nicht alles Fenchol verestert; ferner hatte sich anscheinend auch etwas Fenchen gebildet. Die übliche Aufarbeitung gab etwa 30% d. Th. des Esters. Farblose, verfilzte Nadeln vom Schmp. 94° nach dem Umkrystallisieren aus niedrig siedendem Petroläther. Die Krystalle sehen denen des Toluolsulfonsäureesters vom α -Fenchol, Schmp. 96°, täuschend ähnlich und geben mit ihnen auch keine Schmelzpunkterniedrigung. Daß sie gleichwohl mit ihnen nicht identisch sind, zeigt die Drehung: a_D (l = 2 dm; t = 20°; in Benzol c = 4.146): -1.43°; $[\alpha]_D$: -17.2°. a_D (in absol. Alkohol c = 2.176): -1.11°; $[\alpha]_D^{20}$: -25.5°.

$C_{17}H_{34}O_3S$. Ber. S 10.41. Gef. S 10.51.

Der Toluolsulfonsäureester des α -Fenchols (über das Oxalat gereinigt, Schmp. 47°) hat die Drehung $[\alpha]_D^{20}$: -26.62° in Benzol (251.7 mg in 10 ccm Lösung, l dm, a_D^{20} : -0.67°)⁸.

Der Toluolsulfonsäureester des β -Fenchols ist ebenso wie der des α -Fenchols nach 15-stdg. Kochen seiner methylalkohol. Lösung so gut wie unverändert.

⁸) Messung von Frl. Dr. Eskola, 1938, neuerdings an einem anderen Präparat bestätigt.

Eine Gewinnung des β -Fenchols aus einem etwa gleiche Teile α - und β -Fenchol enthaltenden Gemisch durch partielle Veresterung mit Toluolsulfochlorid in einer Menge, welche die für die Veresterung des α -Fenchols um etwa 10% übersteigt, ist nicht möglich. Es entsteht nach mehrwöchigem Stehenlassen praktisch reiner α -Ester; die mit Wasserdampf abgeblasenen, nicht veresterten Anteile enthalten zwar das β -Fenchol, daneben aber noch Fenchon, weshalb sich das Verfahren nicht lohnt.

142. Walter Hückel und Christoph Michael Salinger: Dipolmomente und Oberflächenspannungen von stickstoffhaltigen Heterocyclen aromatischen Charakters.

[Aus d. Chem. Institut der Universität u. Techn. Hochschule Breslau.]

(Eingegangen am 15. September 1944.)

Die dielektrischen Eigenschaften und die Assoziationserscheinungen bei stickstoffhaltigen Heterocyclen von aromatischem Charakter bieten noch manches Rätselhafte¹⁾, obwohl in letzter Zeit die Dipolmomente von zahlreichen Heterocyclen bestimmt worden sind²⁾. Auffallenderweise stimmen die in verschiedenen Arbeiten gefundenen Dipolmomente keineswegs immer überein; so finden K. A. Jensen und A. Friediger³⁾ für Imidazol in Benzol nur 3.84 D, während Hückel und Datow¹⁾ 6.2 fanden. Die von letzteren für das Pyrazol zur Erklärung des kleinen Moments von etwa 1.6 (in Benzol) aufgestellte Hypothese³⁾ der Assoziation durch NH-Brücken wird von Jensen mit der Begründung abgelehnt, daß *N*-Methyl-pyrazol ebenfalls ein nur kleines Moment besitze; immerhin beträgt dieses kleine Moment 2.28 D (in Benzol), ist also erheblich größer als das des Pyrazols. Ehe vergleichende Messungen über Molekulargewichte, Oberflächenspannung u. a. beim Pyrazol und *N*-Methyl-pyrazol vorliegen, sollte man daher mit einer solchen Behauptung vorsichtig sein. Die Zeitumstände haben es uns unmöglich gemacht, selbst die Entscheidung dieser und anderer Fragen in die Hand zu nehmen. Da uns auch die Arbeit von Jensen im Original nicht zugänglich ist, soll im folgenden auf sie weiter kein Bezug genommen werden. An den früher von dem einen von uns mitgeteilten Ergebnissen hat sich nur insofern etwas geändert, als Kontrollmessungen am Pyrazol in Dioxan auf Rechenfehler bei einigen früheren Messungen⁴⁾ aufmerksam machten, wodurch die damals beim Dipolmoment gemachte Extrapolation auf unendliche Verdünnung hin-fällig wird; das Dipolmoment des Pyrazols in Dioxan beträgt höchstens 2.64, nicht 5.6 D. Dadurch werden die noch unerklärten Differenzen zwischen den aus dielektrischen und kryoskopischen Messungen hergeleiteten Assoziationsgraden zwar gemindert, aber keineswegs völlig beseitigt.

In der Hauptsache werden im folgenden in Fortführung der Arbeit über das Pyridazin⁴⁾ Beobachtungen am Pyrimidin mitgeteilt und mit solchen am Pyridin verglichen.

Beim Pyridazin ließ sich das Dipolmoment nach dem Gesetz der Vektoraddition mit recht guter Annäherung aus dem Moment des Pyridins berechnen,

¹⁾ W. Hückel, J. Datow u. E. Simmersbach, Ztschr. physik. Chem. (A) 186, 129 [1940].

²⁾ K. A. Jensen u. Friediger, Kgl. danske Vidensk. Selsk., math.-fysiske Medd. 26. Nr. 20, 1 [1943] (C. 1944 I, 416).

³⁾ A. a. O., S. 156.

⁴⁾ W. Hückel u. W. Jahmentz, B. 75, 1438 [1942].