

butindiols (das Isomere vom Schmp. 103–104⁰) erkannt wurden⁴). Das Chloroform wurde abdestilliert und der Rückstand in heißem Benzol gelöst. Beim Erkalten fielen glänzende Nadeln aus, die mit Krystallen anderer Form vermischt waren, aber leicht mechanisch von den letzteren abgetrennt werden konnten. Diese Nadeln (9.5 g) erwiesen sich als das γ -Oxyd des Dibrom-tetraphenyl-butindiols (Schmp. 200⁰ ⁵), die anderen Krystalle (Schmp. 172⁰, 0.2 g) als das Dibromid des zweiten isomeren Diphenyl-butindiols (Schmp. 142⁰). Aus der Benzol-Lösung wurde durch Abtreiben von Benzol und Umlösen aus Petroläther eine neue krystallinische Substanz (Schmp. 112⁰) gewonnen, die in Benzol und heißem Petroläther leicht löslich war.

0.1597 g Sbst. (nach Dennstedt): 0.0588 g Br. — 0.2686 g Sbst.: 0.5734 g CO₂, 0.0859 g H₂O. — 0.1434 g Sbst. in 10.45 g Benzol: $\Delta = 0.15^0$.

C₂₂H₁₆Br₂O. Ber. C 57.89, H 3.54, Br 35.07, Mol.-Gew. 456.

Gef. „ 58.22, „ 3.58, „ 34.95, „ 458.

Die Substanz stellt also das Dibromid eines γ -Oxydes des erwarteten Triphenyl-butindiols, d. h. das 2.2.5-Triphenyl-3.4-dibrom-2.5-dihydrofuran, dar; da sie in einer Menge von 2.5 g erhalten wurde, müßte die Ausbeute an Glykol etwa 24% d. Th. betragen.

Leningrad, 15. Dezember 1932.

63. Percy Brigl und Richard Schinle: Kohlenhydrate, XV. Mitteil.¹): Über Benzoyl- und Benzalderivate der Fructose.

[Aus d. Chem. Institut d. Landwirtschaftl. Hochschule Hohenheim.]

(Eingegangen am 16. Januar 1933.)

Die Untersuchungen in unserem Laboratorium über die reaktionsfähigen Formen der Zucker wurden bisher hauptsächlich am Traubenzucker angestellt. Es erschien wünschenswert, auch andere Zuckerarten mit heranzuziehen, vor allem neben Aldosen auch eine Ketose. Wir befaßten uns, zunächst nur als Vorstudie gedacht, mit den Acylderivaten der Fructose, um dann zu erkennen, daß wir uns damit schon mitten in dem gewünschten Gebiete befanden. Von der Fructose als wichtigstem Vertreter dieser Reihe kennt man durch Hudson und Brauns²) ³) eine Reihe von Acetaten. Über Benzoate, die nach unseren Untersuchungen für die oben erwähnten Zwecke wegen der stärkeren Haftfestigkeit der Benzoyle vor den Acetaten mancherlei Vorzüge besitzen, liegen nur ältere Untersuchungen vor⁴) ⁵), die mangels genauer experimenteller Angaben schlecht nachzuprüfen sind. Wir wählten als Benzoylierungsmittel Benzoylchlorid und Pyridin und erhielten dabei insgesamt 3 krystallisierte Benzoate, verschieden von den bisher beschriebenen Substanzen, aber weitgehend ähnlich den Acetaten Hudsons. Es handelt sich um 2 Tetrabenzoate I und II und 1 Penta-

4) Dupont, Ann. Chim. Phys. [8] **30**, 522 [1913]. ⁵) B. **62**, 1747 [1929].

1) XIV. Mitteil.: Brigl u. Schinle, B. **65**, 1890 [1932].

2) Brauns, Verslag K. Akad. Wetensch. Amsterdam **1908**, 577.

3) Hudson u. Brauns, Journ. Amer. chem. Soc. **37**, 1283, 2738 [1915].

4) Panormoff, B. **24**, Ref. 971 [1891].

5) Skraup, Monatsh. Chem. **10**, 397 [1889].

benzoat. Von den beiden Tetrabenzoaten ist I, eine stark links drehende Substanz vom Schmp. 175⁰, leicht erhältlich, während II, ein wesentlich niedriger schmelzendes Produkt, bisher nur bei bestimmter Aufarbeitung in kleineren Mengen erhältlich war, so daß es einer näheren Untersuchung noch nicht unterzogen werden konnte.

Das Tetrabenzoat I gewinnt man am besten, wenn man Fructose mit 4 Molen Benzoylchlorid in Chloroform als Verdünnungsmittel behandelt. Frei bleibt das Hydroxyl in Position 2, denn der Stoff reduziert Fehlingsche Lösung und läßt sich mit Jodmethyl und Silberoxyd in das nicht reduzierende Tetrabenzoat des β -Methyl-fructosids verwandeln. Durch alkalische Verseifung bekommt man das schon bekannte β -Methyl-fructosid⁶⁾ selber, das den normalen 2.6-Ring der Fructose enthält. Es liegt offenbar in dem Körper das 1.3.4.5-Benzoat der normalen Fructose-Form mit dem Ring von 2 nach 6 vor. Dazu paßt auch, daß der Körper in seiner Drehung weitgehend übereinstimmt mit dem entsprechenden Tetraacetat von Hudson. Auch bei der Acetylierung bleibt die Reaktion leicht beim Tetraacetat stehen.

Benzoyliert man mit mehr als 5 Molen Benzoylchlorid, gleichfalls in Chloroform als Verdünnungsmittel, so entsteht, neben dem immer noch auftretenden Tetrabenzoat, ein Pentabenzoat, das eine Rechtsdrehung von 40⁰ zeigt. Der naheliegende Schluß, daß es sich um das zum Tetrabenzoat I gehörige Pentabenzoat handelt, trifft nicht zu. Weitere Benzoylierung des Tetrabenzoats ergab den Körper nicht, das Tetrabenzoat erwies sich als sehr resistent. Unter energischen Bedingungen gelingt die Einführung von Acetyl mit Essigsäure-anhydrid-Natriumacetat; Pyridin-Essigsäure-anhydrid versagt. Es zeigte sich schließlich, daß man es in dem Pentabenzoat mit einem Derivat der echten Ketoform der Fructose mit offener Kette zu tun hat. Es bildet das Pentabenzoat mit Mercaptan bei Gegenwart von Chlorwasserstoff unter Eintritt von 2 Mercaptanresten das Pentabenzoat des Fructose-Mercaptols. Wäre das Mercaptol aus einer Ringform unter Aufspaltung des Ringes entstanden, so hätte, analog wie bei den Glucose-Derivaten¹⁾, Abspaltung eines Benzoyls erfolgen müssen, während prozentische Zusammensetzung ebensogut wie die Verseifungszahl das Vorhandensein von 5 Benzoylgruppen einwandfrei bewiesen. Das neue Pentabenzoat entspricht offenbar dem ähnlich drehenden sogenannten α -Pentaacetat von Hudson, von dem Pacsu⁷⁾ neuerdings angegeben hat, daß es sich um die offene Kettenform handelt.

Bei dem von Heflerich und Bredereck⁸⁾ aus Trityl-fructose erhaltenen Tetraacetat (Schmp. 112⁰) mit der Drehung +50⁰ liegt danach offenbar ebenfalls ein Derivat der Ketoform vor, da es durch Weiteracetylierung in die „ α -Pentaacetyl-fructose“ übergeht. Die Trityl-fructose scheint deshalb geeignet zu sein, als Ausgangsmaterial für partiell acylierte Derivate der Keto-fructose Verwendung zu finden.

Während also bei der Glucose bisher die *al*-Form nur auf dem Umwege über das Mercaptal oder das Cyanhydrin zugänglich ist, entsteht aus der Fructose unmittelbar unter sehr milden Bedingungen das Benzoat der

⁶⁾ Hudson u. Brauns, Journ. Amer. chem. Soc. **38**, 1216 [1916].

⁷⁾ Pacsu, Journ. Amer. chem. Soc. **54**, 1697 [1932].

⁸⁾ Heflerich u. Bredereck, A. **465**, 177 [1928].

Ketoform. Beim α -Pentaacetat benutzte Hudson zur Darstellung die immerhin etwas gewaltsamere Behandlungsweise mit Essigsäure-anhydrid-Chlorzink; er gibt allerdings an, daß dies Acetat sich in kleinem Prozentsatz auch bei der Acetylierung der Fructose in Pyridin-Lösung bildet. Man muß aus diesen Tatsachen den Schluß ziehen, daß bei der Fructose die Neigung zur Bildung der offenen Form wesentlich größer ist, als bei der Glucose. Bei der Leichtigkeit, mit der in der Natur Glucose in Fructose übergeht, könnte diese Tatsache biologisch von Bedeutung sein. Ob in der freien Fructose diese eigentliche Ketoform zu einem gewissen Prozentsatz schon vorliegt, oder ob sie sich erst unter dem Einfluß des Acylierungsmittels aus einem labilen Ringsystem, etwa dem 2,5-Ring, bildet, ist noch nicht mit Sicherheit zu sagen. Der normale 2,6-Ring ist es jedenfalls nicht, der aufgespalten wird, er ist eher stabiler als der 1,5-Ring der Glucose. Wenigstens scheint uns in diesem Sinne die Beobachtung verwertbar zu sein, daß das Tetrabenzoat I weder bei weiterer Benzoylierung das obige Pentabenzoat gibt, noch unter dem Einfluß von Mercaptan-Salzsäure in ein Mercaptol übergeht, wie es das entsprechende Glucose-Derivat mit dem Normalring ohne weiteres tut. Selbst nach längerer Einwirkung ist das Tetrabenzoat aus dem Reaktionsgemisch unverändert wieder zu erhalten.

Über die Natur des Tetrabenzoats II kann, wie oben schon erwähnt, Näheres noch nicht angegeben werden. Es entsteht, wenn man Fructose ohne Verdünnungsmittel benzoyliert, und läßt sich aus dem vorliegenden starken Gemisch nur dann direkt isolieren, wenn man mit 4 Molen Benzoylierungsmittel arbeitet. Sicherer verfährt man so, daß man stärker benzoyliert und nach vorhergehender Einwirkung von Bromwasserstoff-Eisessig das Gemisch der Benzoate fraktioniert. Über die genauere Struktur ist noch nichts auszusagen. Daß einfach α - und β -Form des gleichen Tetrabenzoats in den beiden Körpern I und II vorliegt, ist deswegen unwahrscheinlich, weil noch keine Andeutungen für eine wechselseitige Umwandlung gefunden wurden. Es muß jedoch noch mehr Material angesammelt werden, ehe hierüber eine Entscheidung fallen kann.

Fructose ist auch mit Benzaldehyd zur Reaktion zu bringen, wenn man die beiden Komponenten bei Gegenwart von Chlorzink aufeinander einwirken läßt. Das krystallisierte Material ist eine Dibenzal-fructose mit einer freien Hydroxylgruppe, die durch Acetyl und Benzoyl besetzbar ist. Wir begnügen uns heute mit der Beschreibung dieser 3 krystallisierten Derivate, die genauere Ortsbestimmung behalten wir uns vor.

Beschreibung der Versuche.

1.3.4.5- β -Tetrabenzoyl-fructose (I).

Zu einer auf -10° abgekühlten Mischung von 23,5 ccm Benzoylchlorid ($\frac{4}{20}$ Mol), 30 ccm Pyridin und 60 ccm Chloroform fügt man allmählich 9 g ($\frac{1}{20}$ Mol) feinst gepulverte Fructose und schüttelt 1 Stde. bei -10° . Der durch ausgeschiedene Pyridinsalze dicklich gewordene Brei wird auf Zimmer-Temperatur erwärmt und die nun orange gefärbte Lösung noch 30 Stdn. aufbewahrt. Sodann wird die Lösung mit 100 ccm Chloroform verdünnt, nacheinander mit Wasser, verd. Schwefelsäure und Sodalösung gewaschen und nach Trocknen mit Chlorcalcium auf dem Wasserbade zum Sirup eingedampft. Mit 60 ccm Tetrachlorkohlenstoff angerieben, tritt sofort reichliche Krystallisation ein. Die Krystalle (21 g) zeigen einen noch

zu niedrigen Schmelzpunkt und enthalten etwas Tetrachlorkohlenstoff. Man krystallisiert noch einmal aus 200 ccm Alkohol und erhält so den reinen Körper in derben Prismen oder in zu Drusen vereinigten Prismen-Büscheln. Zur Analyse wird noch 2-mal aus Alkohol krystallisiert. Schmp. 174—175°.

0.1097 g Sbst.: 0.2750 g CO₂, 0.0480 g H₂O.

C₃₄H₂₈O₁₀ (596.22). Ber. C 68.43, H 4.73, Gef. C 68.37, H 4.89.

Drehung in Chloroform: $[\alpha]_D^{20} = -(13.70 \times 10) : (2 \times 0.4154) = -164.9^\circ$. Keine Mutarotation.

Das Tetrabenzoat ist leicht löslich in Aceton, Chloroform, Äther, Essigester; es löst sich reichlich in heißem Alkohol, Benzol, Tetrachlorkohlenstoff und kann aus diesen Lösungsmitteln umkrystallisiert werden. Beim Erwärmen mit Fehlingscher Lösung tritt rasch Reduktion ein.

2-Acetyl-1.3.4.5-tetrabenzoyl-fructose: 5 g β -Tetrabenzoyl-fructose wurden mit 15 ccm Essigsäure-anhydrid und 7 g Natriumacetat 3 Stdn. auf dem siedenden Wasserbade erhitzt. Die Lösung wurde nach Abkühlung in Wasser gegossen, das zuerst ausfallende Öl wurde beim Durchkneten rasch fest. Zur Reinigung wurde aus Alkohol krystallisiert. Beim langsamen Abkühlen entstehen große, harte Prismen. Schmp. 112—113°.

Drehung in Chloroform: $[\alpha]_D^{20} = -(10.54 \times 10) : (0.3280 \times 2) = -160.7^\circ$. Keine Mutarotation.

0.1534 g Sbst.: 0.3802 g CO₂, 0.0642 g H₂O.

C₃₆H₃₀O₁₁ (638.2). Ber. C 67.70, H 4.73, Gef. C 67.60, H 4.68.

β -Methyl-fructosid-1.3.4.5-tetrabenzoat.

5 g Tetrabenzoat wurden in einer Stöpselflasche mit 15 ccm Jodmethyl und 5 g Silberoxyd 12 Stdn. bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahrt. Dann wurde mit Methylalkohol verdünnt, von den Silberverbindungen abfiltriert und zum Sirup eingengt. Dieser krystallisierte, mit wenig Methylalkohol angerieben, zu einer schweren, sandigen Masse (4 g). Schmp. nach 2-maliger Krystallisation aus Alkohol 113°.

17.267 mg Sbst.: 6.142 mg AgJ (Mikro-Zeisel). — 0.6102 g Sbst., mit $n/2$ -Methylat verseift, verbraucht. 19.87 ccm $n/3$ -Lauge.

C₃₅H₃₀O₁₀ (610.23). Ber. OCH₃ 5.08, Benzoyl 68.7, Gef. OCH₃ 4.70, Benzoyl 68.4.

Das Tetrabenzoat des Methyl-fructosids ist leicht löslich in Aceton, Chloroform, Benzol, Äther, in der Hitze löslich in Alkohol. Fehlingsche Lösung wird auch beim längeren Erhitzen nicht reduziert.

$[\alpha]_D^{20} = -(16.75 \times 10) : (2 \times 0.4891) = -171.3^\circ$ (in Chloroform).

β -Methyl-fructosid: Wird durch Verseifung des Benzoats mit methylalkoholischem Ammoniak erhalten. Die methylalkoholische Lösung wurde im Vakuum eingengt und die zurückbleibende feste Masse zur Entfernung von Benzamid mit Aceton ausgekocht. Die nicht gelösten Krystalle sind schon recht reines β -Methyl-fructosid. Nach 1-maliger Krystallisation aus wenig absol. Alkohol war der Schmp. 119°.

$[\alpha]_D^{20} = (-4.75 \times 10) : (2 \times 0.1382) = -171.8^\circ$.

Der Körper ist danach identisch mit dem von Hudson und Brauns⁶⁾ beschriebenen Material, Schmp. 119—120°, $[\alpha]_D = -172.1^\circ$.

Tetrabenzoat II.

Bei den ersten Versuchen, eine vollständig benzoylierte Fructose zu erhalten, wurden 10 g Fructose mit einer auf -10° abgekühlten Mischung

von 40 ccm Benzoylchlorid und 50 ccm Pyridin geschüttelt; das gelbbraun gefärbte Reaktionsprodukt war weder beim Durchkneten mit Wasser, noch nach Ausschütteln der Lösung in Chloroform mit Schwefelsäure und Sodalösung zur Krystallisation zu bringen. Der Sirup wurde daraufhin in 100 g Bromwasserstoff-Eisessig gelöst, nach 1 Stde. in Wasser gegossen und das ausfallende Öl mehrmals mit Wasser gewaschen. Die nun halbste, heller gewordene Masse wurde in Aceton gelöst und das Brom, das schon teilweise durch Wasser abgespalten worden war, mit Silbercarbonat vollends abgelöst. Der so erhaltene Sirup wurde in einer eben zur Lösung ausreichenden Menge Methylalkohol aufgenommen, nach einigen Tagen setzte eine Krystallisation von feinen biegsamen Nadelchen ein. Die Krystallisation war nicht einheitlich; es lag ein Gemisch von Pentabenzoyl-Keto-fructose mit Tetrabenzoat II vor. Durch öfteres Fraktionieren aus Alkohol gelang es, das bei 123—124° schmelzende Tetrabenzoat zu isolieren.

0.1295 g Sbst.: 0.3263 g CO₂, 0.0565 g H₂O.

C₃₄H₂₈O₁₀ (596.22). Ber. C 68.43, H 4.73. Gef. C 68.72, H 4.88.

Drehung in Chloroform:

1/2 Stde. nach Auflösung: $[\alpha]_D^{20} = (-0.29 \times 10) : (2 \times 0.2377) = -6.10^0$.

20 „ „ „ „ $[\alpha]_D^{20} = (-0.65 \times 10) : (2 \times 0.2377) = -13.7^0$ (Endwert).

Der Körper reduziert Fehlingsche Lösung leicht beim Erwärmen. Mit dem unten beschriebenen Pentabenzoat der Keto-fructose, von dem es sich durch Analyse und Drehung unterscheidet, dessen Schmp. aber sehr nahe liegt (124—125°), tritt beim Mischen eine starke Depression ein (Misch-Schmp. 105°). Obwohl die Darstellungsweise reproduzierbar ist, ist die geringe Ausbeute wenig befriedigend. In kleinen Ansätzen versuchte Methylierungen und Acetylierungen des Körpers führten zu nicht krystallisierenden sirupösen Derivaten.

1.3.4.5.6-Pentabenzoyl-Keto-fructose.

Ein erster Benzoylierungs-Ansatz von Fructose mit 6 Molen Benzoylchlorid und Pyridin in Chloroform-Lösung ergab nach Behandlung der Rohbenzoate mit Bromwasserstoff-Eisessig und folgender Bromwasserstoff-Abspaltung ein Gemisch von β-Tetrabenzoat I mit Pentabenzoyl-Keto-fructose. Durch öfteres Fraktionieren aus Alkohol wurden diese beiden Substanzen getrennt. Das Pentabenzoat erwies sich als in Äther in der Hitze löslich und krystallisierte beim Abkühlen als Äther-Verbindung wieder aus. Das Tetrabenzoat blieb in Äther in Lösung. Daraus ergab sich folgende Darstellungsweise:

18 g Fructose wurden mit 98 g Benzoylchlorid, 120 ccm Pyridin in 150 ccm Chloroform, genau wie beim Tetrabenzoat I beschrieben, zur Reaktion gebracht und aufgearbeitet. Zur Entfernung stets mitgebildeten Tetrabenzoats I wurde der Rohsirup der Benzoate in Tetrachlorkohlenstoff gelöst und 24 Stdn. im Eisschrank aufbewahrt. Nach Abfiltrieren des auskrystallisierten Tetrabenzoats I und Verdampfen des Tetrachlorkohlenstoffs im Vakuum wurde in 200 ccm Äther gelöst und 24 Stdn. bei -5° aufbewahrt. Es krystallisierten 12 g Pentabenzoyl-Keto-fructose aus, die durch kleine Mengen eines hartnäckig anhaftenden Körpers gelblich gefärbt sind. Durch öfteres Fraktionieren aus Alkohol erhält man das in schönen, harten Prismen krystallisierende Pentabenzoat rein. Schmp. 124—125°.

0.1098 g Sbst.: 0.2828 g CO₂, 0.0467 g H₂O.

C₄₁H₃₂O₁₁ (700.26). Ber. C 70.26, H 4.61. Gef. C 70.25, H 4.75.

Drehung in Chloroform: $[\alpha]_D^{20} = +(2.60^0 \times 10) : (2 \times 0.3182) = +40.9^0$. Keine Mutation.

Die Pentabenzoyl-Keto-fructose ist leicht löslich in Aceton, Chloroform, Flüssigester, Tetrachlorkohlenstoff, in der Hitze löslich in Äther, Benzol, Alkohol, beim Abkühlen erfolgt reichliche Krystall-Abscheidung. Fehlingsche Lösung wird erst nach längerem Kochen reduziert.

Pentabenzoyl-fructose-mercaptol.

Während die beiden Tetrabenzoate mit Mercaptan-Chlorwasserstoff selbst nach 7-tägiger Einwirkung nicht zur Reaktion zu bringen sind, bildet das Pentabenzoat der Keto-fructose in glatter Reaktion das Mercaptol:

1.5 g Pentabenzoyl-Keto-fructose wurden mit 5 ccm Mercaptan übergossen und Chlorwasserstoff bis zur Sättigung eingeleitet. Nach 5 Stdn. hatten sich in der Lösung Wasser-Tröpfchen abgeschieden. Das Mercaptan wurde mittels eines kräftigen Luft-Stromes verjagt und der zurückbleibende Sirup mit Alkohol angerieben. Die durchkrystallisierte Masse wurde noch 2-mal aus Alkohol umkrystallisiert, wobei das Mercaptol in schönen, stark glänzenden Plättchen erhalten wurde. Schmp. 128—120°.

0.1692 g Sbst.: 0.4152 g CO₂, 0.0800 g H₂O. — 0.1834 g Sbst.: 0.1030 g BaSO₄. — 4.0324 g Sbst. verbraucht. 50.12 ccm $n/2$ -Lauge (Methylat-Verseifung).

C₁₄H₄₂O₁₀S₂ (806.5). Ber. C 66.96, H 5.25, S 7.95, Benzoyl 65.1.

Gef. „ 66.92, „ 5.29, „ 7.72, „ 65.2.

$[\alpha]_D^{20} = +(2.68^0 \times 10) : (2 \times 0.2601) = +51.5^0$ (in Chloroform).

Das Mercaptol ist in der Kälte löslich in Äther, Chloroform, Aceton, Benzol, in Alkohol nur in der Wärme gut.

Dibenzal-fructose.

10 g Fructose wurden mit 25 ccm Benzaldehyd übergossen und nach Zugabe von 8 g Chlorzink 4 Stdn. auf der Maschine geschüttelt. Nachdem noch 4 Tage verschlossen aufbewahrt worden war, wurde die homogene, zähflüssige Masse mit Wasser und Petroläther durchgerührt, wobei ein ungelöster öliges Anteil langsam fest wurde. Der mit etwas Benzoesäure durchsetzte Krystallkuchen wurde mehrmals aus Tetrachlorkohlenstoff umkrystallisiert. Die Dibenzal-fructose wird so in Form feiner, seideglänzender Nadelchen erhalten, die bei 160° schmelzen.

0.1561 g Sbst.: 0.3844 g CO₂, 0.0769 g H₂O.

C₂₀H₂₀O₆ (356.16). Ber. C 67.38, H 5.66. Gef. C 67.16, H 5.51.

$[\alpha]_D^{20} = -(1.29^0 \times 10) : (2 \times 0.2815) = -22.9^0$ (in Chloroform).

Acetyl-dibenzal-fructose: Durch Acetylierung mit Pyridin und Essigsäure-anhydrid wird ein aus Alkohol gut krystallisierendes Acetat erhalten. Feine Nadelchen, Schmp. 145—146°. $[\alpha]_D^{20} = -37.5^0$ (in Chloroform).

[Benzoyl-dibenzal-fructose: Durch Benzoylierung mit Benzoylchlorid-Pyridin erhält man ein aus Alkohol in glänzenden Plättchen krystallisierendes Benzoat vom Schmp. 147°.

C₂₇H₂₄O₇ (460.2). Ber. C 70.41, H 5.26. Gef. C 70.67, H 5.52.

$[\alpha]_D^{20} = -(1.5^0 \times 10) : (2 \times 0.4153) = -18.05^0$ (in Chloroform).

Die Untersuchung wird fortgesetzt.