

509. P. Walden: Ueber ein neues, die Drehungsgrösse steigerndes Mittel.

(Eingegangen am 22. November.)

Bei meinen Untersuchungen über die wechselseitige Umwandlung optischer Antipoden handelte es sich oft darum, kleine Mengen *d*- oder *l*-Aepfelsäure zu diagnosticiren; bekanntlich besitzt aber diese Säure Eigenschaften, die für die Zwecke ihrer Charakterisirung sehr wenig geeignet sind: Schmelzpunkt, Löslichkeit in organischen Solventien und Krystallform sind praktisch kaum zu verwerten, die optische Activität dagegen ist an und für sich gering, ausserdem noch ungemein empfindlich gegen Concentrationsänderungen, sowie abhängig von der Natur des Lösungsmittels ¹⁾, sodass sie nur zu oft der Null sich nähert und für ein und dieselbe Säure bald rechts-, bald linksdrehend ausfallen kann. Ich musste daher mein Augenmerk auf die Eruirung eines Mittels richten, das 1. das Zeichen der Drehung constant werden und 2. die Grösse der Drehung nach Möglichkeit steigern liesse. Unter den bisher bekannten Mitteln — Sauerstoffverbindungen des Bors (Biot, Pasteur), des Arsens, Antimons, Molybdäns und Wolframs (Gernez) — habe ich kein für meine Zwecke geeignetes gefunden, weil sie entweder nur eine geringe Drehungszunahme bewirkten, oder weil ihre Anwendung zu umständlich war. Dagegen fand ich in den Uranylsalzen ein solches, bisher noch nicht verwandtes und meinen Forderungen vollauf entsprechendes Agens. Zur Verwendung eignet sich sowohl Uranylacetat als auch Uranylnitrat, letzteres verdient jedoch seiner Leichtlöslichkeit wegen den Vorzug.

Die Arbeitsart bestand in Folgendem: zu einer Lösung der Säure wurde erst wässriges Kalihydrat, dann die Uranylnitratlösung hinzugefügt und alsdann die klare hellgelbe Flüssigkeit im dreitheiligen Polarisationsapparat bei gelbem Natriumlicht untersucht. Zwecks Ermittlung des Maximums der Drehung wurden bei constanter Säuremenge die Alkali- und Uranylsalz-Mengen verschiedentlich variirt.

Die Lösung des Kalihydrats enthielt 10.8 g in 100 ccm; vom Uranylnitrat waren 40 g des käuflichen krystallinischen (Merck'schen) Präparats in 100 ccm gelöst.

I. *l*-Aepfelsäure: von käuflich getrockneter Säure wurden 13.0 g auf 100 ccm gelöst.

0. Die Drehung dieser Lösung betrug: für $c = 0.65$, $e = 2$ dem, $\alpha_D = \text{ca.}$
 $- 0.01^\circ$, $[\alpha]_D = - 0.77 \text{ -- } \pm 0^\circ$.

1. 1 ccm der Lösung I + 2 ccm obiger KOH mit Wasser auf 20 ccm verdünnt: $c = 0.65$, $l = 2$ dem, $\alpha_D = - 0.04^\circ$ $[\alpha]_D = - 3.0^\circ$.

¹⁾ Nasini, Zeitschr. phys. Chem. 19, 113.

2. 1 ccm der Lösung I + 5 ccm obigen Uranyl-nitrats mit Wasser auf 20 ccm verdünnt: $c = 0.65$, $l = 2$ dcm, $\alpha_D = -0.14^0$. . . $[\alpha]_D = -11^0$.
3. 1 ccm Aepfelsäurelösung I + $\frac{1}{2}$ ccm KOH + 1 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm verdünnt: $c = 0.65$, $l = 2$ dcm, $\alpha_D = -1.80^0$. . . $[\alpha]_D = -139^0$.
4. 1 ccm Lösung I + 1 ccm KOH + 1 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm verdünnt: $c = 0.65$, $l = 2$ dcm, $\alpha_D = -3.60^0$. . . $[\alpha]_D = -277^0$.
5. 1 ccm Lösung I + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $c = 0.65$, $l = 2$ dcm, $\alpha_D = -3.13^0$. . . $[\alpha]_D = -241^0$.
6. 1 ccm Lösung I + 2 ccm KOH + $1\frac{1}{2}$ ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $c = 0.65$, $l = 2$ dcm, $\alpha_D = -6.17^0$. . . $[\alpha]_D = -475^0$.
7. 1 ccm Lösung I + 2 ccm KOH + 5 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $c = 0.65$, $l = 2$ dcm, $\alpha_D = -6.09^0$. . . $[\alpha]_D = -470^0$.
8. 1 ccm Lösung I + 2 ccm KOH + 10 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $c = 0.65$, $l = 2$ dcm, $\alpha_D = -5.81^0$. . . $[\alpha]_D = -447^0$.
9. 1 ccm Lösung I + 2 ccm KOH + 17 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $c = 0.65$, $l = 2$ dcm, $\alpha_D = -5.43^0$. . . $[\alpha]_D = -415^0$.
10. 1 ccm Lösung I + 3 ccm KOH + 5 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $c = 0.65$, $l = 2$ dcm, $\alpha_D = -5.86^0$. . . $[\alpha]_D = -451^0$.

Das Maximum der Drehung liegt daher bei 6 bzw. 7, wenn auf 1 Mol. Aepfelsäure ca. 4 Mol. Kalihydrat und 1—4 Mol. Uranyl-nitrat $[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 + 6\text{H}_2\text{O}]$ kommen; ausserdem ist diese Drehung mehr als fünfhundert mal grösser, als die Anfangsdrehung der reinen Aepfelsäurelösung; schliesslich ist die Richtung der Ablenkung unverändert geblieben.

Es lag nun nahe, auch einige andere optisch active Individuen auf ihr Verhalten in Gegenwart der alkalischen Uranyl-nitratlösung zu prüfen, um zu constatiren, ob die Wirkung dieses Reagenzes allgemein oder von der Constitution der activen Körner abhängig ist.

II. Weinsäure: 15 g käufliche Weinsäure wurden auf 100 ccm gelöst.

0. 1 ccm dieser Säurelösung wurde mit Wasser auf 20 ccm verdünnt:
 c ist hier, wie in allen folgenden Versuchen $= 0.75$, sowie $l = 2$ dcm.
 $\alpha_D = +0.22^0$. . . $[\alpha]_D = +14.7^0$.
1. 1 ccm von II + 2 ccm KOH, auf 20 ccm verdünnt:
 $\alpha_D = +0.69^0$. . . $[\alpha]_D = +46^0$.
2. 1 ccm von II + 5 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = +0.59^0$. . . $[\alpha]_D = +40^0$.
3. 1 ccm von II + 1 ccm KOH + 1 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = +3.60^0$. . . $[\alpha]_D = +240^0$.
4. 1 ccm von II + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = +2.73^0$. . . $[\alpha]_D = +182^0$.
5. 1 ccm von II + 2 ccm KOH + 1.5 ccm Uranyl-nitrat, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = +3.98^0$. . . $[\alpha]_D = +265^0$.

6. 1 ccm von II + 2 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 4.55^0 \dots [\alpha]_D = + 303^0$.
7. 1 ccm von II + 2 ccm KOH + 10 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 3.34^0 \dots [\alpha]_D = + 223^0$.
8. 1 ccm von II + 3 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 3.47^0 \dots [\alpha]_D = + 231^0$.

Auch hier liegt das Maximum der Ablenkung beim Verhältniss von 1 Mol. Weinsäure auf ca. 4 Mol. KOH und 1—4 Mol. Uranylнитрат; die Steigerung der Drehungsgrösse beträgt etwa das Zwanzigfache, wobei die Drehungsrichtung ungeändert bleibt.

Um zu entscheiden, wie in der Weinsäuremolekel die beiden Carboxylgruppen bei dieser Reaction mitwirken, wurde noch untersucht:

III. Der Weinsäuremonomethylester (Schmp. 75—76°):
 1.93 g in 10 ccm.

0. 1 ccm von III mit Wasser auf 20 ccm verdünnt; also hier, wie nachstehend,
 $c = 0.965$ und $l = 2$ dcm, $\alpha_D = + 0.35^0 \dots [\alpha]_D = + 18^0$.
1. 1 ccm von III + 2 ccm KOH, mit Wasser auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 0.62^0 \dots [\alpha]_D = + 32^0$.
2. 1 ccm von III + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 0.44^0 \dots [\alpha]_D = + 23^0$.
3. 1 ccm von III + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 2.00^0 \dots [\alpha]_D = + 104^0$.
4. 1 ccm von III + 2 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 4.48^0 \dots [\alpha]_D = + 232^0$.
5. 1 ccm von III + 2 ccm KOH + 10 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 3.38^0 \dots [\alpha]_D = + 175^0$.
6. 1 ccm von III + 3 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 4.04^0 \dots [\alpha]_D = + 209^0$.

Die Verhältnisse bei dem Weinsäuremonomethylat sind ganz analog wie bei der freien Weinsäure: nur ist die Steigerung geringer, etwa das 13-fache.

IV. Chinasäure: Von käuflicher Chinasäure wurden 19.2 g pro 100 ccm gelöst.

0. von IV wurde 1 ccm auf 20 ccm mit Wasser verdünnt, daher hier, wie nachstehend, $c = 0.96$, $l = 2$ dcm. $\alpha_D = - 0.79^0 \dots [\alpha]_D = - 41^0$.
1. 1 ccm von IV + 2 ccm KOH, mit Wasser auf 20 ccm:
 $\alpha_D = - 0.79^0 \dots [\alpha]_D = - 41^0$.
2. 1 ccm von IV + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = - 1.15^0 \dots [\alpha]_D = - 59.9^0$.
3. 1 ccm von IV + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = - 1.27^0 \dots [\alpha]_D = - 66.2^0$.
4. 1 ccm von IV + 2 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = - 1.55^0 \dots [\alpha]_D = - 80.9^0$.

5. 1 cem von IV + 2 cem KOH + 10 cem Uranylнитрат, auf 20 cem:
 $\alpha_D = -1.42^\circ \dots [\alpha]_D = -74^\circ$
6. 1 cem von IV + 3 cem KOH + 5 cem Uranylнитрат, auf 20 cem:
 $\alpha_D = -1.69^\circ \dots [\alpha]_D = -88.2^\circ$
7. 1 cem von IV + 4 cem KOH + 5 cem Uranylнитрат, auf 20 cem:
 $\alpha_D = -1.96^\circ \dots [\alpha]_D = -102^\circ$

Bei weiterem Alkalizusatz bilden sich unlösliche Fällungen.

Es tritt also auch bei der Chinasäure eine Steigerung der Drehung auf.

V. *l*-Mandelsäure: 15.2 g *l*-Mandelsäure pro 100 cem gelöst.

0. 1 cem von V mit Wasser auf 20 cem verdünnt, $c = 0.76$, $l = 2$ cem,
 $\alpha_D = -2.30^\circ \dots [\alpha]_D = -151.3^\circ$
1. 1 cem von V + 2 cem KOH, auf 20 cem verdünnt:
 $\alpha_D = -1.68^\circ \dots [\alpha]_D = -110.5^\circ$
2. 1 cem von V + 5 cem Uranylнитрат, auf 20 cem:
 $\alpha_D = -3.54^\circ \dots [\alpha]_D = -227.0^\circ$
3. 1 cem von V + 1 cem KOH + 5 cem Uranylнитрат, auf 20 cem:
 $\alpha_D = -4.30^\circ \dots [\alpha]_D = -282.9^\circ$
4. 1 cem von V + 2 cem KOH + 5 cem Uranylнитрат, auf 20 cem:
 $\alpha_D = -5.12^\circ \dots [\alpha]_D = -337^\circ$
5. 1 cem von V + 2 cem KOH + 10 cem Uranylнитрат, auf 20 cem:
 $\alpha_D = -4.22^\circ \dots [\alpha]_D = -278^\circ$
6. 1 cem von V + 3 cem KOH + 5 cem Uranylнитрат, auf 20 cem:
 $\alpha_D = -4.75^\circ \dots [\alpha]_D = -313^\circ$

Die Mandelsäure zeigt in Bezug auf die Grösse der Drehungszunahme eine Analogie mit der ebenfalls einbasischen Chinasäure; bei beiden wird der Werth für die spec. Drehung nur um das zweieinhalbfache gesteigert; im Uebrigen tritt das Maximum auch hier bei nahezu demselben Verhältniss ein, wie für die Säuren I—III.

Es sei noch angefügt, dass *i*-Aepfelsäure, *i*-Mandelsäure, sowie Mesoweinsäure auch unter Zuhilfenahme der alkalischen Uranylsalzlösung ihre Inactivität nicht ändern.

Um nun noch weiter zu constatiren, ob zum Eintritt der Wirkung des Uranylsalzes eine freie Hydroxylgruppe erforderlich ist, wurden untersucht: *d*-Chlor- und *l*-Brom-Bernsteinsäure, sowie *d*-Amylessigsäure.

VI. *d*-Chlorbernsteinsäure: 15.2 g der Säure, gelöst in 100 cem.

0. 1 cem von VI wurde mit H_2O auf 20 cem verdünnt, also $c = 0.76$, $l = 2$ cem,
 $\alpha_D = +0.31^\circ \dots [\alpha]_D = +20.4^\circ$
1. 1 cem von VI + 5 cem Uranylнитрат, auf 20 cem:
 $\alpha_D = +0.31^\circ \dots [\alpha]_D = +20.4^\circ$

2. 1 ccm von VI + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = + 0.30^\circ \dots [\alpha]_D = + 19.1^\circ$

VII. *l*-Brombernsteinsäure: 18.0 g der Säure wurden pro 100 ccm gelöst.

0. 1 ccm von VII wurde mit Wasser auf 20 ccm verdünnt, daher $c = 0.90$,
 $l = 2$ dcm. $\alpha_D = - 0.64^\circ \dots [\alpha]_D = - 35.6^\circ$.
1. 1 ccm von VII + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = - 0.60^\circ \dots [\alpha]_D = - 33.3^\circ$.
2. 1 ccm von VII + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = - 0.48^\circ \dots [\alpha]_D = - 26.7^\circ$.

VIII. *d*-Amylessigsäure: Da die letztere Säure in Wasser schwer löslich ist, so wurden alkoholische Lösungen verwandt. 2.6 g der Säure wurden mit 1 ccm KOH versetzt und mit 50 proc. Alkohol auf 20 ccm aufgefüllt.

0. 2 ccm von VIII + 18 ccm gewönl. (96 proc.) Alkohol, daher $c = 1.3$,
 $l = 2$ dcm. $\alpha_D = + 0.25^\circ \dots [\alpha]_D = + 9.6^\circ$.
1. 2 ccm von VIII + 2 ccm Uranylнитрат + 16 ccm Alkohol:
 $\alpha_D = + 0.25^\circ \dots [\alpha]_D = + 9.6^\circ$.
2. 2 ccm von VIII + 0.5 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат + 12.5 ccm Alkohol:
 $\alpha_D = + 0.25^\circ \dots [\alpha]_D = + 9.6^\circ$.

Aus den Beispielen VI bis VIII ist ersichtlich, dass bei Abwesenheit der Hydroxylgruppe — statt einer Steigerung — entweder eine Abnahme oder ein Constantbleiben der Drehung auftritt, trotzdem die alkalische Uranylнитратlösung in wechselnden Mengen zugefügt worden war.

Es erübrigte noch, die Frage zu lösen, wie diese Aenderung der Drehungsgrösse von dem Lösungsmittel, bezw. von dem Dissoziationsgrade der Säuren abhängt. Zu diesem Zweck wurden alkoholische Lösungen polarisirt. Der Arbeitsmodus, sowie die angewandten Ingredientien: active Säurelösung, Lösung des Kalihydrats, sowie Lösung des Uranylнитrats — waren genau dieselben, wie bei allen vorhergehenden Versuchen I—VII, nur wurde, statt mit Wasser, mit gewöhnlichem (96 proc.) Alkohol aufgefüllt.

IX. *l*-Äpfelsäure.

0. Von I wurde 1 ccm mit Alkohol auf 20 ccm aufgefüllt:
 $c = 0.65$, $l = 2$ dcm. $\alpha_D = \text{ca.} - 0.01^\circ \dots [\alpha]_D = - 0.8^\circ$.
1. 1 ccm von I + 5 ccm Uranylнитрат, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = - 0.91^\circ \dots [\alpha]_D = - 70^\circ$.
2. 1 ccm von I + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = - 3.51^\circ \dots [\alpha]_D = - 270^\circ$.

3. 1 ccm von I + 2 ccm KOH + 5 ccm Uranyl nitrat, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = -6.02^\circ \dots [\alpha]_D = -463^\circ$.
4. 1 ccm von I + 2 ccm KOH + 10 ccm Uranyl nitrat, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = -5.80^\circ \dots [\alpha]_D = -447^\circ$.

Der Vergleich der unter I tabellirten Resultate mit den vorstehenden ergibt eine praktisch vollständige Uebereinstimmung des Verhaltens in wässriger und alkoholischer Lösung.

X. Weinsäure.

0. 1 ccm von II mit Alkohol auf 20 ccm: $c = 0.75$, $l = 2$ dem.
 $\alpha_D = +0.10^\circ \dots [\alpha]_D = +6.6^\circ$.
1. 1 ccm von II + 5 ccm Uranyl nitrat, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = +0.94^\circ \dots [\alpha]_D = +62.6^\circ$.
2. 1 ccm von II + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranyl nitrat, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = +1.69^\circ \dots [\alpha]_D = +113.4^\circ$.
3. 1 ccm von II + 2 ccm KOH + 5 ccm Uranyl nitrat, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = +2.51^\circ \dots [\alpha]_D = +173.3^\circ$.

Auch hier tritt eine Steigerung auf; wenn auch die absoluten Werthe für die Drehung verändert sind, so beträgt die relative Steigerung ebenfalls mehr, als das zwanzigfache des ursprünglichen Werthes.

Ein analoges Verhältniss beobachtet man auch für die

XI. Chinasäure.

0. 1 ccm von IV mit Alkohol auf 20 ccm: $c = 0.96$, $l = 2$ dem.
 $\alpha_D = -0.73^\circ \dots [\alpha]_D = -38^\circ$.
1. 1 ccm von IV + 5 ccm Uranyl nitrat, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = -1.14^\circ \dots [\alpha]_D = -59.4^\circ$.
2. 1 ccm von IV + 2 ccm KOH + 5 ccm Uranyl nitrat, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = -1.56^\circ \dots [\alpha]_D = -81.3^\circ$.

Dass bei den hydroxylfreien activen Säuren, die demnach keine Drehungszunahme aufweisen, das gleiche auch für alkoholische Lösungen gilt, illustriren die folgenden Messungen.

XII. *d*-Chlorbernststeinsäure.

0. Von Säurelösung VI wurde 1 ccm mit 96-proc. Alkohol auf 20 ccm aufgefüllt:
 $c = 0.76$, $l = 2$ dem. $\alpha_D = +0.68^\circ \dots [\alpha]_D = +44.7^\circ$.
1. 1 ccm von VI + 5 ccm Uranyl nitrat, mit Alkohol auf 20 ccm:
 $\alpha_D = +0.58^\circ \dots [\alpha]_D = +38.2^\circ$.
2. 1 ccm von VI + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranyl nitrat, auf 20 ccm:
 $\alpha_D = +0.34^\circ \dots [\alpha]_D = +22.4^\circ$.

XIII. *l*-Brombernststeinsäure.

0. Von VII wurde 1 ccm mit 96-proc. Alkohol auf 20 ccm verdünnt:
 $c = 0.9$, $l = 2$ dem. $\alpha_D = -1.00^\circ \dots [\alpha]_D = -55.6^\circ$.

1. 1 ccm von VII + 5 ccm Uranylнитрат, mit Alkohol auf 20 ccm:

$$\alpha_D = -0.75^0 \dots [\alpha]_D = -41.7^0.$$

2. 1 ccm von VII + 1 ccm KOH + 5 ccm Uranylнитрат, mit Alkohol auf 20 ccm:

$$\alpha_D = -0.51^0 \dots [\alpha]_D = -28.3^0.$$

Für beide Säuren tritt eine deutliche Abnahme der Drehungsgrösse auf, also die umgekehrte Erscheinung, wie für die Hydroxysäuren; auch im Fall VIII, für die *d*-Amylessigsäure, hatten wir in alkoholischer Lösung keine Drehungssteigerung constatiren können.

Was nun die Ursache für das erörterte Verhalten der activen Oxy-carbonsäuren betrifft, so liegt es nahe, an die ähnlichen Erscheinungen bei Zusatz von Borsäure- und Antimon-Verbindungen sich erinnernd, die Bildung von complexen Salzen der Hydroxysäuren mit dem Uranyl vorauszusetzen; trotzdem ich dieser Frage experimentell noch nicht nahe getreten bin, sondern sie im Zusammenhange mit dem Verhalten der Zucker gegen die Uranylsalze studiren werde, so erscheint die obengeänderte Ansicht um so wahrscheinlicher, als thatsächlich andere optisch active Säuren mit Leichtigkeit solche Uranylsalze liefern, wie z. B. Campfersäure, Camphoronsäure u. a., die ihrer Schwerlöslichkeit wegen für die vorliegende Untersuchung nicht geeignet waren. Gleichfalls einer ferneren Mittheilung vorbehalten bleibt das Studium der Rolle der Concentration, da ich bisher, in specieller Anpassung an meine persönlichen Zwecke, nur sehr geringe Concentrationen einer Durchmusterung unterworfen habe.

In Kürze zusammengefasst, ergiebt die vorstehende Untersuchung Folgendes:

1. Alkalische Uranylsalzlösung ruft sowohl in wässrigen als auch alkoholischen Lösungen eine erhebliche Steigerung der Drehung optisch activer Säuren hervor;

2. Diese Steigerung ist gebunden an das gleichzeitige Vorhandensein einer freien Hydroxylgruppe in der Säure, — sie ist

3. am höchsten, wenn auf eine Molekel der Oxysäure (z. B. Oxydicarbonsäure) mindestens eine Molekel Uranylsalz und die zur Neutralisirung der Carboxylgruppen, sowie der mit diesem Uranylrest verbundenen Säuremenge erforderliche Quantität Alkali (d. h. ca. 4 Molekeln) vorhanden ist.

Riga, Polytechnikum, 7. November 1897.