

385. F. W. Semmler und J. Feldstein:
Zur Kenntnis der Bestandteile ätherischer Öle. (Über Bestand-
teile des Costuswurzel-Öles.)

(Eingegangen am 26. September 1914.)

In der letzten Abhandlung¹⁾ erwähnten wir das Vorkommen einer Säure $C_{15}H_{22}O_2$ (Costussäure), eines Lactons $C_{15}H_{20}O_2$ (Costuslacton) und eines zweiten Lactons $C_{15}H_{22}O_2$ (Dihydro-costuslacton). Alle diese Verbindungen fanden wir bei der Untersuchung der beiden letzten Fraktionen des Costuswurzel-Öles (Fraktion 7: $Sdp_{11} = 190-200^\circ$ und Fraktion 8: $Sdp_{11} = 200-210^\circ$).

Wir nahmen jetzt die Untersuchung der Fraktion 6 vor, welche folgende Daten zeigte: $Sdp_{11} = 175-190^\circ$, $d_{21} = 1.0082$, $n_D = 1.51962$, $\alpha_D = +33^\circ$.

Da wir in dieser Fraktion einen Sesquiterpenalkohol vermuteten, kochten wir obige Fraktion zur Abtrennung der etwa beigemengten höher siedenden Lactone und Costussäure mit alkoholischem Kali und ätherten das Indifferente aus. Dabei ergab sich ein Körper mit folgenden physikalischen Konstanten: $Sdp_{11} = 170-180^\circ$, $d_{21} = 0.9797$, $n_D = 1.51873$, $\alpha_D = +18^\circ$.

Mol.-Ref. $C_{15}H_{24}O \sqrt{2}$. Ber. 67.67. Gef. 68.1.

0.1183 g Sbst.: 0.3556 g CO_2 , 0.1172 g H_2O .

$C_{15}H_{24}O$. Ber. C 81.82, H 10.91.

Gef. » 81.98, » 11.01.

Nach den Daten, der Molekularrefraktion und nach der Analyse lag ein zweifach ungesättigter, bicyclischer Sesquiterpenalkohol von der Formel $C_{15}H_{24}O$ vor. Sein Acetat, das wir in quantitativer Ausbeute durch Kochen mit Essigsäureanhydrid erhielten, hatte folgende physikalische Konstanten: $Sdp_{11} = 174-177^\circ$, $d_{21} = 0.9889$, $n_D = 1.50152$, $\alpha_D = +19^\circ$.

Mol.-Ref. $C_{17}H_{28}O_2 \sqrt{2}$. Ber. 77.23. Gef. 77.73.

Die quantitative Veresterungsfähigkeit dieses Sesquiterpenalkohols, dem wir den Namen Costol geben, sprach für seine primäre Natur. Um den sicheren Beweis zu erhalten, daß die Hydroxylgruppe des Costols sich am primären Kohlenstoffatom befindet, setzten wir eine Probe mit Phthalsäureanhydrid in Benzollösung an; fast die ganze Probe des Alkohols verband sich mit Phthalsäureanhydrid, und durch Verseifen der entstandenen Phthalestersäure gelangten wir zu dem

¹⁾ Semmler und Feldstein, B. 47, 2433 [1914]; vergl. auch die demnächst erscheinende Dissertation des Hrn. J. Feldstein.

ganz reinen Costol mit folgenden Daten: $\text{Sdp}_{11} = 169-171^\circ$, $d_{21} = 0.9830$, $n_D = 1.52000$, $\alpha_D = +13$.

Mol.-Ref. $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$ [5]. Ber. 67.67. Gef. 67.9.

0.1052 g Sbst.: 0.3158 g CO_2 , 0.1046 g H_2O .

$\text{C}_{14}\text{H}_{24}\text{O}$. Ber. C 81.82, H 10.91.

Gef. > 81.87, > 11.12.

Um das Costol durch ein festes Produkt zu charakterisieren, oxydierten wir es in Eisessiglösung mit Chromsäure zu Aldehyd und stellten aus letzterem das Semicarbazon dar. Nach zweimaligem Umkrystallisieren aus Methylalkohol zeigte dieses Semicarbazon einen Schmelzpunkt von $217-218^\circ$.

0.1333 g Sbst.: 0.3396 g CO_2 , 0.1093 g H_2O .

$\text{C}_{15}\text{H}_{27}\text{N}_3\text{O}$. Ber. C 69.82, H 9.09.

Gef. > 69.48, • 9.20.

Durch Behandlung des Semicarbazons mit Phthalsäureanhydrid und durch Wasserdampf-Destillation regenerierten wir den Aldehyd, der folgende Daten besaß: $\text{Sdp}_{15} = 164-165^\circ$, $d_{22} = 0.9541$, $n_D = 1.50645$, $\alpha_D = +24^\circ$.

Mol.-Ref. $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}$ [5]. Ber. 68.09. Gef. 67.96.

Da der dem Costol zugehörige bicyclische Aldehyd theoretisch ein spezifisches Gewicht von ca. 0.99 haben mußte, so war es ganz klar, daß der erhaltene Aldehyd nicht mehr dem Typus des Alkohols angehört. Das Phthalsäureanhydrid als Regenerierungsmittel konnte eine Umlagerung nicht bewirken, da der regenerierte Aldehyd wiederum mit Semicarbazid-chlorhydrid dasselbe Semicarbazon vom Schmp. $217-218^\circ$ lieferte. Das Erwärmen des Aldehyds mit Eisessig, das bei der Oxydation mit Chromsäure ausgeführt wurde, konnte die Umlagerung auch nicht verursachen, weil, wie ein Versuch zeigte, das reine Costol sich als sehr beständig bei der Behandlung mit Eisessig erwies. Die Umlagerung beziehungsweise Ringsprengung im Molekül, die bei der Oxydation des Costols mit Chromsäure stattfand, konnte also nur durch die Oxydation selbst bewirkt sein; jedenfalls ist das Semicarbazon vom Schmp. $217-218^\circ$ für das Costol sehr charakteristisch.

Wie wir schon oben erwähnt haben, enthält das Costol zwei doppelte Bindungen, es ist also bicyclisch. Um zu entscheiden, welchem bicyclischen Typus es angehört, mußte man den Alkohol $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}$ zu einem Sesquiterpen $\text{C}_{15}\text{H}_{24}$ abbauen.

Durch Behandlung des Costols mit Phosphorpentachlorid stellten wir das Costylchlorid, $\text{C}_{15}\text{H}_{23}\text{Cl}$, dar, das folgende Eigenschaften zeigte: $\text{Sdp}_{13} = 160-165^\circ$, $d_{22} = 1.0005$, $n_D = 1.52050$, $\alpha_D = +32^\circ$.

Durch Reduktion dieses Chlorides mit Natrium und Alkohol gelangten wir zu einem Sesquiterpen (*Isocosten*), das nach dem Reinigen über Natriummetall folgende physikalische Daten zeigte: $Sdp_{15} = 130-135^{\circ}$, $d_{21} = 0.9062$, $n_D = 1.50246$, $\alpha_D = +31^{\circ}$.

Mol.-Ref. $C_{15}H_{24} \sqrt{2}$. Ber. 66.15. Gef. 66.37.

0.1040 g Sbst.: 0.3334 g CO_2 , 0.1109 g H_2O .

$C_{15}H_{24}$. Ber. C 88.24, H 11.76.

Gef. » 87.43, » 11.84.

Aus allem diesen geht hervor, daß das *Isocosten* ein zweifach ungesättigtes bicyclisches Sesquiterpen $C_{15}H_{24}$ sein muß; da sein spezifisches Gewicht bei ca. 0.90 liegt, so gehört es in die Reihe der Sesquiterpene vom bicyclischen Terpentypus (*Caryophyllen-Typus*).

Das *Isocosten* bildet kein festes Hydrochlorid; durch Abspaltung von Salzsäure aus dem flüssigen Hydrochlorid wird das *Isocosten* mit unveränderten Daten zurückgewonnen.

Darstellung des *Costols* auf künstlichem Wege.

Um in die Konstitution des *Costols* bzw. der *Costussäure* näher einzudringen, und um zwischen diesen beiden Verbindungen eine Parallele zu ziehen, versuchten wir durch Reduktion der *Costussäure* einen künstlichen Alkohol $C_{15}H_{24}O$ darzustellen und ihn mit dem natürlichen *Costol* zu vergleichen. Die Reduktion des *Costussäuremethylesters* mit Natrium und Alkohol ergab einen Alkohol $C_{15}H_{24}O$ mit folgenden Daten: $Sdp_{15} = 176-179^{\circ}$, $d_{21} = 0.9800$, $n_D = 1.51570$, $\alpha_D = +20^{\circ}$.

Mol.-Ref. $C_{15}H_{24}O \sqrt{2}$. Ber. 67.67. Gef. 67.72.

Wie ersichtlich, weisen diese Daten mit denjenigen des natürlichen *Costols* eine große Ähnlichkeit auf. Um zu prüfen, ob die beiden Alkohole identisch sind, stellten wir aus dem künstlichen Alkohol den entsprechenden Aldehyd dar, den wir auf Semicarbazon verarbeiteten. Nach dem Umkrystallisieren aus Methylalkohol schmolz dieses Semicarbazon bei $216-217^{\circ}$; der Kombinationsschmelzpunkt mit dem aus natürlichem *Costol* dargestellten Semicarbazon zeigte keine Depression, denn das Gemisch schmolz scharf bei $217-218^{\circ}$.

Alle diese Versuche bringen uns zu folgendem Schluß: Der künstliche, durch Reduktion des Methylesters der *Costussäure* erhaltene Alkohol ist zweifellos mit dem natürlichen *Costol* in allen Beziehungen identisch; die *Costussäure* hat also denselben Molekülbau wie das *Costol*, und da der genetische Zusammenhang zwischen *Costuslacton*,

Dihydro-costuslacton und Costussäure schon früher¹⁾ durch uns bewiesen wurde, so leiten sich die beiden Lactone vom Costol ab; auch die früher ausgesprochene Vermutung, daß die Costuslactone bezw. die Costussäure zu einem bicyclischen Terpentypus gehören, wird durch die Darstellung des künstlichen Costols und durch den Abbau des natürlichen Costols zu Isocosten unterstützt.

Untersuchungen der Fraktionen 5 und 4.

Von der Fraktion 5, die folgende Daten zeigte: $Sdp_{11} = 160-175^\circ$, $d_{21} = 0.9235$, $n_D = 1.49994$, $\alpha_D = +14^\circ$, wurde eine Analyse ausgeführt:

0.1108 g Subst.: 0.3373 g CO_2 , 0.1023 g H_2O .

Gef. C 83.03, H 10.27, O 6.7.

Dieser Analyse nach lag ein Gemenge von Costol und von einem Kohlenwasserstoff mit einem sehr niedrigen spezifischen Gewicht vor. Durch Kochen über Natrium konnte der Kohlenwasserstoff nicht rein erhalten werden, da er teilweise durch den naszierenden Wasserstoff reduziert wurde. Wir versuchten, diesen Kohlenwasserstoff durch fraktionierte Destillation der Fraktionen 4 und 5 vom Costol zu trennen; es gelang aber nur in beschränktem Maße, da der Körper noch sauerstoffhaltig war. Seine Daten waren folgende: $Sdp_{11} = 154-156^\circ$, $d_{21} = 0.8604$, $n_D = 1.48471$, $\alpha_D = +3^\circ$.

0.0996 g Subst.: 0.3145 g CO_2 , 0.1080 g H_2O .

Gef. C 86.10, H 12.05, O 1.85.

Wie hieraus ersichtlich ist, gelang es nicht, den ganz reinen Kohlenwasserstoff zu isolieren; da wir aber die Daten der Beimengung, des Costols, schon früher feststellten, so war es uns möglich, durch Vergleich der verschiedenen Fraktionen und ihrer Analysen die Daten dieses Kohlenwasserstoffes zu berechnen; die Werte der Daten sind ungefähr folgende: $Sdp_{11} = 153-155^\circ$, $d_{21} = 0.831$, $n_D = 1.483$, $\alpha_D = \pm 0$. Wegen der niedrigen Dichte mußte dieser Kohlenwasserstoff, den wir als Aplotaxen bezeichnen, aliphatischer Natur sein; ein Sesquiterpen konnte wegen des hohen Siedepunktes kaum in Betracht kommen, und da wir bei den Analysen des noch unreinen Kohlenwasserstoffes immer über 12 % Wasserstoff fanden, so war anzunehmen, daß dem Aplotaxen die Formel $C_{17}H_{28}$ zukommt (für $C_{15}H_{24}$ berechnen sich 11.76 % H).

Wie schon oben erwähnt, haben wir festgestellt, daß beim Kochen über Natrium das Aplotaxen durch den naszierenden Wasserstoff teilweise reduziert wurde; dies sprach dafür, daß zwei seiner

¹⁾ Semmler und Feldstein, B. 47, 2436 [1914].

doppelten Bindungen ein konjugiertes System bilden. Um sie vollständig zu reduzieren, unterwarfen wir das Aplotaxen der Behandlung mit Natrium und Alkohol und erhielten dabei ein Dihydroaplotaxen, $C_{17}H_{30}$, mit folgenden Eigenschaften: $Sdp_{11} = 154-157^\circ$, $d_{21} = 0.8177$, $n_D = 1.47105$, $\alpha_D = \pm 0^\circ$.

Mol.-Ref. $C_{17}H_{30}$ $\bar{5}$. Ber. 79.77. Gef. 80.04.

0.1011 g Subst.: 0.3250 g CO_2 , 0.1152 g H_2O .

$C_{17}H_{30}$. Ber. C 87.18, H 12.82.

Gef. » 87.67, » 12.75.

Um die übrigen drei doppelten Bindungen des Aplotaxens zu sättigen, hydrierten wir es mit Wasserstoff bei Gegenwart von Platinmohr und erhielten dabei ein Octohydroaplotaxen mit folgenden Daten: $Sdp_{11} = 159-163^\circ$, $d_{16}^{21} = 0.7805$, $n_D = 1.44052$, $\alpha_D = \pm 0^\circ$, Schmp. 22° .

Mol.-Ref. $C_{17}H_{36}$. Ber. 80.95. Gef. 81.15.

0.1015 g Subst.: 0.3169 g CO_2 , 0.1358 g H_2O .

$C_{17}H_{36}$. Ber. C 85.00, H 15.00.

Gef. » 85.15, » 14.86.

Zwei Molekulargewichtsbestimmungen, nach der kryoskopischen Methode von Beckmann ausgeführt, ergaben einen Mittelwert von 230, indem sich für $C_{17}H_{36}$ ein Molekulargewicht 240 berechnet. Wenn man die Daten dieses Kohlenwasserstoffes mit den Daten des normalen Heptadecans, $C_{17}H_{36}$, vergleicht, so ergibt sich folgendes Bild:

	Schmp.	Sdp_{30} .	$d_4^{22.5}$
Octohydroaplotaxen	22°	186-189°	0.7777
n-Heptadecan	22.5°	187.5°	0.7766

Die Daten der beiden Körper sind so ähnlich, daß man gezwungen ist, sie als identisch anzusprechen. Daraus folgt, daß das im Costuswurzel-Öl befindliche Aplotaxen ein aliphatischer Kohlenwasserstoff, $C_{17}H_{36}$, mit einer normalen Kette ist; er enthält vier doppelte Bindungen, von welchen zwei sich in konjugierter Stellung befinden.

An dieser Stelle möchten wir noch bemerken, daß dies die erste Beobachtung über das Vorkommen eines solchen aliphatischen, ungesättigten Kohlenwasserstoffes mit 17 Kohlenstoffatomen in ätherischen Ölen ist, wie das erwähnte Aplotaxen. Es ist anzunehmen, daß Kohlenwasserstoffe dieser Art auch in anderen, schon untersuchten ätherischen Ölen enthalten sind; wahrscheinlich sind sie nur in kleinen Mengen vorhanden, und da ihre Siedepunkte sich von denen der Sesquiterpenalkohole nur wenig unterscheiden, so konnte ihre Anwesenheit übersehen worden sein.

Untersuchung der Fraktion 3 und 2.

Da die Daten der Fraktion 2 vom $\text{Sdp}_{11.} = 100-130^\circ$ unter der Fraktion 3 vom $\text{Sdp}_{11.} = 130-150^\circ$ auf Sesquiterpene hindeuten, unterwarfen wir diese Fraktionen der fraktionierten Destillation über Natriummetall. Dabei ergaben sich zwei Sesquiterpene. Das erste, das wir als α -Costen bezeichnen, hatte folgende physikalische Konstanten: $\text{Sdp}_{12.} = 122-126^\circ$, $d_{21} = 0.9014$, $n_D = 1.49807$, $\alpha_D = -12^\circ$.

Mol.-Ref. $\text{C}_{15}\text{H}_{24}|\bar{\bar{F}}$. Ber. 66.15. Gef. 66.37.

0.1017 g Sbst.: 0.3259 g CO_2 , 0.1081 g H_2O .

$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$. Ber. C 88.24, H 11.76.

Gef. » 87.40, » 11.81.

Das α -Costen bildet kein festes Hydrochlorid; durch Abspaltung von Salzsäure aus dem flüssigen Hydrochlorid erhält man den Kohlenwasserstoff mit unveränderten Daten zurück. Der Hydratisierungsversuch des α -Costens nach Bertram und Walbaum ergab einen Körper mit folgenden Eigenschaften: $\text{Sdp}_{14.5.} = 150-165^\circ$, $d_{21} = 0.9491$, $n_D = 1.50008$, $\alpha_D = +20^\circ$.

0.1058 g Sbst.: 0.3211 g CO_2 , 0.1107 g H_2O .

$\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$. Ber. C 81.08, H 11.71.

Gef. » 82.77, » 11.62.

Wie hieraus ersichtlich, wurde an eine doppelte Bindung des α -Costens, die in der Seitenkette lag, Wasser unter Bildung eines Alkohols $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$ angelagert.

Das zweite Sesquiterpen (β -Costen), das durch fraktionierte Destillation des Costuswurzel-Öles gewonnen wurde, ist monocyclisch; seine Daten sind folgende: $\text{Sdp}_{18.} = 144-149^\circ$, $d_{22} = 0.8728$, $n_D = 1.4905$, $\alpha_D = +6^\circ$.

Mol.-Ref. $\text{C}_{15}\text{H}_{24}|\bar{\bar{F}}$. Ber. 67.86. Gef. 67.65.

0.1012 g Sbst.: 0.3201 g CO_2 , 0.1099 g H_2O .

$\text{C}_{15}\text{H}_{24}$. Ber. C 88.24, H 11.76.

Gef. » 87.12, » 11.96.

Untersuchung der Fraktion 1.

Da die Daten dieser Fraktion vom $\text{Sdp}_{11.} = 60-100^\circ$ auf Terpene hindeuteten, kochten wir sie über Natrium und erhielten dabei einen Körper mit folgenden Eigenschaften: $\text{Sdp}_{74.3.} = 165-172^\circ$, $d_{21} = 0.8585$, $n_D = 1.47792$, $\alpha_D = +2.5^\circ$.

Mol.-Ref. $\text{C}_{10}\text{H}_{16}|\bar{\bar{F}}$. Ber. 45.24.

Gef. 44.83.

» $\text{C}_{10}\text{H}_{16}|\bar{\bar{F}}$. » 43.53.

0.1031 g Sbst.: 0.3332 g CO_2 , 0.1075 g H_2O .

$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$. Ber. C 88.24, H 11.76.

Gef. » 88.14, » 11.57.

Wie aus der gefundenen Molekularrefraktion ersichtlich, war die Terpenfraktion nicht einheitlich; es lag ein Gemenge von monocyclischem und bicyclischem Terpen vor; dafür sprach auch die ziemlich weite Siedegrenze und das spezifische Gewicht. Da der Körper auffallend nach Phellandren roch, prüften wir zuerst auf dieses monocyclische Terpen hin durch Darstellung des Bisnitrosits. Durch Versetzen der petrolätherischen Lösung der Fraktion mit Natriumnitrit und Eisessig erhielten wir sofort ein Phellandren-bisnitrosit vom Schmp. 106—108°.

Als wir obige Terpenfraktion mit Eis-Kochsalz abkühlten, konnten wir eine geringe Abscheidung von Krystallen bemerken. Da dies für die Anwesenheit von Camphen sprach, hydratisierten wir die Fraktion nach Bertram und Walbaum und gelangten auf diese Weise zum Isoborneol, das nicht umkrystallisiert den Schmp. 207—210° zeigte; die Anwesenheit von Camphen war hierdurch erwiesen.

Bei der Gewinnung der Sesquiterpene und Terpene aus dem Costuswurzel-Öl durch fraktionierte Destillation erhielten wir als Nebenfraktion einen Körper vom $Sdp_{12} = 88-115^{\circ}$, dessen Daten und Analyse auf ein Gemenge von Kohlenwasserstoffen und einen Terpenalkohol hindeuteten; durch Behandlung dieser Fraktion mit Benzoylchlorid in Pyridinlösung und durch Verseifen des entstandenen Benzoessäureesters erhielten wir eine sehr kleine Menge einer Verbindung vom $Sdp_{14} = 100-115^{\circ}$.

0.0687 g Sbst.: 0.1975 g CO_2 , 0.0640 g H_2O .

$C_{10}H_{16}O$. Ber. C 78.94, H 10.52.

Gef. » 76.62, » 10.37.

Aus der Analyse dieses noch nicht ganz reinen Alkohols geht hervor, daß ihm wahrscheinlich die Formel $C_{10}H_{16}O$ zukommt.

Prozentuale Zusammensetzung des Costuswurzel-Öls.

Camphen	$C_{10}H_{16}$	ca. 0.4 %
Phellandren	$C_{10}H_{16}$	» 0.4 »
Terpenalkohol	$C_{10}H_{16}O$	» 0.2 »
α -Costen	$C_{15}H_{24}$	» 6.0 »
β -Costen	$C_{15}H_{24}$	» 6.0 »
Aplotaxen	$C_{17}H_{28}$	» 20.0 »
Costol	$C_{15}H_{24}O$	» 7.0 »
Dihydro-costuslacton	$C_{15}H_{22}O_2$	» 15.0 »
Costuslacton	$C_{15}H_{20}O_2$	» 11.0 »
Costussäure	$C_{15}H_{22}O_2$	» 14.0 »
		80.0 %
	Harzrückstand	20.0 »
		100.0 %

Zusammenfassung der gewonnenen Resultate.

1. Nachweis von Phellandren.
2. Nachweis von Camphen.
3. Nachweis eines Alkohols, dem wahrscheinlich die Formel $C_{10}H_{16}O$ zukommt.
4. Nachweis eines primären, bicyclischen Sesquiterpenalkohols $C_{15}H_{24}O$ (Costol).
5. Nachweis eines aliphatischen Kohlenwasserstoffes $C_{17}H_{28}$ mit normaler Kette (Aplotaxen).
6. Nachweis eines bicyclischen Sesquiterpens (α -Costen).
7. Nachweis eines monocyclischen Sesquiterpens (β -Costen).
8. Das Costol steht mit der Costussäure in genetischem Zusammenhange, da es sich durch Reduktion aus ihrem Methylester darstellen läßt.
9. Die Costussäure, das Costuslacton, Dihydro-costuslacton und das Costol sind einem bicyclischen Terpentypus einzureihen, da sie sich zu einem Sesquiterpen (Isocosten) von einem solchen Typus abbauen lassen.
10. Für den Alkohol Costol ist das Semicarbazon des ihm entsprechenden Aldehyds vom Schmp. 217–218° charakteristisch.
11. Das Aplotaxen enthält vier doppelte Bindungen, wovon ein Paar ein konjugiertes System bildet.
12. Es wurde eine prozentuale Zusammensetzung des Costuswurzel-Öles ermittelt.

Breslau, Technische Hochschule, Mitte September 1914.

386. Peter Knudsen: Zur Plöchl'schen Reaktion zwischen Formaldehyd und Ammoniak.

(Eingegangen am 1. Oktober 1914.)

Die vor etwa 26 Jahren von Plöchl¹⁾ gefundene Einwirkung von Formaldehyd auf Ammoniak, sowie auf primäre und sekundäre Amine in der Wärme hat in mannigfacher Weise zu Methylierungen Verwendung gefunden. Am glattesten verläuft, wie Eschweiler²⁾ nachgewiesen hat, die erschöpfende Methylierung, welche eintritt, wenn man ein Ammoniumsalz bzw. ein Salz eines primären oder sekundären Amins mit überschüssigem Formaldehyd unter Druck digeriert. Der Prozeß geht bekanntlich unter Kohlensäure-Entwicklung vor sich und führt, bei Anwendung von Salmiak als Ausgangsmaterial, zu einem von Koeppen³⁾ ausgearbeiteten eleganten Verfahren zur Darstellung von Trimethylamin.

¹⁾ B. 21, 2117 [1888]. ²⁾ B. 38, 880 [1905]. ³⁾ B. 38, 882 [1905].