Ueber Carum Carvi. L.

von

K. ZIJLSTRA.

Einleitung.

Seit einigen Jahren habe ich über ein typisch niederländisches Kulturgewächs botanisch-landwirtschaftliche Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse teilweise im vorigen Jahre veröffentlicht worden sind. [1]) Diese Untersuchungen betreffen die Kümmelpflanze, *Carum Carvi L*, die einzige in der Landwirtschaft wichtige Repräsentantin der Familie der Umbelliferen.

Das Kümmelgewächs ist in den letzten 30 Jahren fortwährend mehr in den Vordergrund getreten, so dass es jetzt in einigen voranstehenden Gegenden der Landwirtschaft in den Niederlanden als eine ziemlich ergiebige Einnahmequelle betrachtet werden kann, ja sogar als ein sehr erwünschtes Glied in der Kette des Fruchtwechsels geschätzt wird.

Den Hauptgewächsen, nämlich den Getreidesorten, Kartoffeln und Zuckerrüben gegenüber ist jedoch die Rolle, die der Kümmel in unserer Landwirtschaft spielt, noch

[1]) K. Zijlstra. Over Karwij en de aetheriese Karwijolie. Mededeelingen van de Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool te Wageningen. Deel VIII 1915. Afl. I, II.

eine sehr bescheidene. Es wird uns deshalb denn auch nicht wundern, dass dieses Gewächs nur noch wenig studiert worden ist, und dass man demselben nicht jene Aufmerksamkeit geschenkt hat, welche den Hauptgewächsen zu Teil geworden ist.

Dementsprechend findet man in der Literatur nur sehr spärliche Angaben über diesen Gegenstand, und zwar hauptsächlich nur Beschreibungen [1]) der Anbaumethode des Gewächses; viele Aufklärung über die Merkmale und Eigenschaften der Pflanze selbst bekommt man aber nicht. Zwar wird darauf hingewiesen, dass der Kümmel seines ätherischen Öls wegen angebaut und dass dasselbe durch die Früchte (durch die Autoren oft „Samen" genannt) produziert wird; über den Ölgehalt jedoch finden sich nur spärliche Angaben, welche indessen darauf hindeuten, dass der wildwachsende Kümmel, der auch in den Niederlanden in gewissen Gegenden vorkommt, sowie auch der Kümmel aus den nördlicher liegenden Ländern, ölreicher ist wie der in den Niederlanden kultivierte. [2]) Ueber die Ursachen dieser Verhältnisse hat man sich bis jetzt nur mit Vermutungen zu begnügen.

Eine Veredlung, bei vielen anderen Gewächsen seit so vielen Jahren durchgeführt, wurde beim Kümmel, (ein ein-

[1]) Als die eingehendsten Beschreibungen sind zu erwähnen:

J. Smit. De karwijbouw in de omstreken van Enkhuizen (in „De Boeren-Goudmijn", 6e Jaargang 1860).

Tiele. Beschrijving der karwijteelt in de Anna-Paulowna-polder. (Verslag v. d. Landbouw in Nederland, 1873).

A. Blomeyer. Die Kultur der landwirthschaftlichen Nutzpflanzen, 1891.

Reinders. Handboek voor den Nederlandschen Landbouw en de Veeteelt. II, 1901.

Van Pesch. Beknopte handleiding tot de kennis van den Nederlandschen Landbouw. Deel II Plantenteelt, bewerkt door U. J. Mansholt, 1909, pag. 148—150,

[2]) Blomeyer, l. c.

ziger mir bekannter Fall ausgenommen [1]) noch nicht versucht [2]); es darf dieses, wenn man diese Pflanze etwas näher betrachtet, auch nicht wundern, weil sich hier grössere Schwierigkeiten auftun — wenn wir uns nicht lediglich auf eine Verbesserung des Samenertrages beschränken — als bei vielen anderen Gewächsen: zum Beispiel 1. die unhandliche Eigenschaft der Produktion ätherischen Öls, und 2. die ziemlich verwickelte Bestäubungsweise. Solche Verhältnisse können begreiflicherweise im allgemeinen nur wenig zu Versuchen anreizen.

Weil aber die Veredlung dieses Gewächses nicht ohne Belang ist, habe ich mich bemüht, die Kümmelpflanze und deren Produktion ätherischen Öls eingehend zu studieren, in der Hoffnung, auf diese Weise eine Basis zu legen, auf die spätere züchterische Versuche sich stützen können.

An dieser Stelle möchte ich nun von den, aus meinen Untersuchungen hervorgegangen, Resultaten diejenigen mitteilen, die den Botaniker interessieren mögen.

Ich habe meine botanischen Ergebnisse, der Hauptsache nach, in zwei Rubriken geteilt. Die erste Rubrik (Kapitel I, II und III) enthält nur rein botanische Sachen, nämlich die ausführliche Beschreibung der makroskopischen Merkmale der Kümmelpflanze; die nach einer, bis jetzt noch wenig angewendeten, Methode verfertigte Beschreibung der mikroskopischen Struktur der reifen Frucht, sowie eine eingehende Studie über das Blühen und die Bestäubung. Die zweite Rubrik (Kapitel IV, V und VI) ist mehr chemisch-physikalischer und physiologischer Natur; es wird da gehandelt von der Bildung des ätherischen Öls

[1]) Seit einigen Jahren hat Dr. R. J. Mansholt eine Züchtung von Kümmel unternommen, welche an erster Stelle eine grössere Gleichmässigkeit des Gewächses zum Ziel hat.

[2]) In Fruwirth: Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, wird gar nicht von dem Kümmel gehandelt.

durch diese Pflanze; von der Prüfung der Beckmann'schen Methode der Gefrierpunktserniedrigung und von den Resultaten, bei der Anwendung dieser Methode zur Ermittelung des Ölgehaltes der Kümmelfrüchte erzielt. Es ergibt sich dabei, dass es durch jene auf chemisch-physikalischen Grundlagen stützenden Untersuchungen ermöglicht wird, neuen, sich in physiologischen Eigenschaften unterscheidenden, Rassen auf die Spur zu kommen.

I. KAPITEL.

Beschreibung der Pflanze.

Wenn man sich aus den Literaturangaben über den Kümmel ein Bild dieser Pflanze zu entwerfen versuchen möchte, so würde man bald einsehen, dass dieses bei weitem nicht möglich ist. Vielleicht würde man die Ursache dieser Enttäuschung hierin suchen, dass eine eingehende Bearbeitung dieses Gegenstandes unterblieben wäre, weil man sich überhaupt wenig mit diesem Kulturgewächse beschäftigt hat. Dem ist aber nicht so, denn auch von jenen Pflanzen, welche für die Praxis weit wichtiger sind, muss man leider vergebens nach guten Beschreibungen suchen, die selbst mässigen botanischen Anforderungen entsprechen könnten. Nicht nur in der landwirtschaftlichen Literatur ist dies freilich der Fall; auch in der botanischen Literatur im weiteren Sinne wird man höchst selten befriedigt werden, wenn man eine vollständige Darstellung einer bestimmten Pflanzensorte braucht. Stets sind die Beschreibungen unvollständig und meistens verwirrt; ohne Zweifel eine Folge davon, dass sie nicht nach einem festgestellten Schema entworfen sind.

Dieser Mangel an befriedigenden, ein gutes Bild der Pflanze darstellenden Beschreibungen ist nicht nur aus theoretischen Gründen zu bedauern, sondern naturgemäss am schärfsten fühlbar, wenn man zu tun hat mit verschie-

denen Rassen eines bestimmten Gewächses, z. B. mit verschiedenen Weizen- oder Gerstenrassen. Die auf diesem Gebiete bestehenden Beschreibungen — zu den vollständigsten gehören wohl diejenigen, welche im Handbuche von Werner—Körnicke[1]) angetroffen werden — sind meistens nicht viel höher anzuschlagen wie Handelskatalogbeschreibungen. Wenn man den Versuch macht, mit denselben die Identität einer bestimmten Rasse festzustellen, so wird man gewöhnlich vollkommen im Stiche gelassen. Meiner Meinung nach sind in der Literatur die Anforderungen, denen solche Rassenbeschreibungen entsprechen müssen, bei weitem nicht hoch genug gestellt worden und hat man nicht genügend eingesehen, dass die Anfertigung wirklich guter, brauchbarer und vor allem *vergleichbarer* Beschreibungen[2]) eine schwierige Arbeit ist.

Seit der Ausgabe des ebengenannten, sehr viele Getreiderassen besprechenden Werkes von Werner-Körnicke hat sich die Anzahl der Rassen noch mit sehr vielen vermehrt, jedoch ist es mir nicht bekannt, dass jene neuen Formen irgendwo zusammenfassend beschrieben worden sind. Und so sendet man jahrein, jahraus neue Rassen in die Welt, von welchen gewöhnlich nicht viel mehr als der Namen mitgeteilt wird.

Eigentlich ist es befremdend, aber zudem bedauernswert, dass im allgemeinen die Wichtigkeit guter, eingehender, nach einem festen Plane ausgearbeiteter Beschreibungen so wenig erkannt ist; es ist inzwischen nicht zu bezweifeln, dass die nächste Zukunft deren Unentbehrlichkeit lehren wird, und man davon überzeugt werden wird, dass die Aufgabe wirklich vergleichbarer Beschreibungen viel

[1]) Körnicke und Werner. Handbuch des Getreidebaues. 1885.

[2]) Von Moll neulich „porträtierende Beschreibungen" genannt; vergl. Moll. De beschrijvingen der Simplicia in de Nederlandsche Pharmacopee. Een probleem van toegepaste wetenschap. Pharmaceutisch Weekblad 1916 No. 42 en 43.

schwieriger und zeitraubender ist, als bisher gewöhnlich eingesehen worden ist.

In der neuen Literatur sind nun schon Anzeichen zu finden, die das eben gesagte beweisen können. Man hat schon mehrere Versuche gemacht sich besser in den vielen Rassen der wichtigsten Kulturpflanzen zu orientieren. Ich möchte hier hinweisen auf die Verhandlungen von Derlitzki[1]) über die Systematik des Roggens; von Schmidt[2]) über Sortenkenntnis beim Getreide und von Kondo[3]) über die Sortencharakterisierung beim Weizen. Wiewohl ich nicht glaube, dass mittels des von den obengenannten Autoren gelieferten Tatsachenmaterials die verschiedenen Rassen identifiziert werden könnten, weisen jedoch diese Arbeiten gewiss in eine gute Richtung.

Es wird vor allem bei der Prüfung und Anerkennung der landwirtschaftlichen Gewächse, sowie auch bei der Anerkennung von in die Praxis einzuführenden neugezüchteten Rassen oft vorkommen, dass man zu entscheiden hat ob eine angegebene Rasse indertat die richtige ist, oder ob z. B. zwei anscheinend ähnliche Rassen verschieden oder identisch sind; eine solche Entscheidung ist heutzutage meistens nicht mit einiger Sicherheit zu treffen. Ganz anders aber würde die Sachlage sein, wenn man nur über vollständige Beschreibungen zu verfügen hätte. Durch die neueren Untersuchungen auf statistischem Gebiete ist es zudem möglich geworden, solche Beschreibungen in sehr wertvoller Weise zu ergänzen mit statistischen

[1]) Derlitzki. Beiträge zur Systematik des Roggens durch Untersuchungen über den Aehrenbau. Landwirtschaftl. Jahrbücher. Bd. XLIV, 1913, pag. 353—407.

[2]) Schmidt. Ueber den Entwicklungsverlauf beim Getreide. Ein Beitrag zur Sortenkenntnis. Landw. Jahrb. Bd. XLV, 1913, pag. 267—324.

[3]) Kondo. Untersuchungen an Weizen- und Dinkelähren als Beitrag zur genauen Charakterisierung der Sorten. Landw. Jahrb. Bd. XLV. 1913, pag. 713—817.

Angaben über mehrere Merkmale der Pflanze. Meiner Meinung nach sind auf diesem Wege ohne Zweifel überraschende Erfolge zu erzielen.

Was nun den Kümmel betrifft, so habe ich ein Versuch gemacht, die einheimische kultivierte Kümmelpflanze mit den mir zur Verfügung stehenden Mitteln möglichst eingehend zu beschreiben; dabei habe ich fortwährend das von Moll[1]) zusammengestellte Beschreibungsschema benutzt.

Eine Schwierigkeit tat sich hier aber auf in der Wahl meines zu beschreibenden Materials: es sollten ja eigentlich nur Pflanzen einer reinen Linie, also ein homogenes Material, einer so eingehenden Beschreibung zu Grunde liegen; dieses war hier aber nicht möglich, denn von unserem kultiviertem Kümmel, — der wohl ohne Zweifel als eine aus einer Anzahl verschiedener Formen zusammengesetzte Landrasse aufzufassen ist, — sind bis jetzt noch keine reine Linien isoliert worden. Ich war demzufolge gezwungen, diesem Übel einigermassen abzuhelfen durch eine Auswahl möglichst gleicher Pflanzen. Dieses wurde auf die folgende Weise ausgeführt.

Es wurde ein Versuchsfeld von der Grösse von etwa 6 Ar. angelegt und dasselbe besät mit gewöhnlichen einheimischen Kümmelsamen, die bei einer grossen niederländischen Samenhandlung bezogen waren. Die Kultur fand unter gewöhnlichen Verhältnissen statt; die Reihenentfernung der Pflanzen betrug 30 cm. und als Ueberfrucht diente gelber Senf. Im zweiten Jahre lieferte das Versuchsfeld ein sehr gutes Kümmelgewächs.

Dieser Kultur wurden nun einige ziemlich kräftig entwickelte, normal aussehende und untereinander möglichst gleiche Pflanzen entnommen, die als Vorbilde bei der

[1]) Moll. Handboek der Plantbeschrijving, 3de vermeerderde druk, 1916, pag. 148—168.

Beschreibung dienen sollten. Hierbei wurde also ganz bestimmt eine Auswahl getroffen, und zwar wurden so gut wie möglich diejenigen Pflanzen gewählt, die meiner Meinung nach den zumeist vorkommenden Typus vertraten.

Bei der Herbeischaffung aber des Materials für die unten zu erwähnenden statistischen Bestimmungen wurde möglichst sorgfältig eine jede Wahl vermieden; zu diesem Zwecke wurden *alle* (ungefähr 600) Pflanzen von 3 neben einander stehenden Reihen aus dem gleichmässigsten Teile des Versuchsfeldes in fruchtreifem Zustande geerntet und auch alle, insofern sie unbeschädigt waren, bei den Zählungen und Messungen in Betracht gezogen.

Bevor ich nun zur eigentlichen Beschreibung der Pflanze selbst übergehe, erscheint es mir nicht überflüssig zunächst kürzlich einiges mitzuteilen über die durch diese Pflanze im System eingenommene Stelle, und über ihre geographische Verbreitung.

Es gehört der Kümmel bekanntlich zu den Umbelliferen, welche Familie von Drude[1]) in 3 Abteilungen untergeteilt wird, nach Merkmalen der Frucht oder des Ovariums, nämlich:

I. Hydrocotyloideae,
II. Saniculoideae,
III. Apioideae.

Diese Abteilungen umfassen je einige Tribus; so sind in der Abteilung der Apioideae 8 Tribus zu unterscheiden, unter welchen jener der *Ammineae*.

Die *Ammineae* werden nun endlich von Drude wieder in 2 Gruppen verteilt: die *Seselinae* und *Carinae*, zu welcher letzten Gruppe ausser vielen anderen Gattungen auch das Genus *Carum* gerechnet wird, von dem 22 Sorten unterschieden werden.

[1]) Drude. Umbelliferae, in: Engler und Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien III, 8, pag. 114, 115.

Eine allgemeine Diagnose des Genus *Carum* wird man finden in der schon erwähnten Abhandlung von Drude in: Engler und Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien. III, 8, pag. 191.

Von all den *Carum*sorten ist nur *Carum Carvi* L., der Kümmel, von wirtschaftlicher Bedeutung. Im täglichen Leben ist diese Pflanze unter sehr vielen Namen bekannt [1]); die gewöhnlichsten sind: Brot- oder Speisekümmel, Karwij, Common Caraway, Carvi. Die Sorte ist sehr weit verbreitet, nämlich in Nord- und Mittel-Europa, Spanien, Italien, im Kaukasus, in Persien, Tibet und ganz Sibirien [2]). In Nord-Amerika [3]) ist sie nicht einheimisch, jedoch, besonders im Norden und Nordwesten der Vereinigten Staaten nach Einfuhr verwildert.

In den Niederlanden wird diese Pflanze oft wildwachsend gefunden an den Deichen und in den Uferniederungen vom Rhein und Waal, sowie auch zwischen diesen Flüssen in der Betuwe in den Wiesen und längs den Wegen. Auch in jenen Gegenden, wo oft Kümmel angebaut wird, findet man die Pflanze längs den Wegen, aber wahrscheinlich ist sie dort nur als verwildert zu betrachten.

Ich gehe nun über zu meiner makroskopischen Beschreibung der Pflanze.

Carum Carvi. L. *(Tafel I.)*

Zweijährig.

Wurzel. Pfahlwurzel, etwa 20 cm. lang, zuweilen länger, am Fusse etwa 2 cm. dick; fleischig, blassgelb, mit ange-

[1]) Vergl. Gerth van Wijk. A dictionary of Plantnames, 1909.

[2]) Drude, l. c.

[3]) Coulter and Rose. North American Umbelliferae. Contributions from the U. S. National Herbarium, Vol. VII, No. 1, 1900. pag. 103.

nehmer sanfter Duft [1]). Seitenwurzeln zuweilen kräftig, oft aber nur fadenförmig.

Stengel des 1. Jahres. Internodien wenig entwickelt; Blätter eine Rosette bildend.

Stengel des 2. Jahres. Krautig aber ganz fest; senkrecht; Knoten deutlich; Internodien hohl; die unteren meist kürzer als die oberen; die oberen durch die ziemlich schweren Seitenzweige etwas seitwärts gedrungen, dennoch der Stengel im ganzen senkrecht. Dicke an der Basis bei kräftigen Pflanzen etwa 2 cm.; Länge sehr variabel, von 38 bis 103 cm. Stielrund, glatt oder schwach gerippt oder gerieft, meist leicht bereift. Gewöhnlich reich verästelt, mit selbst auch wieder verzweigten Aesten. Verästelung oft schon gleich am Stengelfusse anfangend. Anzahl der Seitenäste stark wechselnd, etwa 2 bis 24.

Aeste spiralig gestellt, je einer in einem Blattachsel; sehr oft an der Ober- und Unterseite ein wenig abgeflacht; mit der Hauptachse einen Winkel von etwa 45° bildend. Hauptachse sowie die Seitenäste je in eine Blütendolde endend. Dolde auf der Spitze der Hauptachse (Hauptachsendolde) zuerst blühend und dann den Gipfel der Pflanze bildend; nachdem wächst die Hauptachse nur noch ziemlich wenig, sondern fangen die Seitenachsen sich so stark zu entwickeln an, dass die Dolden der meisten höher zu stehen kommen als die Hauptachsendolde. Infolgedessen die Gestalt der Pflanze nach Ablaufe der Blühperiode einer Schirmrispe ähnlich. Nur die untersten Seitenäste kürzer bleibend.

Statistische Angaben. [2])

Stengellänge (gemessen vom Stengelfusse bis zur Basis der Hauptachsendolde): Frequenzkurve von 593 Pflanzen:

[1]) Nach Courchet. Les Ombellifères. Montpellier 1882, wird die Wurzel in einigen Ländern als Speise benützt.

[2]) Ueber die Bestimmung von M und Q vergl. T. Tammes. Der Flachsstengel, pag. 40, 41.

$M = 70.175$ cm.

$\frac{Q}{M} = 0.0975$

Minimum = 38.5 cm.

Maximum = 102.5 cm.

Anzahl der doldentragenden Seitenäste der 1. Ordnung: Frequenzkurve von 601 Pflanzen:

$M = 7.921$ Seitenäste.

$\frac{Q}{M} = 0.225$

Minimum = 2 Seitenäste.

Maximum = 24 „

Blätter. Wahrscheinlich in $^2/_5$-Stellung. Zusammengesetzt, meist doppelt unpaarig gefiedert.

A. Blätter der Wurzelrosette und unterste Stengelblätter.

Blattscheide. Basis nahezu halbwegs stengelumfassend und in der Wurzelrosette dünn, häutig, weiss; bei den untersten Stengelblättern ein wenig derber und hellgrün. Allmählich in den gemeinsamen Blattstiel übergehend und dabei tiefer grün werdend. Mit ungefähr 10 parallelen, an der Basis weissen, mehr obenwärts grünen, sich in den gemeinsamen Blattstiel fortsetzenden Nerven. Zwischen den Nerven sehr dünn und zart. Der sehr zarte und durchscheinende Rand ziemlich plötzlich endigend an dem nicht scharf zu bestimmenden Uebergange zum gemeinsamen Blattstiele.

Gemeinsamer Blattstiel bis zu etwa 25 cm. lang, ein wenig seitlich abgeflacht, rinnenförmig, schwach gerippt oder nahezu glatt.

Blattstiele der 1. Ordnung. 6—9 Paare, nahezu stielrund bis schwach rinnenförmig, glatt; am obersten Teile des gemeinsamen Blattstiels fehlend und dort durch Blättchen ersetzt.

Blättchen (Foliola). Meist 2 bis 3 Paare und ein Gipfel-

blättchen, zuweilen aber mehr weniger abwechselnd gestellt; ungestielt; das unterste Paar unmittelbar am gemeinsamen Blattstiele sitzend, am Fusse des Blattstiels der 1. Ordnung und dadurch, zusammen mit dem untersten Paare des gegenüberstehenden Blattstiels der 1. Ordnung ein Kreuz bildend, welches dieser Pflanze eigentümlich ist. Blättchen flach; der allgemeine Umkreis eirund oder spitz elliptisch; tief fiederteilig mit ungefähr 5 abwechselnden Zipfeln und einem Endzipfel und spitzen Einschnitten; bei den untersten und grössten Blättern ziemlich kurz, breit und nahe beieinanderstehend. Zipfel schmal, meist fiederspaltig bis fiederteilig, mit spitzen Einschnitten und alle ziemlich plötzlich in ein kleines, violettfarbiges, scharfes Stachelchen endigend.

B. Höhere Stengelblätter.

Nebenblätter (Stipulae). Regelmässig paarweise bei den höheren Stengelblättern vorkommend; beiderseits der Blattscheidebasis sitzend; deren Basis ein kurzes, verbreitertes, scheidenartiges, sehr hellgrünes Organ, mit einem durchscheinenden dünnen Rande und oft mehr weniger mit der Blattscheide verwachsen. Einfach, jedoch sehr tief fiederteilig, mit langen linealischen, in ein sehr kleines Stachelchen endenden Zipfeln. Den allerobersten, am wenigsten entwickelten Stengelblättern sehr ähnlich.

Höhere Stengelblätter um so weniger entwickelt, je höher sie an dem Stengel und den Aesten stehen. Teils doppelt gefiedert, teils aber, nämlich die ganz oben am Stengel stehenden, einfach gefiedert; die obersten zu nur wenigen linealischen, an einem gemeinsamen Blattstiele sitzenden Blattzipfeln reduziert und dadurch viel loser und schmächtiger gebaut als die übrigen Blätter.

Blattscheide. Ziemlich stark entwickelt, ein wenig blasig aufgetrieben, grün; bei den grösseren Blättern etwa 6 cm. lang; höher am Stengel kürzer; den im Blattachsel stehenden Ast fast gänzlich über eine ansehnliche Strecke

umfassend, sich bis zum untersten Blättchenpaare erstreckend und dort nach einer ziemlich plötzlichen Verschmälerung endend; Innenseite weiss; der durchscheinende, weisse, sehr dünne, 2 mm. breite Rand meist plötzlich in eine stumpfe Spitze eben bei der Einpflanzungsstelle des ersten Blättchenpaares endend. Zehn bis zwölf parallele grüne Nerven in der Scheide verlaufend und sich in den gemeinsamen Blattstiel fortsetzend.

Bei den obersten, weniger entwickelten Stengelblättern auch kleinere Blattscheiden vorhanden; der häutige Scheiderand dort aber breiter, nämlich bisweilen nicht weniger als 5 mm. und die Spitze des Randes mit dem untersten Blättchenpaare verwachsen.

Gemeinsamer Blattstiel. Wie die Blattstiele der 1. Ordnung der untersten Stengelblätter gebaut.

Blättchen (Foliola). 5—6 Paare; ziemlich lang, tief fiederteilig, sehr lose und schmächtig gebaut; bei den obersten Blättern 2—3 Paare, und zuweilen zu einem einzigen linealischen Zipfel reduziert. Die spärlichen Blattzipfel lang und schmal; auch hier, wie bei den untersten Stengelblättern in ein Stachelchen endend.

Blütenstand. Zusammengesetzte Dolde (Umbella composita). Die Hauptachse der Pflanze, sowie jeder Zweig durch solche Dolde abgeschlossen. Die auf dem Gipfel der Hauptachse stehende Dolde, — die *„Hauptachsendolde"* [1]) — ist die älteste und erstblühende; ebenso auch die auf dem Gipfel eines Seitenzweiges der 1. Ordnung stehende Dolde erblühend vor den die Seitenzweige höherer Ordnung abschliessenden.

Oftmals unmittelbar unter der Hauptachsendolde oder

[1]) Diese Benennung soll nicht verwechselt werden mit der Bezeichnung „Hauptdolde" bei Bischoff. (Wörterbuch der beschreibenden Botanik, 1857), und mit „hoofdscherm" bei Oudemans. (Vormleer en Rangschikking der Planten, 2e druk, pag. 665), womit die gesamten Doldenstrahlen (Radii) angedeutet werden.

einer der übrigen Dolden ein Seitenzweig entspringend; in solchem Falle also die betreffende Dolde sitzend.

Doldenstrahlen (Radii). Anzahl wechselnd; in der Hauptachsendolde 5—14; stielrund und von sehr verschiedener Länge; die äussersten die längsten, in kräftig entwickelten Dolden bis 4—5 cm.; die inneren viel kürzer; die äussersten während des Blühens der Dolde weit auseinander weichend und sich zudem nach oben krümmend, so dass die Döldchen (Umbellulae) in einer flachen Ebene zu stehen kommen.

Döldchenstrahlen (Pedicelli). Etwa 10; viel kürzer als die Doldenstrahlen, aber ebenfalls von ungleicher Länge; auch hier die äussersten die längsten, bis 5—8 mm. und solcherweise nach oben gekrümmt, dass die Blüten desselben Döldchens aufrecht in einer flachen Ebene stehen. Kein terminales Döldchen oder eine terminale Blüte vorhanden. Nach dem Reifen der Früchte gewöhnlich alle Strahlen, sowohl die Radii wie die Pedicelli, wieder gerade gestreckt und zudem weniger auseinandergewichen als während der Blütezeit. Demzufolge die Dolde im Ganzen, als die absonderlichen Döldchen, nicht mehr eben, aber muldenförmig.

Statistische Angaben.

Anzahl der Doldenstrahlen bei Hauptachsendolden: Frequenzkurve von 618 Pflanzen:

$$M = 9.063 \text{ Strahlen.}$$

$$\frac{Q}{M} = 0.110.$$

Minimum = 5 Strahlen.

Maximum = 14 „

Hülle (Involucrum). Wenig entwickelt, bisweilen fehlend; oft nur 1 oder 2 linealische, bis 2 cm. lange Zipfel; selten aus mehr Blättchen bestehend. Nur einmal fand ich eine Hülle von 5 Blättchen. Die Blättchen ausgebreitet oder zurückgeschlagen; oft eins derselben etwas verschoben und dann auf einem Doldenstrahl eingepflanzt.

Hüllchen (Involucellum). Meistens fehlend; zuweilen aber 1 nach der Aussenseite der Dolde gerichtetes linealisches Zipfelchen vorkommend.

Blüten. Die meisten vollständig. Eine oder einige männliche [1]), infolge der Abortierung des Fruchtknotens, regelmässig in der Mitte jedes Döldchens vorkommend, häufiger bei den jüngeren Dolden als bei den älteren. Proterandrisch. Bestäubung nur mit Hilfe von Insekten. Die inneren Blüten des Döldchens monosymmetrisch regelmässig, die äussersten aber median-zygomorph durch kräftigere Entwicklung der Vorderhälfte. Alle cyklisch; die 5-zähligen Gürtel der Kelchzähnen, Blumenblätter und Staubfäden alternierend (*Fig. 4*). Epigynisch.

Kelch. 5 nur sehr kleine Zähnchen; zuweilen nur kleine Höcker am Obenrande des Ovariums, je mit 5 Rippen des Ovariums korrespondierend, im letzteren Falle sehr schwer unterscheidbar und nur durch ein violettfarbiges Spitzchen angedeutet. Das hinterste — nach dem Zentrum des Döldchens gewendete — Kelchzähnchen in der Medianfläche stehend.

Blumenkrone. *Blumenblätter.* 5, frei, unter dem Discusrande eingepflanzt und mit den Kelchzähnen alternierend; das vorderste — nach der Peripherie des Döldchens gekehrte — Blumenblatt in der Medianfläche stehend und bei den peripherischen Blüten grösser als die übrigen vier, untereinander gleichen, Blumenblätter derselben Blüte; bei den innersten Blüten des Döldchens alle nahezu gleich gross; in der Knospe nach innen gerollt und sich mit den Rändern berührend, wodurch die Blumenknospe, von oben gesehen, von einer ganz regelmässigen fünfeckigen Gestalt; während des Reifens der Staubblätter radförmig gespreizt, nachher sich etwas weiter rückwärts biegend

[1]) Die Pflanze somit andromonöcisch.

und, meist bald nach dem Verschwinden der entleerten Staubblätter, abfallend.

Nagel sehr kurz.

Platte mehr oder weniger muldenförmig, mit nach oben gekehrter concaver Seite; umgekehrt herzförmig mit einer kräftig entwickelten, sichelförmig einwärts gebogener Spitze; weiss oder rötlich mit allen Uebergängen dazwischen.

Staubblätter. (Stamina) 5, frei, eingepflanzt unter dem Discusrande und oberhalb der Kelchzähne.

Staubfäden (Filamenta) stielrund, gut 1 mm. lang, nach der Spitze zu etwas dünner werdend; weiss. In der Blumenknospe zu einem Halbkreis einwärts gebogen; während der Reifezeit der Antheren aufrecht stehend, höchstens ein wenig einwärts gebogen.

Anthere nahezu eirund, gelblich grün; nur an einem Punkte der Rückenseite (Aussenseite), ungefähr in der Mitte des schmalen Konnectivs, mit dem Staubfaden verbunden; jedes der beiden Pollenfächer seitwärts mit einer deutlichen Längsfurche und sich längs derselben öffnend; die Antherenwand längs dieser Furche violett gestreift. Pollen nicht reichlich; gelblich weiss.

Zuweilen alle Blüten ohne Pollen; in diesem Falle die Antheren viel schmäler und durch wachsartige blasse Farbe kennbar.

Stempel. (Gynaeceum). Aus zwei medianen Fruchtblättern zusammengesetzt [1]).

Fruchtknoten (Ovarium). Unterständig; im männlichen Zustande der Blüte nahezu 1 mm., im weiblichen Zustande ungefähr 2 mm. lang; von der Seite abgeflacht, übrigens nahezu umgekehrt eiförmig; oben abgeflacht und dort

[1]) Nicht selten findet man einen Stempel aus 3 Fruchtblättern gebildet. Auch bei anderen Umbelliferen ist diese Abweichung beobachtet. (cf. Eichler. Blüthendiagramme, II, pag. 407).

einen vorspringenden Ringwulst zeigend, unten mit einer seichten herzförmigen Einbuchtung; durch die schmale tiefe Fuge (Commissura) deutlich in 2 medianen Hälften verteilt; nahezu aufrecht auf dem schief gestellten Stiele stehend; sehr oft die vordere Hälfte — die nach der Peripherie des Döldchens gekehrte — stärker entwickelt als die hintere; an jeder Hälfte nur 5 Hauptrippen (Iuga primaria) und zwischen denselben je ein Tälchen (Vallecula); die Hauptrippen unten am Fruchtknoten mit einer leichten Verschmälerung endend, am Oberende aber sich verbreiternd und ein wenig erhöhend und so zusammen den oben schon erwähnten Ringwulst bildend. Zweifächerig mit vollkommener Scheidewand. Placenta axillär.

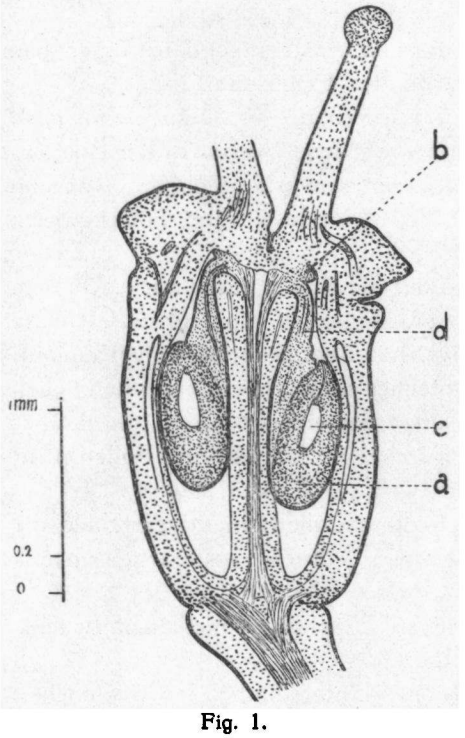


Fig. 1.

Medianer Längsschnitt durch ein Gynaeceum.

a — Samenanlage.
b — rudimentäre zweite Samenanlage.
c — Keimsack.
d — Funiculus.

Samenanlage (Ovulum). In jedem Fruchtknotenfache 1; hängend, eiförmig, anatrop, zurzeit der Bestäubung etwa 0.8 mm. lang, und etwa 0.5 mm. dick; gelblich grün; ganz oben im Fache, in der Medianebene angeheftet. Unmittel-

bar oberhalb der Anheftungsstelle ein Rudiment einer zweiten Samenanlage. [1]) *(Fig. 1).*

Funiculus kräftig entwickelt; Raphe nach der Fugenseite gekehrt; bei einer in Wasser liegenden Samenanlage mikroskopisch deutlich das Raphegefässbündel zu erkennen. Unmittelbar oberhalb des Nucellus an dem Funiculus ein paar Höckerchen, zuweilen wie ein Ringwulst gestaltet: offenbar Teile des Funiculus.

Integument nur 1, oberhalb der Mikropyle in einem stumpfen, nach dem Funiculus zugebogenen Gipfel endend.

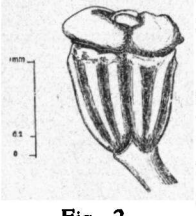


Fig. 2.

Griffel (Styli). 2, ganz gesondert, jedoch unmittelbar beieinander, in der medianen Ebene, in den einander zugekehrten Höhlungen der Stylopodien stehend. Während des Öffnens der Blüte noch sehr kurz, und nebeneinander liegend in der von den Stylopodien gebildeten muldenförmigen Höhlung, mit den freien Enden in gegenübergestellter Richtung; sich noch nicht oder kaum über der Oberseite der Stylopodien erhebend *(Fig. 2).* Eben nach dem Abfallen der entleerten Staubblätter sich aufrichtend, allmählich mit den Spitzen auseinander weichend, und schliesslich beim Reifen der Frucht gänzlich hinten über das Stylopodium zurückgebogen.

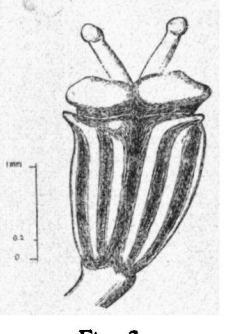


Fig. 3.

Während der Befruchtungszeit einen

[1]) Nach mehreren Autoren (cfr. Eichler, l. c. II, pag. 411) soll jene zweite Samenanlage schon frühzeitig mit der Obenwand des Fruchtknotens verwachsen. Es zeigte sich mir aber, dass dieses beim Kümmel nicht der Fall ist; es kann hier von Verwachsung nicht die Rede sein, weil die rudimentäre Samenanlage auch in der ausgewachsenen Frucht noch immer als ein selbständiges kleines Knötchen, unmittelbar oberhalb der Basis des Funikels, zu finden ist.

Winkel von ungefähr 90° bildend *(Fig. 3)*; die Länge alsdann nahezu $^1/_2$ cm. (gemessen von der Oberseite des Stylopodiums); stielrund; an der Basis ungefähr 200 μ, an der Spitze etwa 150 μ dick; weiss mit gelbem Ton, bisweilen auch rötlich.

Narbe (Stigma). Am jeden Griffel 1; endständig, einfach, nahezu kugelförmig mit einem Durchmesser von 200 μ; in reifem Zustande feucht glänzend; ohne Papillen; von derselben Farbe wie der Griffel.

Stylopodia [1]). 2, von oben gesehen nierenförmig; sich ausserhalb des Fruchtknotens mit einem dicken, oft ein wenig niedergebogenen Rande ausdehnend; sich mit den concaven Seiten in der Commissurebene berührend und dort nur mit den Basen miteinander verwachsen; zusammen den *Discus epigynus* bildend *(Fig. 2 und 3)*. Zwischen dem Discus und dem Oberrande des eigentlichen Fruchtknotens eine ziemlich tiefe Rinne, in welcher die Blumenblätter und Staubblätter eingepflanzt stehen.

Discus aus einem zarten Gewebe bestehend; gelblich weiss; auf dem Höhepunkt seiner Entwicklung während des Staubens der Antheren; die Höhe alsdann ungefähr $^1/_3$ der Ovarlänge; die Oberfläche ziemlich uneben und, wenn die Narben reif und feucht sind, von blinkenden Nektartropfen überdeckt.

In jenen Blüten, deren Fruchtknoten abortiert ist, jedoch immer die Stylopodien, Griffel und Narben anwesend. Die Stylopodien immer gut ausgebildet; die Griffel meist kürzer als in den Zwitterblüten, aber ganz normal sich aufrich-

[1]) Nach Oudemans, l. c. pag. 199, 200, wird dieses Organ durch den Blütenboden gebildet.

Nach Drude. l. c. pag. 86, soll aber das Stylopodium durch das Fruchtblatt gebildet werden.

Es ist schwer zu entscheiden, welche dieser beiden Auffassungen richtig ist; wohl aber ist es mir deutlich geworden, dass die Frage nicht allein auf anatomischen Gründen gelöst werden kann.

tend und auseinanderweichend; die Narben nach dem Entleeren der Staubblätter auch in gewöhnlicher Weise klebrig werdend.

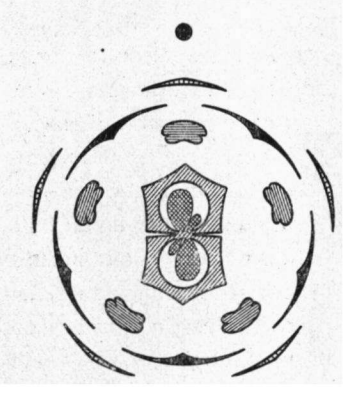


Fig. 4.
Blütendiagramm.

Blütenformel: 5, 5, 5, (2).

Frucht. Zweisamige Spaltfrucht (Diachenium). Länge der reifen, aber noch nicht gespaltenen Frucht gut 4 mm. Von der Seite gesehen von elliptischer Gestalt, oben und unten im gleichen Masse verschmälert *(Fig. 5)*; von vorn gesehen seitwärts abgeflacht. In medianer Richtung $1^1/_2$—2 mm., in transversaler Richtung ungefähr 1 mm. dick. Völlig kahl; glänzend. Wand dünn und lederartig. Auf der Spitze die vertrockneten und eingeschrumpften Stylopodien mit den gänzlich zurückgebogenen verwelkten Griffeln. Commissurfurche tief und schmal.

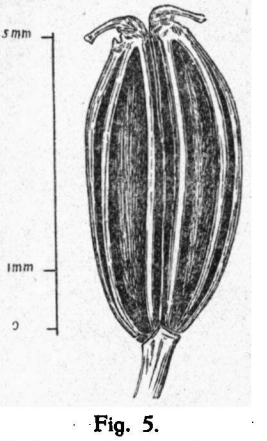


Fig. 5.
Reife, trockne Frucht vor der Spaltung.

Rippen (Juga). 10, fast stielrund, fadenförmig, stark vorspringend, hellgelb; carinale und suturale Rippen ganz gleich; nur mittels des Kelchzähnchens in der medianen Fläche des hinteren Mericarps zuweilen noch das hintere Mericarp vom vorderen zu unterscheiden.

Tälchen. (Valleculae) ziemlich breit, tiefbraun, glänzend. In jedem Tälchen 1 Ölstrieme (Vitta), oft sehr deutlich sichtbar als ein etwas gewölbter Streifen mit schwachen queren Einschnürungen. *(Fig. 5* und *Tafel X. Fig. 5.)*

Fruchtträger (Carpophorum) fadenförmig; ebenso hellfarbig wie die Rippen; beim Trocknen der reifen Frucht sich von oben nach unten in 2 Aeste spaltend; Länge der Aeste ungefähr $^2/_3$ der ganzen Fruchtträgerlänge aber zuweilen auch weniger.

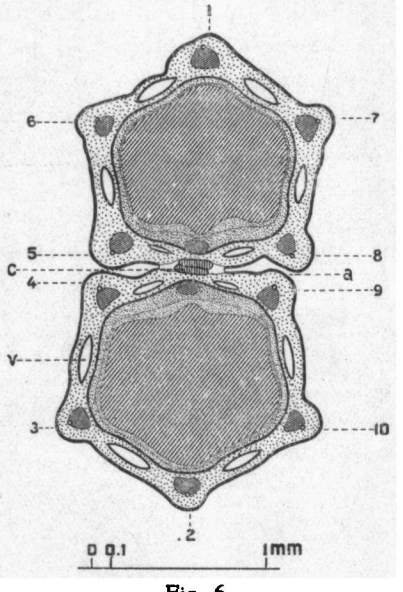


Fig. 6.

Querschnitt durch eine unreife Frucht. (Oberseite der Figur nach dem Zentrum des Döldchens gekehrt).

a — Commissura; *c* — Carpophorum.
v — Vitta.
1 und 2: dorsale Rippen.
4, 5, 8 und 9: laterale Rippen.
3, 6, 7 und 10: intermediäre Rippen.
1, 5, 8, 3 und 10: carinale Rippen.
6, 7, 4, 9 und 2: suturale Rippen.

Teilfrüchte (Mericarpia). 2; ziemlich oft aber nur eine entwickelt; sodann immer die hintere entweder nicht befruchtet oder in ihrer Entwicklung gestört. Nach dem Spalten der Frucht ein wenig sichelförmig. gekrümmt; Fugenseite concav, dorsale Rippe convex. Länge etwa 4.25 mm. Querschnitt fast regelmässig fünfeckig, nur die Fugenseite ein wenig zu breit. Fugenfläche (Superficies commissuralis) dunkelfarbig, mit einer medianen hellen Längslinie dort, wo die Zwischenwand durchgerissen ist; beiderseits dieser Längslinie eine Ölstrieme, ein wenig kürzer und schmäler als die übrigen Striemen. Einsamig durch Abortierung der zweiten Samenanlage.

Statistische Angaben.

Länge der Teilfrüchte: Frequenzkurve von 403 Mericarpien:

$M = 4.25$ mm.

$\frac{Q}{M} = 0.085.$

Minimum = 2.33 mm.

Maximum = 5.93 „

Same. Funiculus sehr kurz und dünn.

Samenhülle (Spermodermis) sehr dünn; mit der Fruchtwand verklebt, ausgenommen ein Teil an der Fugenseite, der Zwischenwand gegenüber.

Samenkern (Nucleus). Zum grössten Teil aus Endosperm bestehend.

Endosperm. Hornartig, durchscheinend, weisslich; nur der innerste Teil weicher. Orthosperm, mit einer hervorspringenden medianen Längsleiste.

Keim (Embryo). Gerade *(Fig. 7).* In der Spitze des Samens. Länge etwa 2 mm. Radicula nach oben gerichtet, bis in die aüsserste Spitze des Samens reichend; 0.8 mm. lang, 0.3 mm. dick. (Diese Dimensionen nur für den Keim aus einem gequollenen Samen geltend.)

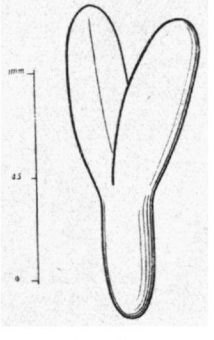


Fig. 7.
Keim aus einem gequollenen Samen.

Cotyledonen länglich, stumpf, glattrandig, gerade; Oberseite flach, Unterseite gewölbt; 0.30 bis 0.35 mm. breit; mit den Oberseiten gegeneinander liegend, meist der Fugenfläche des Samens parallel, oft aber mit derselben einen Winkel bildend. Plumula nicht entwickelt.

Keimpflanze. Hauptwurzeln lang, mit ziemlich kräftigen Seitenwurzeln. Cotyledonen zu 1.5 cm. langen, 1.5 mm. breiten, lanzettförmigen, glattrandigen und fiedernervigen grünen Blättern ausgewachsen; gegenständig einem deut-

lichen Knoten entspringend. Oft eine der Cotyledonen noch mit der leeren Fruchtwand auf ihrer Spitze.

Das erste Laubblatt (Folium primordiale) schon zusammengesetzt; unpaarig gefiedert, mit einem Fiederpaar und dreiteiligen gesägten Blättchen. Spätere Blätter allmählich mehr zusammengesetzt.

II. KAPITEL.

Der mikroskopische Bau der Frucht.

Bei der untenstehenden Behandlung des mikroskopischen Baues der reifen Frucht habe ich wiederum, — wie im Obigen schon bei der makroskopischen Pflanzenbeschreibung — einige der von Moll[1]) zusammengestellten Tabellen oder Schemas zu Hilfe genommen.

Sowohl als Führer bei den anatomischen Untersuchungen selbst, als auch bei der Wiedergabe der Untersuchungsergebnisse, sind diese Schemas unentbehrlich zu schätzen. Die Erfahrung hat auch mich schon bald gelehrt, wie ausserordentlich schwierig es ist, ein so verwickeltes Organ wie die reife Frucht, ziemlich vollständig zu untersuchen und zu beschreiben. Den erwähnten Tabellen treu folgend, findet man aber immer leicht den einzuschlagenden Weg, damit man eine klare Vorstellung des Baues von dem studierten Organe zu bekommen im Stande sei. Manchmal auch wird diese Arbeitsmethode vor grösseren Fehlern behüten.

Vor allem bei der Beschreibung sind die Tabellen von grossem Nützen, in vielerlei Hinsichten; die Beschreibung kann kurz und ohne überflüssige Wörter gefasst werden; alle anwesenden Elemente des Organs werden in bestimmter Reihenfolge besprochen und infolgedessen Wiederholungen vermieden.

---

[1]) Moll. Handboek der botanische Micrographie. Groningen 1907.

Nur auf diese Weise, nach einem festgestellten Plane, wird es denn auch möglich sein, leicht vergleichbare Beschreibungen desselben Organs verschiedener Sorten oder Gattungen zu Stande zu bringen.

Was mittels dieser Methode, der im wesentlichen die Linné'sche Methode zu Grunde liegt, geleistet werden kann, geht am deutlichsten hervor aus der Arbeit von Janssonius [1]) über das Holz der Javanischen Baumarten, sowie auch vorzüglich aus zwei Aufsätzen von Moll und Janssonius, nämlich über eine Verhandlung von Mrs. Stopes [2]), und über den anatomischen Bau des Holzes von Cytisus Adami [3]). Die Feststellung systematischer Verwandtschaft am anatomischen Baue der Hölzer; die Identification eines fossilen Holzes, und die endgültige Entscheidung, dass das Holz von Cytisus Adami hauptsächlich demjenigen des Cytisus Laburnum entspricht, sind eben nur ermöglicht worden durch sehr vollständige, nach der Linné'schen Methode geordnete und dadurch übersichtliche, leicht vergleichbare Beschreibungen mikroskopischer Structuren.

Was dagegen bei dem Beschreiben ohne feste Basis zu Stande kommt, wird Jedermann erfahren, der sich aus Literaturangaben ein Bild eines ihm unbekannten oder unvollständig bekannten Organs zu entwerfen versucht. Hoffentlich wird man in der Zukunft bald einsehen lernen, dass man, nach festgestellter Methode arbeitend, viel mehr

[1]) Janssonius. Mikrographie des Holzes der auf Java vorkommenden Baumarten.

[2]) Moll en Janssonius. Over de Linneaansche methode ter beschrijving van anatomische structuren, naar aanleiding van eene verhandeling van Mrs. Dr. Marie C. Stopes, getiteld: „Petrefactions of the earliest European Angiosperms." (Verslagen Kon. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam, 1912, pag. 529—538.)

[3]) Janssonius und Moll. Der anatomische Bau des Holzes der Pfropfhybride Cytisus Adami und ihrer Komponente. (Recueil d. Trav. botan. Néerl. Vol. VIII, 1911, pag. 333—368.)

erreichen kann, als mit planlosen, auf gut Glück und mit mehr oder weniger Gewandtheit zusammengesetzten Beschreibungen. In dieser Hinsicht ist eine Vergleichung zwischen der Verhandlung Stopes' und dem vorhin erwähnten Aufsatze von Moll und Janssonius sehr lehrreich. Bei Stopes eine zwar genügend vollständige und eingehende Beschreibung, in der alle zur Identification unentbehrlichen Elemente anwesend sind; aber dieselben sind nicht völlig verwertbar, nur weil sie nicht übersichtlich geordnet waren, so dass ohne weiteres eine Vergleichung mit anderen Holzbeschreibungen nicht gut möglich war. Erst nachdem die Elemente geordnet und gesichtet worden waren und in derselben Reihenfolge gestellt wie bei der Bearbeitung der Javanischen Holzarten, war eine Vergleichung leicht und wurde aller Zweifel über die Identität des betreffenden fossilen Holzes aufgehoben.

Die untenstehende Beschreibung ist in zwei Abschnitte geteilt; an erster Stelle werden all diejenigen Teile behandelt, die nicht zum Samen gehören, und zwar nach dem Moll'schen Schema für die Beschreibung des Gynaeceums [1]). Im zweiten Abschnitte wird die Anatomie des Samens beschrieben nach dem Schema für die Beschreibung des Samens [2]).

Man möchte vielleicht die Einwendung machen, weshalb nicht die Fruchtwand nach dem Blattschema beschrieben worden ist; es liege doch nahe, ein Fruchtblatt oder was daraus entstanden ist, auch als ein Blattorgan zu behandeln. Ich habe diese Möglichkeit auch erwogen, kam aber zu der Ueberzeugung, dass der Gebrauch des Blattschema's in diesem Falle zu einer gezwungenen Darstellung führen

[1]) Moll. Handboek der botanische Micrographie. pag. 62, 63: Schema voor de beschrijving van den stamper.

[2]) Moll. l. c. pag. 64, 65: Schema voor de beschrijving van het zaad.

würde, infolge der Tatsache, dass die Fruchtwand hier nicht nur durch das eigentliche Fruchtblatt gebildet wird, sondern sicher auch teilweise durch das Achsenorgan, namentlich den becherförmigen Blütenboden. Selbst das Stylopodium müsse nach Oudemans [1]) als ein Teil des Blütenbodens aufgefasst werden.

Was nun die Beschreibung der verschiedenen Elemente der ebenerwähnten Fruchtteile betrifft, wurden überdies fortwährend noch andere Schemas benutzt, nämlich an erster Stelle das Schema für die Beschreibung der Zelle und gelegentlich auch diejenigen für den primären Fibrovasalstrang, die Gefässe und die inneren Drüsen [2]).

Ich glaube, dass es nicht überflüssig ist und die Orientierung erleichtern wird, wenn ich hier eine Uebersicht über die im betreffenden Falle vorhandenen und zu beschreibenden Organe voranschicke.

1*a*. Aus dem Ovarium entstandene Teile.
  2*a*. Fruchtwand.
    3*a*. Epidermis.
      4*a*. Aussenepidermis.
      4*b*. Innenepidermis.
    3*b*. Mesophyll.
      4*a*. Parenchym.
      4*b*. Drüsen (Vittae; Saftgänge).
    3*c*. Meristele (Rippengefässbündel).
  2*b*. Scheidewand (Septum).
    3*a*. Epidermis.
    3*b*. Mesophyll.
      4*a* Parenchym.
    3*c*. Carpophorum.
  2*c*. Placenta.

[1]) Oudemans en De Vries. Leerboek der Plantenkunde. Vormleer en Rangschikking der Planten, tweede druk, pag. 199, 200.

[2]) Moll, l. c. pag. 38—43, 46, 47, 48.

2*d*. Stylopodium.
3*a*. Epidermis.
3*b*. Mesophyll.
3*c*. Meristele.
3*d*. Leitendes Gewebe.
1*b*. Griffel (Stylus).
2*a*. Epidermis.
2*b*. Mesophyll.
2*c*. Meristele (Gefässbündel).
2*d*. Leitendes Gewebe.
1*c*. Narbe (Stigma).
2*a*. Epidermis.
2*b*. Leitendes Gewebe.

Uebersicht über die Samenbeschreibung:

1*a*. Funiculus.
2*a*. Epidermis.
2*b*. Parenchym.
2*c*. Gefässbündel.
1*b*. Spermodermis.
2*a*. Testa.
3*a*. Aussenepidermis.
3*b*. Parenchym.
3*c*. Zusammengepresste Schichten.
2*b*. Raphe.
3*a*. Epidermis.
3*b*. Gefässbündel.
1*c*. Samenkern.
2*a*. Albumen.
3*a*. Endosperm.
2*b*. Keim.
3*a*. Radicula.
3*b*. Sprossvegetationspunkt.
3*c*. Cotyledonen.

Von einem jeden der in diesen kurzen Tabellen genannten

Organe wird nun jedesmal an erster Stelle die topographische Zusammensetzung beschrieben, wobei unter „Topographie", — in Uebereinstimmung mit der Arbeit von Janssonius über die Mikrographie des Holzes — eine *Zusammenfassung von mikroskopischer Anatomie und Histologie* [1]) zu verstehen ist. Der topographischen Darstellung werde ich dann jedesmal die Beschreibung der Gewebeelemente anschliessen. In dieser Weise wird die Beschreibung, zu der ich jetzt übergehe, im ganzen am übersichtlichsten bleiben.

Carum Carvi. L.
Frucht.

Material: reife und beinahe reife Früchte von kultiviertem niederländischen Kümmel; *a.* in lebendigem Zustande; *b.* in 95 % Alkohol aufbewahrt; *c.* 2 Tage mit 1 % Chromsäurelösung fixiert; *d.* 1 Tag mit ½ % Chromsäurelösung fixiert; *e.* 2½ bis 10 Tage mit starkem Flemming'schen Gemische fixiert; *f.* in 4 % Formaldehydlösung aufbewahrt.

Keime, auspräpariert aus während 18 Stunden in kaltem Wasser gequollenen Samen und danach während 24 Stunden fixiert mit starkem Flemming'schen Gemische.

Präparate: Querschnitte; mediane, sagittale und tangentiale Längsschnitte; abgerissene Streifen der Fruchtwand; ganze Früchte (auch unreife) in Chloralhydrat gekocht; Mazerationspräparate; Quer- und Längsschnittserien (Mikrotomschnitte) durch den Keim.

Reagentien: Wasser; Alkohol 95 %; Glyzerin (verdünnt); Jodjodkalium; Jodchloralhydrat (5 Chloralhydrat + 3 Wasser, gesättigt mit Jod); Phloroglucin-Salzsäure;

[1]) Janssonius. Mikrographie des Holzes etc.; Allgemeiner Teil von Dr. J. W. Moll, pag. 26.

Jodjodkalium + Schwefelsäure 66 %; Osmiumsäure 1 %; Chromsäure 20 g. + Wasser 60 g.; Chromsäure 40 g. + Wasser 60 g.; Origanumöl; Nelkenöl; Eosin in Alkohol gelöst; Pikrinsäure zur Sättigung in absolutem Alkohol gelöst; Kaliumquecksilberjodid; Fuchsin $^1/_{10}$ % in Wasser.

Beschreibung der mikroskopischen Struktur.

1a. **Aus dem Ovarium entstandene Teile.**

2a. Fruchtwand.

3a. ***Aussenepidermis.*** Einschichtig, überall fast gleich dick. Auf den Rippen die Zellen anders gestaltet als in den Tälchen. An der Fruchtspitze sich fortsetzend in die Epidermis des Stylopodiums. Dünne, fein längsgestreifte Cuticula. Spärliche kleine, phaneropore, in der Flächenansicht kurz-elliptische Stomata auf beiden Seiten jeder Rippe; die Spalte längsgerichtet; Atemhöhle oft etwa 20 μ tief und weit.

4a. *Epidermiszellen.* In den Tälchen R. 18 μ, T. 20 μ, L. 30—40 μ [1]), von sehr unregelmässiger Gestalt; oft mit wellig gebogenen radialen Wänden. Wände: ziemlich dünn, nur die Aussenwand etwas verdickt. Inhalt: meistens körnige Protoplasmareste.

Auf den Rippen R. 25 μ, T. etwa 20 μ, L. 50—80 μ, zylindrisch mit ein wenig abgerundeten Enden; längsgerichtet. Wände: verdickt; Innen- und radiale Wände 2—3 μ, Aussenwand 8 μ. Inhalt wie in obenerwähnten Zellen.

4b. *Stomaschliesszellen.* R. 8 μ, T. 7 μ, L. 25—30 μ, nahezu wurstförmig. Wände dünn. Inhalt körnig, gelb.

3b. ***Innenepidermis.*** Einschichtig, hauptsächlich aus tangential gestreckten, meistens in langen Längsreihen geordneten Fasern bestehend. Im obersten Teile der Frucht, oberhalb des Samengipfels, plötzlich parenchymatisch wer-

[1]) Durch R, T und L werden angedeutet: die Dimensionen in radialer, tangentialer und longitudinaler Richtung.

dend mit meist stehenden, dickwandigen, sehr reich getüpfelten Zellen. In der Basis der Frucht aus unregelmässig gestalteten Parenchymzellen bestehend.

4a. *Epidermiszellen.* I. Fasern, R. 17 μ, T. 75—80 μ, L. 15—20 μ; vierseitige Prismen mit dachförmigen Enden, indem die horizontalen Wände einen Winkel miteinander bilden. Zuweilen mehr von der Gestalt von Parenchymzellen, mit runden oder flachen, schiefgestellten Enden. Tangential gestreckt. Wände sehr dünn, die horizontalen oft etwas gefalten; farblos; schwach verholzt und verkorkt. Inhalt: sehr feinkörnige Masse, schwarz durch Flemming'sches Gemisch. Zuweilen Kernreste.

II. Stehende Zellen, R. 15 μ, T. etwa 15 μ, L. 30—50 μ; die obersten Zellen die höchsten; rechteckige Prismen, mit horizontalen Endwänden; längsgerichtet. Wände: stark verdickt, 4—5 μ; verholzt; met H_2SO_4 66 % nach Jodjodkalium eine schwache Zellulose-reaktion in den jüngsten Verdickungsschichten und braunfärbung der primären Schicht; diese braune Farbe bald in eine ziegelrote übergehend; viele kleine ovale Hoftüpfel, horizontal gestellt, in der am Mesophyll grenzenden Wand einseitig behöft; auch die nach dem Hohlraum der Frucht gekehrte Wand getüpfelt. Kein sichtbarer Inhalt.

III. Zellen in der Fruchtbasis: Durchmesser 20—40 μ, meist unregelmässig gestaltet, zuweilen nahezu würfelförmig oder etwas palisadenartig. Wand mehr weniger verdickt, gelblich, schwach verholzt; Inhalt wie bei den Fasern.

3c. ***Mesophyll.*** Parenchym aus 8 bis 9 Schichten bestehend; die Zellen der äussersten 2 oder 3 Schichten kleiner als bei den mehr innenwärts liegenden; in den inneren Schichten hauptsächlich stehende Zellen; mehr oder weniger zusammengepresst in radialer Richtung; mit kleinen Interzellularräumen; die innersten Schichten meist vollkommen zusammengepresst zu einer gelben, 10—12 μ dicken Schicht; in der Commissura das ganze Parenchym

nahezu vollständig zusammengepresst; in der Fruchtspitze sich in das Stylopodiumparenchym fortsetzend.

Vittae (Oelstriemen) (*Fig. 8, v*) im zusammengepressten Teile des Parenchyms liegend: im Querschnitt spitzovale, sich fast über die ganze Länge der Frucht erstreckende Schläuche; an der Basis der Frucht alle in ungefähr gleicher Höhe, und sich in der tangentialen Richtung ein

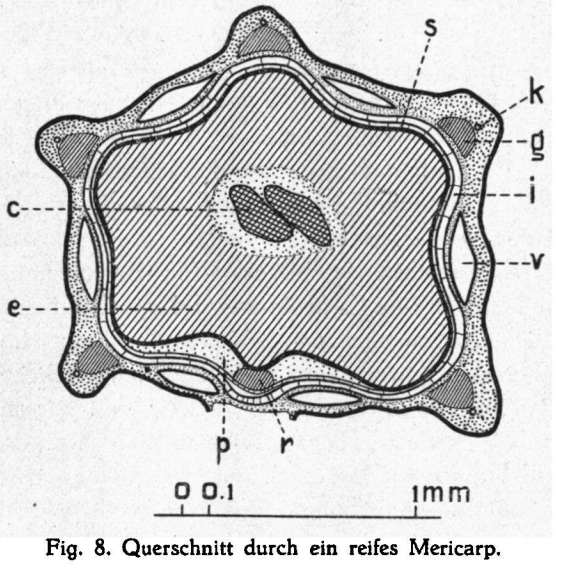


Fig. 8. Querschnitt durch ein reifes Mericarp.

c — Cotyledonen.
e — Endosperm.
g — Gefässbündel.
k — Saftgang.
p — Parenchym der Samenschale.
r — Raphebündel.
s — Samenschale.
v — Vitta.

wenig verschmälernd, stumpf endend; an der Fruchtspitze sehr schmal werdend und in, oder unmittelbar unter der Basis des Stylopodiums endend, meistens mit scharfer Spitze, zuweilen aber auch wohl mit ziemlich stumpfen

Ende; die commissuralen Ölstriemen etwas kürzer und schmäler und sich oben sowohl wie unten etwas minder weit erstreckend als die vallecularen; Durchmesser der vallecularen Oelstriemen in tangentialer Richtung etwa 300 μ, in radialer Richtung im weitesten Teile etwa 80 μ, der commissuralen Oelstriemen T. 250—270 μ, R. 60—70 μ; an mehreren Stellen deutlich eingeschnürt, nämlich da, wo sie durch Quermembranen in Kammern verteilt sind. Die Anzahl und Stellen der oft sehr verwickelt gebauten Quermembranen verschieden, meistens 5 bis 8; infolgedessen die durch die Quermembranen abgeschlossenen Kammern auch von sehr verschiedener Länge, z. B. 1200, 1700, 350, 250, 150 μ; die Endkammern meist die kürzesten. Das Vittaepithelium einschichtig, aus einem Mosaik von lückenlos aneinander schliessenden, oft mehr weniger collabierten, sezernierenden Zellen gebildet. Eine Belegmembran, im Vittaraume, wie eine Cuticula sowohl die Epithelzellen als auch die Quermembranen bekleidend; dünn, homogen, braun. Quermembran von sehr ungleicher Dicke, meist etwa 2 μ, die Ränder meistens dicker; von verschiedener Gestalt, oft nahezu eben, zuweilen aber stark gebogen bis halbkugelförmig; deutlich aus 3 Schichten zusammengesetzt, nämlich einer homogenen, weniger lichtbrechenden, hellgelben Innenschicht und beiderseits derselben der gelbbraunen Belegmembran [1]); oft sehr kompliziert gebaut *(Fig. 9)*; namentlich die Ansatzstelle an der Vittawand oft vielfach verteilt in Kammern oder Blasen. Jede Blase innen ausgekleidet mit einer Belegmembran. Auch in der Belegmembran selbst oft Blasen von verschiedener Grösse, zuweilen sehr kleine; oft grössere und zusammengesetzte, sowohl auf der Oberfläche der Quermembranen, wie in

[1]) Vergl. Van Wisselingh. Over de Vittae der Umbelliferen. Verhandel. der Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. 1894. Tweede Sectie. Deel IV, No. 1.

der Belegmembran der Vittawand. *(Fig. 9).* Inhalt der Kammern: ätherisches Öl, oft die Kammer vollständig ausfüllend, zuweilen aber nicht gänzlich; oft neben einem

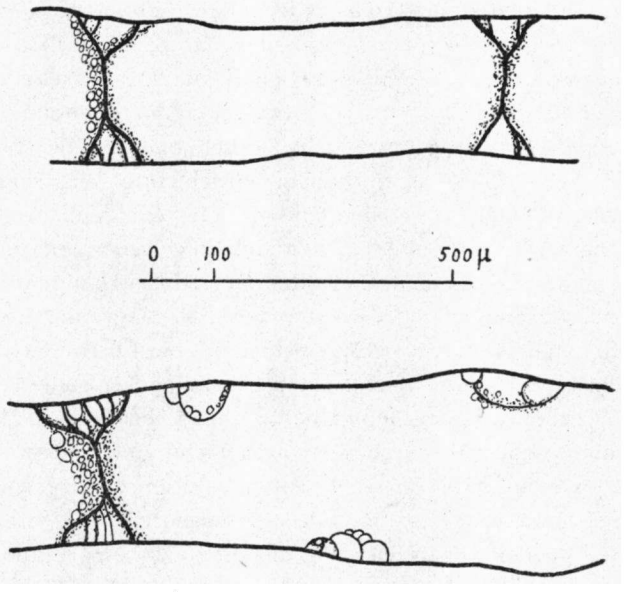


Fig. 9. Optische Längsschnitte durch zwei Vitta-abteilungen einer reifen Frucht. Zusammengesetzte Quermembranen; in der unteren Abbildung Blasen in der Belegmembran.
(Mit 1 % Chromsäure fixiertes Material.)

grossen Öltropfen einige kleine, runde, gesonderte Öltröpfchen vorhanden.

Saftgänge[1]): je ein unmittelbar an der Aussenseite

[1]) Es ist zweifelhaft ob die Saftgänge an dieser Stelle zu erwähnen sind und nicht vielmehr zum Pericambium zu rechnen wären, weil sie in der Frucht stets unmittelbar längs der Aussenseite des Phloëms verlaufen. Nach De Bary, *Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane*, pag. 463 u. 464 entstehen die Saftgänge (daselbst auch Ölgänge genannt) in den Umbelliferenwurzeln immer im Pericambium. Jedoch sind sie nicht in ihrem Vorkommen am Pericambium gebunden, denn auch im Markgewebe der Stengel z. B. findet man viele Gänge. Weil aber im betref-

jedes Rippengefässbündels *(Fig. 8k)* in der ganzen Länge der Frucht verlaufend und sich in den Fruchtstiel fortsetzend; Weite des Lumens 15—40 μ; zylindrisch, oder zuweilen auch wohl etwas in radialer Richting zusammengepresst; zuweilen verzweigt und dann 2 oder 3 Gänge ziemlich dicht nebeneinander längs der Aussenseite eines Rippenbündels; bis in das Stylopodium reichend, und je ein sich weiter in jeden Griffel bis an die Narbe erstreckend. Saftgangepithelium einschichtig, aus längsgestreckten, lückenlos aneinander schliessenden, ziemlich gleichen sezernierenden Zellen gebildet. Quermembranen, wie in den Ölstriemen, hier offenbar nicht vorhanden. Sehr dünne, farblose Belegmembran den Saftgangraum auskleidend. Inhalt ohne Zweifel verschieden vom Ölstrieminhalte; stellenweise lange, das Lumen ausfüllende, Säulen von einer braunen oder hellgelben homogenen Masse, durch Flemmingsches Gemisch schwarzgefärbt, und zudem auch viele kleine Kügelchen, ebenfalls durch das erwähnte Gemisch geschwärzt; in mit Chromsäure 1 % fixiertem Materiale der Inhalt meistens als eine Wabenstruktur von sehr dünnen, auch in starker Chromsäurelösung resistenten, farblosen, oder hellgelben Fädchen aussehend; kein ätherisches Öl.

4a. *Parenchymzellen.* I. In den äussersten 3 Schichten: Durchmesser etwa 15—20 μ; meist nahezu isodiametrisch; zuweilen kugelig, öfter unregelmässig rundlich. Wände dünn. Inhalt: oft noch wandständiges gelbliches Protoplasma mit vielen ovalen, gelblichen Chlorophyllkörnern.

II. In den inneren Schichten: R. und T. 5—8 μ, L. 50—70 μ; nahezu zylindrisch mit queren oder etwas schief

fenden Falle — in der Fruchtwand — nicht mit Gewissheit ein Pericambium zu erkennen ist, möchte ich die Saftgänge eher bei den Mesophyllgeweben anschliessen, besonders auch weil mir die Entstehungsweise ebensowenig durch andere Literatur (vergl. Engler u. Prantl. l. c. III 8) erklärt ist.

gestellten Endflächen; längsgerichtet. Wände dünn. Inhalt: wenige Protoplasmareste mit ziemlich wenigen, kleinen, farblosen Chloroplasten.

4*b*. *Epithelzellen der Vittae*. R. 8—10 μ, L. und T. 25—30 μ, fünf- oder sechseckige, auf der Oberfläche der Vitta liegende Platten; die Seitenflächen und die nach dem Vittaraume gekehrte Innenwand eben, die Aussenwand oft etwas nach aussen gewölbt. Wände dünn, gelblich,

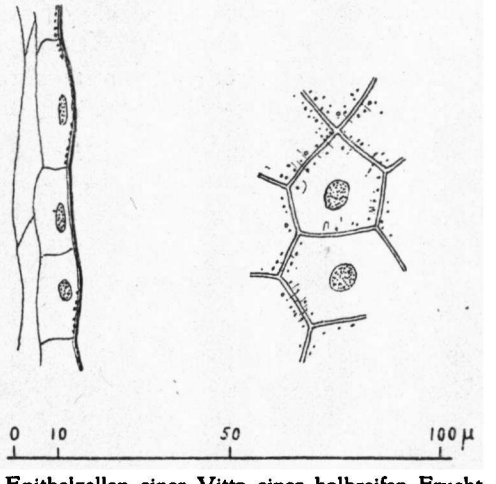


Fig. 10. Epithelzellen einer Vitta einer halbreifen Frucht, nach Einwirkung während einiger Minuten von einer Lösung von 20 g. Chromsäure in 60 g. Wasser.
Linke Abbildung: Längsschnitt; die dickere Linie is die Belegmembran.
Rechte Abbildung: Flächenansicht vom Lumen der Vitta aus.
(Mit $^1/_2$ % Chromsäure fixiertes Material).

offenbar verkorkt, nur in den Ecken äusserst wenig collenchymatisch verdickt, namentlich dort, wo die antikline Wand an der periklinen Innenwand anschliesst. Vom Vittaraume aus gesehen, diese collenchymatische Verdickung als ein etwa 2 μ breiter hyaliner Streif an beiden Seiten der antiklinen Wand sichtbar. Dieser Streif oft durch eine Reihe sehr kleiner Bläschen begrenzt, die wie kleine Löcher in der Innenwand aussehen (*Fig. 10*); die Bläschen

zuweilen spaltförmig und der antiklinen Wand parallel laufend. Oft eine feine Streifung in der Innenwand sichtbar, zwischen den beiden, beiderseits der antiklinen Wand liegenden Bläschenreihen (*Fig. 10*) und senkrecht zur antiklinen Wand gerichtet. Streifung und Bläschen oft den Eindruck machend, als ob feine Kanälchen [1]) die obenerwähnte collenchymatische Wandverdickung durchsetzen und in die kleine Bläschen münden. Bläschen resistent gegen 35 % Chromsäurelosung und gegen 75 % Schwefelsäure, gleichwie die Belegmembran im Vittaraume. Inhalt: grösstenteils desorganisierte Protoplasmareste, körnig, braun oder gelb, meist in etwa 5 μ dicker Schicht der Innenwand anliegend; zuweilen die Zelle gefüllt mit gelben Körnern oder eine zusammengeballte Masse oder noch eine wandständige, feinkörnige Protoplasmaschicht und eine grosse zentrale Vacuole. Kern kuchenförmig, rund oder kurz elliptisch; Durchmesser etwa 7 μ; stets mit einer Fläche der Innenwand anliegend.

4c. *Epithelzellen der Saftgänge.* R. 5—8 μ, T. 10—13 μ, L. 70—90 μ; vierseitige Prismen mit bald queren, bald schiefgestellten Endflächen; längsgerichtet. Wände dünn. Inhalt: desorganisierte Protoplasmareste.

3*d*. ***Meristele.*** Gefässbündel 1 in jeder Rippe; meist dreiseitig prismatisch mit abgerundeten Kanten, die eine Fläche parallel der Innenepidermis der Fruchtwand; geschlossen. Phloëm bisweilen offenbar in zwei, nach der Aussenseite der Frucht gekehrten Strängen, meist zusammengepresst; Geleitzellen besonders an der Aussenseite und wohl auch zwischen den Phloëmsträngen. Xylem nach dem Zentrum der Frucht gekehrt, mit oft in 2 Gruppen

[1]) Vielleicht Sekretionskanäle, wie bei anderen sezernierenden Zellen beschrieben von M. Nieuwenhuis—von Uexküll-Güldenband. Sekretionskanäle in den Cuticularschichten der extrafloralen Nektarien. Recueil des Travaux Botan. Néerlandais, Vol. XI. pag. 291—311).

gestellten Spiralgefässen und ziemlich zahlreichen, nicht sehr dickwandigen, langen Fasertracheïden. In der Fruchtspitze ziemlich viele kürzere Tracheïden.

Gefässbündelverlauf[1]). Zentralzylinder des Fruchtstieles sich unmittelbar unter der Fruchtbasis auflösend in die 10, sich in die 10 Fruchtrippen fortsetzenden Gefässbündel. Die 5 Gefässbündel jeder Teilfrucht in der Fruchtspitze, auf der Höhe der Kelchzähnchen zusammenkommend, nachdem sie unmittelbar vorher, durch Zutritt vieler Tracheïden und Holzparenchymzellen bedeutend breiter und dicker geworden sind (*Fig. 11, A*). Eben auf derselben Höhe der Kelchzähne auch die kleinen, sich nach den Kelchzähnen, Blumenblättern und Staubblättern begebenden Bündelchen entspringend.

Unmittelbar über dieser Stelle, eben in der Basis des Stylopodiums, die 5 Gefässbündel des Mericaps sich, durch Aneinanderschliessung der Tracheïden und Holzparenchymzellen der Nachbarbündel, zu einem, nur an der Fugenseite noch offenen Ringe vereinigend.[2]) *(Fig. 11 A, k)*. Die in der Fortsetzung der Rippenbündel liegenden Stellen des Ringes dicker *(Fig. 11 C, k)*, und dadurch der zusammengesetzte Charakter deutlich sichtbar bleibend. Das so entstandene Gefässbündelkomplex sich bis in den Oberteil des Stylopodiums fortsetzend und dort plötzlich endend. Wahrscheinlich einige Gefässe vom Innenrande des Komplexes bis in den Griffel laufend; dieses aber nicht genau festzustellen, auch nicht in den besten Präparaten.

Ein starker horizontaler Gefässbündelast aus den Gefäss-

[1]) Zur Untersuchung des Gefässbündelverlaufs wurden ganze unreife Früchte von verschiedenem Alter in Chloralhydrat gekocht und in demselben Medium untersucht. Ebenfalls wurden Querschnitte des Stylopodiums untersucht.

[2]) In noch jungen unreifen Früchten findet man noch keinen Zusammenhang der Gefässbündel; es kommt derselbe erst beim Reifen der Frucht zu Stande.

bündeln der lateralen Rippen entspringend *(Fig. 11 A und C, t)*, auf derselben Höhe, wo die Bündelchen der Kelchzähnen u. s. w. entspringen. Dieser Ast sich nach der Mitte der Fugenfläche, nach dem Carpophorum zu, und bald nach unten richtend, und dann in das Carpophorum hineingehend. Einige wenige Gefässe im Carpophorum sich bis in die Basis der Frucht fortsetzend und dort sich an die Gefässe des Fruchtstieles anschliessend.

Das Gefässbündel des Funiculus *(Fig. 11 B und C, r)* dem einen der ebenerwähnten horizontalen Aeste entspringend, zuerst horizontal verlaufend und nach dem Zentrum des Mericarps gerichtet, nachher sich nach unten umbiegend und sich in den Funiculus und die Raphe fortsetzend, bis in den unteren Teil des Samens.

Ein ähnliches, jedoch viel schwächeres und nur aus kurzen, dünnwandigen Tracheïden bestehendes Bündel ein wenig höher dem anderen horizontalen Gefässbündelast desselben Mericarps entspringend. Dieses Bündelchen nur sehr kurz bleibend, und endend in einem kleinen, aus dünnwandigem Parenchym bestehenden Höcker, der sich unmittelbar über der Stelle befindet, wo der Funiculus sich nach unten umbiegt. Ohne Zweifel handelt es sich hier um ein Rudiment [1]) einer zweiten Samenanlage.

Die Raumverhältnisse sind in der Fig. 11 C ersichtlich; dort in dem Querschnitt durch die Basis des Stylopodiums zu sehen, wie die Bündel der Funikeln in beiden Mericarpien aus den gleichnamigen Aesten des Gefässbündelkomplexes entspringen und infolgedessen natürlich auch die Rudimente, an gleichnamigen Aesten angehaftet, kreuzweise einander gegenüberstehen.

[1]) Dieses Rudiment niemals fehlend; innerhalb der Innenepidermis der Fruchtwand liegend, also in dem für den Samen bestimmten Hohlraume; nahezu eiförmig und aus sehr dünnwandigem Parenchym bestehend; die regelmässig gebaute Epidermis deutlich zu erkennen. In Chloralhydratpräparaten leicht auffallend durch seine gelblichgrüne Farbe.

4a. *Gefässe des Xylems.* Weite 7—8 μ; einige nur 5 μ weit; Länge der Glieder nicht bestimmbar; zylindrisch Querwände schief geneigt, mit 1 grosser, runder, oder

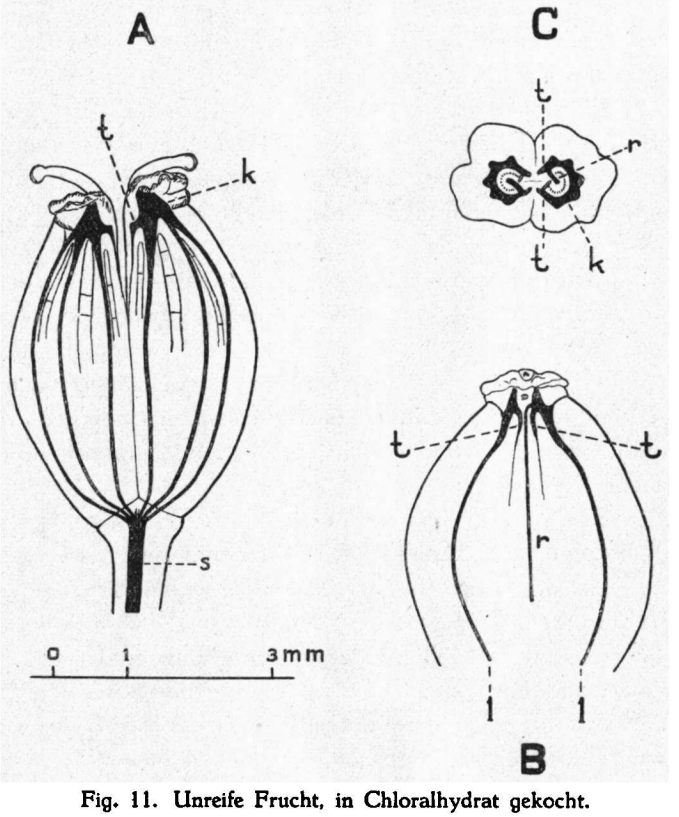


Fig. 11. Unreife Frucht, in Chloralhydrat gekocht.

A — Frucht, von der Seite gesehen; in jeder Fruchthälfte 3 Rippengefässbündel sichtbar.
B — Mericarp, von der Fugenseite gesehen.
C — Querschnitt durch die Basis der Stylopodien.
k — Komplex der Rippengefässbündel.
l — Gefässbündel der lateralen Rippen.
r — Gefässbündel des Funiculus und der Raphe.
s — Zentralzylinder des Fruchtstieles.
t — In das Carpophorum gehender Gefässbündelast.
Die Innenepidermis der Fruchtwand in C durch eine gebrochene kreisförmige Linie angedeutet.

ovaler Durchbohrung. Wand 2 μ dick, gemessen auf dem Spiralband; Spiralzeichnung dicht gewunden; bei den nur 5 μ weiten Gefässen Spiralband sehr weit gewunden.

4*b*. *Fasertracheïden*. I. Weite 12 μ oder weniger, Länge 300 μ oder mehr; meist lang spindelförmig. Wand dick 2.5 μ, farblos; Hoftüpfel klein, nahezu rund, wenig zahlreich. Kein Inhalt.

II. In der Fruchtspitze: Länge 100 μ oder etwas mehr, spindelförmig; Wand dick 2 μ, hellgelb, wenig verholzt; Hoftüpfel viele, elliptisch, schiefgestellt, ziemlich klein, aber grösser als die unter I erwähnten. Fasertracheïden noch mehr nach der Gefässbündelspitze zu noch kürzer werdend und, der Form nach, oft Parenchymzellen gleichend: Weite bis 15 μ, Länge 80—100 μ aber auch weniger; mehr weniger spindelförmig, zuweilen sehr unregelmässig, krumm oder mit krummen Enden; auch mit flachen Enden (Parenchym). Wand dick 3 μ; Hoftüpfel viele, elliptisch, quergestellt. Kein Inhalt.

2*b*. Scheidewand (Septum).

3*a*. ***Epidermis***. Ein Teil der Innenepidermis der Fruchtwand. Einschichtig. In der Medianlinie am dicksten und dort aus mehr weniger palisadenartigen Zellen bestehend. Beiderseits der Medianlinie in die Innenepidermis der Fruchtwand übergehend. Im obersten Teile aus würfelförmigen bis unregelmässig polyëdrischen, dickwandigen und reich getüpfelten Zellen bestehend. Zellen lückenlos aneinander schliessend.

4*a*. *Epidermiszellen*. I. R. 35—38 μ, T. etwa 20 μ, L. etwa 30 μ; vier- oder fünfseitige Prismen mit oft abgerundeten Kanten; die in der Medianlinie liegenden mit der kleinsten tangentialen Dimension; senkrecht zur Oberfläche der Scheidewand gerichtet. Nach beiden Seiten der Medianlinie allmählich die Gestalt der tangential gestreckten Innenepidermiszellen der Fruchtwand annehmend. Wände dünn; Aussen- und Innenwand ein wenig dicker

als die übrigen; farblos, schwach verholzt und verkorkt. Inhalt: sehr feinkörnige Masse, schwarz durch Flemmingsches Gemisch; zuweilen Kernreste.

II. Im obersten Teile der Scheidewand: R. 20—23 μ, T. etwa 20 μ, L. 10—15 μ; prismatisch bis fast würfelförmig oder unregelmässig polyëdrisch, mit abgerundeten Kanten. Wände dick 2 μ farblos; Hoftüpfel viele, nahezu rund, Diameter etwa 1—$1^1/_2$ μ. Kein Inhalt.

3*b*. ***Mesophyll.*** I. Im äusseren Teile aus 6 Schichten hoher, längsgerichteter Parenchymzellen gebildet, mit dem Mesophyllparenchym der Fruchtwand übereinstimmend. Kleine Interzellularräume.

II. Der innere Teil, in der Nähe des Carpophors, aus engeren, langgestreckten und mehr dickwandigen Zellen bestehend.

III. In der Trennungsfläche der Scheidewand meist ein im Querschnitt lang-elliptischer, transversal gerichteter Hohlraum, in dessen Zentrum sich das Carpophor befindet *(Fig. 6 c, pag. 180)*. In diesem Hohlraume zuweilen noch Ueberreste von einem kleinzelligen, dünnwandigen Parenchym; dessen Zellen zwar längsgestreckt, aber viel kürzer als beim übrigen Mesophyllparenchym; in der Nähe der einspringenden Aussenepidermis der Fruchtwand mit etwas grösseren Zellen und ein wenig collenchymatisch verdickt.

4*a*. *Parenchymzellen.* I. Im äusseren Teile der Scheidewand wie die grösseren Zellen des Mesophyllparenchyms der Fruchtwand.

II. In der Nähe des Carpophors: Weite 5—12 μ, L. 80—90 μ; meist zylindrisch mit horizontalen, selten schief geneigten Endflächen; längsgerichtet. Wände ein wenig verdickt, bis etwa 3 μ; gelblich. Inhalt: Protoplasmareste mit länglichem, vertikal stehendem Kerne.

III. In der Trennungsfläche: Weite 5—10 μ, L. etwa 25 μ; zylindrisch, mit horizontalen oder ein wenig schief geneigten Endflächen. Wände dünn, farblos, bei den

Zellen in der Nähe der Einbuchtung der Aussenepidermis ein wenig collenchymatisch verdickt. Inhalt: trübe, körnige Protoplasmareste.

3c. ***Carpophorum.*** Der untere, nicht gespaltene Teil eine abgeflacht zylindrische Säule; der Querschnitt länglich; der grösste Durchmesser etwa 130 μ, parallel der Fugenfläche; Durchmesser in der Medianfläche etwa 40 μ; das Unterende ein Ganzes mit dem Fruchtstiele bildend, sich trichterförmig erweiternd, und an die Innenseite des ebenfalls trichterförmigen obersten Endes des Fruchtstielzentralzylinders anschliessend. Hauptsächlich aus langen, längsgerichteten, spärlich getüpfelten und lückenlos aneinander schliessenden Fasern bestehend, die im erweiterten untersten Ende des Carpophors kürzer, weiter und tracheïdenartig werden, schliesslich sogar mehr den Charakter dickwandiger, viel reicher getüpfelter Parenchymzellen erlangen, und sich den Tracheïden des Zentralzylinders im Fruchtstiele anschliessen. Spiralgefässe [1]) in 2, in der transversalen Fläche nebeneinander laufenden Bündeln; jedes Bündel mit 5 bis 8 Spiralgefässen, die sich offenbar den inneren Xylemgefässen des Zentralzylinders des Fruchtstieles anschliessen. Phloëm nicht zu finden.

Der obere Teil durch einen der Fugenfläche parallelen Spalt in 2 Schenkeln verteilt. Jeder Schenkel eine im Querschnitt länglich runde Säule; Durchmesser parallel der Fugenfläche etwa 130 μ, senkrecht zur Fugenfläche etwa 20 μ; an der Spitze nochmals mehr weniger gespalten, jedenfalls in transversaler Richtung verbreitert, und sich dort an die linke und rechte Hälfte des oben beschriebenen Gefässbündelringes anschliessend; hauptsächlich aus

[1]) Nach Tschirch und Oesterle. Anatomischer Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde, 1900, pag. 52, 53, soll das Carpophor bei *Pimpinella Anisum* L., und bei *Foeniculum capillaceum* Gilb. nur aus Bastfasern bestehen.

ähnlichen Fasern bestehend wie oben beschrieben. Fasern in der Carpophorspitze kürzer, tracheïdenähnlich, mit kleinen Hoftüpfeln, und an die Tracheïden des Gefässbündelringes in der Fruchtspitze anschliessend. Spiralgefässe in 2, in der transversalen Fläche nebeneinander laufenden, Bündeln; jedes Bündel mit 3 oder 4 Spiralgefässen, die sich offenbar den Xylemgefässen des ebenerwähnten Gefässbündelringes anschliessen. Phloëm nicht zu finden.

Im Zentrum des trichterförmigen unteren Endes des Carpophors eine Fortsetzung des Markgewebes des Fruchtstieles, als ein grosszelliges, dünnwandiges Parenchym.

4*a*. *Fasern*. Weite 7 μ, Länge sehr verschieden, z. B. 800, 850, 700, 1300, 1050 μ; fünf- oder sechsseitige Prismen mit abgerundeten Kanten, oder Zylinder, allmählich beiderseits in eine Spitze auslaufend. Wand dick etwa 2 μ, farblos, sehr spärlich getüpfelt; bald schiefgestellte Spalttüpfel, bald kleine runde Tüpfel. Inhalt: körnige Protoplasmareste.

Im untersten Teile der Carpophors viel kürzer werdend und bis 12 μ weit; Wand ziemlich reich getüpfelt; sehr kleine runde Tüpfel.

4*b*. *Gefässe*. Weite etwa 4 μ, Länge der Glieder nicht zu bestimmen. Wand ziemlich dünn; dichte Spiralwindung.

2*c*. Placenta, ganz oben im Fruchtfache, ein wenig seitlich von der Medianebene; nicht zu einem besonders zu beschreibenden Organe ausgebildet.

2*d*. Stylopodium. In der reifen Frucht meistens mehr oder weniger, oft gänzlich geschrumpft. In günstigen Fällen aber die Struktur noch gut zu sehen.

3*a*. ***Epidermis***, einschichtig, aus unregelmässig gestalteten Zellen bestehend; an der Aussenseite der Frucht am dicksten; nach der Fugenfläche zu allmählich dünner; am dünnsten in der Fuge. Dünne, wellig gestreifte Cuticula. Stomata ziemlich spärlich, kryptopor; der Vorhof in der Flächenansicht länglich, 10 μ lang, 4 μ breit, verschieden orientiert.

4a. *Epidermiszellen.* An der Aussenseite der Frucht: R. etwa 55 μ, T. und L. 10—30 μ; in der Fuge: R. 15 μ, T. etwa 20 μ oder weniger. Unregelmässige rundeckige Gestalt; Aussenwand ziemlich flach; Innenwand nach dem untenliegenden Parenchym vorgewölbt. Aussenwand dick bis 5 μ. Aeussere Hälfte der radialen Wände bis 5 μ dick, nach innen allmählich dünner werdend. Innenwand 2 μ dick. Nach der Fuge zu die Wände dünner; in der Fuge dünn; überall hellgelb. Inhalt: in den grösseren Zellen viele braune Protoplasmareste und sehr viele braune, runde, 2.5 μ grosse Körner; in den kleineren Zellen der Fuge nur Protoplasmareste und zuweilen sehr kleine Körnchen.

3b. ***Mesophyll.*** Unter der Epidermis der oberen und der äusseren Seite des Stylopodiums eine etwa 30 μ dicke Schicht vollständig zusammengepresster, dünnwandiger Zellen. Unter dieser Schicht eine etwa 130 μ dicke Schicht von ziemlich grosszelligem, dünnwandigem Parenchym, mit kleinen Interzellularräumen; die meisten Zellen stark desorganisiert und oft mehr oder weniger zusammengepresst. Einige schief verlaufende Saftgänge im meist nach innen liegenden Teile des Parenchyms.

4a. *Parenchymzellen.* Durchmesser 30—50 μ; kugelig oder unregelmässig polyëdrisch. Wände dünn, farblos oder sehr hell gelb. Inhalt: dünne Schicht von wandständigem Protoplasma mit ovalen, chloroplastähnlichen Körnern. Kern nahezu kugelig, etwa 8 μ in Durchmesser, mit 1 Nucleolus. Oft der Inhalt in hohem Grade desorganisiert.

3c. ***Meristele.*** Schief verlaufende Gefässbündelchen, oder einzelne, nach aussen verlaufende Tracheïden, an verschiedenen Stellen im Mesophyllparenchym.

3d. ***Leitendes Gewebe.*** Kleinzelliges Parenchym in der Nähe der Fuge; aus länglichen, dünnwandigen Zellen bestehend, die deutlich von einem, unmittelbar unter der Verschmelzungsstelle der beiden Stylopodien liegenden, Punkte ausstrahlen. Offenbar keine Interzellularräume.

4a. *Zellen.* Länge etwa 25 μ, Weite etwa 10 μ; länglich eiförmig oder mehr weniger zylindrisch mit abgerundeten Enden; meist schief nach oben und aussen gerichtet. Wände dünn, gelblich. Inhalt: dünne wandständige Protoplasmaschicht mit ovalen chloroplastähnlichen Körnern. Kern länglich rund.

1b. **Stylus.** (Griffel).

Gewöhnlich bei der reifen Frucht völlig eingetrocknet dann und wann aber noch ziemlich gut erhalten.

2a. ***Epidermis.*** Einschichtig; aus nahezu zylindrischen, längsgerichteten Zellen gebildet; sehr dünne, farblose, längsgestreifte Cuticula.

3a. *Epidermiszellen.* R. und T. 10 μ, L. 40—80 μ; an der Basis des Griffels kürzer und weiter werdend; nahezu zylindrisch mit queren, oder geneigten, oder gebogenen Endflächen. Längsgerichtet. Wände dünn; Aussenwand etwas verdickt. Inhalt: viele runde, gelbe, 1—2 μ grosse Körner, meist noch in wandständigen Protoplasmaresten liegend. Oft noch ein runder oder ellipsoïdischer Kern, 8—10 μ lang, stets der Innenwand anliegend. Im oberen Teile des Griffels der Inhalt eine homogene, meist etwas contrahierte gelbliche Masse.

2b. ***Mesophyll.*** Meist 3 Schichten nahezu zylindrischer, längsgestreckter, dünnwandiger Parenchymzellen. Kleine Interzellularräume. Saftgänge 2, zuweilen nur 1, in der von der Fugenfläche abgekehrten Seite des Griffels verlaufend, nur durch 1 Parenchymzelle von der Epidermis getrennt; nicht ganz bis zur Narbe reichend; Lumen etwa 10 μ weit, zylindrisch, aber oftmals etwas zusammengepresst; Epithelium einschichtig, aus länglichen, längsgerichteten, lückenlos aneinanderschliessenden Zellen gebildet; Sekretionsprodukt, wie im Obigen beschrieben.

3a. *Parenchymzellen.* R. und T. 10—15 μ; die inneren 5—10 μ; L. bis 150 μ; vielseitige Prismen oder Zylinder,

mit bald spitzen, bald stumpfen oder queren, flachen Enden. Wände sehr dünn. Inhalt: kleine gelbe Körner, oft grössere gelbe Klumpen; oft Kernreste.

3*b*. *Epithelzellen* der Saftgänge. R. 4—5 μ, T. 8—10 μ, L. 40—45 μ; vierseitige Prismen, mit bald geneigten, bald queren Endflächen; längsgestreckt. Wände dünn. Inhalt: desorganisierte Protoplasma- und Kernreste.

2*c*. ***Meristele.*** Nur in der Basis, sowie auch im obersten Teile des Griffels nur ein Spiralgefäss gesehen; Weite 10 μ, mit dünner Wand.

2*d*. ***Leitendes Gewebe.*** Das Innere des Griffels ausfüllend. Aus langen, meist spitz endenden, längsgerichteten Zellen bestehend; grösstenteils zusammengepresst. Sehr kleine Interzellularräume. Länge der Zellen ungefähr 100—150 μ. Wände sehr dünn. Inhalt fast fehlend; höchstens einige wenige trübe Reste.

1*c*. **Stigma.** (Narbe).

Bei der reifen Frucht oft ziemlich stark eingetrocknet.

2*a*. ***Epidermis.*** Einschichtig; in der Nähe der Griffelspitze am dünnsten; aus länglichen, keulenförmigen, senkrecht zur Oberfläche gerichteten Zellen bestehend; deren Aussenfläche ein wenig nach aussen vorgewölbt, aber keine Papillen bildend. Zuweilen offenbar durch eine Schleimschicht überzogen.

3*a*. *Epidermiszellen*. R. bis 35 μ, auch wohl weniger, namentlich in der Nähe der Griffelspitze; T. und L. 10—14 μ. Ein wenig keulenförmig, das dünnere Ende nach dem Zentrum der Narbe gerichtet. Wände dünn, zuweilen ein wenig verdickt zu nur 1 μ. Inhalt: trübe gelbe Masse; zuweilen noch ein ellipsoïdischer, 5 μ langer Kern, meistens in der Nähe der Innenwand.

2*b*. ***Leitendes Gewebe.*** Aus länglichen, keulenförmigen, dünnwandigen, mehr weniger senkrecht zur Narbenoberfläche gerichteten Zellen bestehend. Kleine Interzellularräume,

zuweilen auch etwas grössere. Oft anscheinend eine ziemlich homogene Masse in den Interzellularräumen: vielleicht Reste von Pollenschläuchen.

3a. *Zellen* des leitenden Gewebes. Länge etwa 40 μ, Dicke des dicksten Teiles etwa 15 μ; keulenförmig, zuweilen etwas krumm; das dünnere Ende spitz auslaufend und nach dem Zentrum der Griffelspitze zugekehrt; das dickere Ende abgerundet und nach der Narbenoberfläche zu gerichtet. Zuweilen zusammengepresst. Inhalt: gänzlich desorganisiert, zuweilen noch Kernreste.

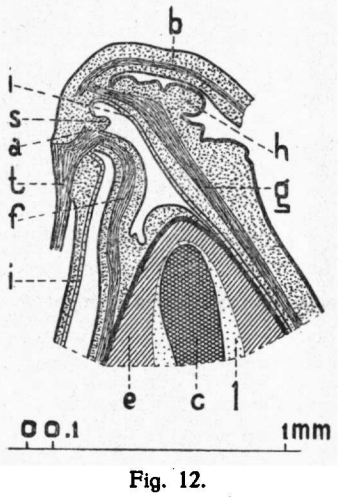


Fig. 12.

Medianer Längsschnitt durch die Spitze des reifen Mericarps.

a — Placenta.
b — Griffel.
c — Keim.
e — Endosperm.
f — Gefässbündel des Funiculus.
g — Gefässbündel der Rückenrippe.
h — Stylopodium.
i — Innenepidermis der Fruchtwand.
l — in Auflösung begriffenes Endosperm.
s — rudimentäre zweite Samenanlage.
t — in das Carpophorum gehender Gefässbündelast.

Der Same.

1a. **Funiculus** *(Fig. 12 f).* Länge etwa 400 μ; Dicke etwa 110 μ; stielrund.

2a. *Epidermis.* Einschichtig. Aus etwas länglichen bis fast würfelförmigen, ziemlich kleinen und dünnwandigen Zellen bestehend. In der Nähe der Placenta die longitudinale Dimension etwas kleiner als bei den übrigen Zellen.

3a. *Epidermiszellen.* R. 12 μ, T. 10 μ, L. 15—23 μ; vierseitige Prismen mit queren Endflächen; längsgestreckt. Wände dünn; nur Aussenwand verdickt bis 1.5 μ; gelblich. Inhalt: Protoplasmareste; Kern kugelig, 5 μ, gelb.

2*b*. ***Parenchym.*** 2 oder 3 Schichten länglicher, längsgerichteter, dünnwandiger Zellen.

3*a*. *Parenchymzellen.* R. und T. etwa 8 μ, L. 35—40 μ; vier- bis mehrseitige Prismen, oder Zylinder, mit queren Endflächen. Wände dünn, gelblich. Inhalt: dichte, trübe, gelbliche Protoplasmareste und Kernreste.

2*c*. ***Gefässbündel.*** Phloëm offenbar gut ausgebildet, aber hier nahezu vollkommen desorganisiert; nach der Scheidewand zugekehrt.

Xylem aus einem Bündel von 4 oder 5 engen Spiralgefässen bestehend, an der vom Phloëm abgekehrten Seite begleitet von einigen kurzen Tracheïden und einer 2 Zellen dicken Schicht von Xylemparenchymzellen.

3*a*. *Xylemgefässe.* Weite 5—8 μ; Glieder im oberen Teile des Funikels offenbar kürzer als im unteren Teile. Wand dick 1.5 μ; dichte Spiralwindung, zuweilen in eine netzartige Zeichnung übergehend.

3*b*. *Tracheïden.* Weite ungefähr 8 μ, Länge 25—40 μ; nahezu spindelförmig. Wand dick etwa 1.5 μ; Spiralwindung oder Netzzeichnung wie bei den Gefässen.

3*c*. *Xylemparenchymzellen.* R. und T. 10—15 μ, L. 10—15 μ; würfelförmig oder vierseitig prismatisch mit schwach abgerundeten Kanten; die Prismen längsgerichtet. Wände verdickt, 2 μ; farblos. Hoftüpfel sehr viele in allen Wänden; Hof länglich, 4 μ lang oder etwas kürzer; verschieden gerichtet. Inhalt: zuweilen trübe Protoplasmareste; Kern ellipsoïdisch, 6 μ lang.

1*b*. **Spermodermis.**

2*a*. Testa (Samenschale).

3*a*. ***Aussenepidermis.*** Einschichtig; der Fruchtwand fest anliegend; nur an der Fugenseite zwischen den beiden commissuralen Ölstriemen, sowie auch in der Basis und Spitze des Fruchtfaches, nicht mit der Fruchtwand in Berührung. Aus oft unregelmässigen, meist in tangentialer

Richtung gestreckten, oft in vertikalen Reihen geordneten, dünnwandigen Zellen gebildet. In der Medianlinie an der Fugenseite die Zellen abweichend gestaltet (s. unter: Raphe).

4a. *Epidermiszellen.* R. 12—13, T. 30—40 μ oder weniger, L. 8—10 μ; vierseitige Prismen mit abgerundeten Enden; oft unregelmässig gestaltet; in tangentialer Richtung gestreckt. Wände sehr dünn; die radialen oft etwas gebogen. Inhalt: gelbe körnige Masse, in der viele, 2 μ grosse, runde, gelbliche chloroplastähnliche Körner, mit Kupferazetat-Eisenazetat Gerbstoffreaktion zeigend.

3b. *Parenchym.* Nur an der Fugenseite ziemlich gut erhalten *(Fig. 8 p, pag. 191)*; auch noch einiges an der Basis und der Spitze des Samens *(Fig. 13 p, pag. 211)*. An der Fugenseite, beiderseits der Raphe, den commissuralen Ölstriemen gegenüber, etwa 6 Schichten dick; nach beiden Seiten allmählich dünner werdend; aus längsgestreckten dünnwandigen Zellen bestehend, die in der Nähe der Raphe am kleinsten sind. Kleine Interzellularräume.

An der Spitze des Samens 1 oder 2 Schichten nahezu kugelförmiger Zellen.

An der Samenbasis einige Schichten eingetrockneter, oft zerrissener oder geschrumpfter Zellen.

4a. *Parenchymzellen* an der Fugenseite. R. und T. 15—25 μ, L. 40—60 μ. Fünf- bis sechsseitige Prismen mit queren oder schief geneigten oder abgerundeten Enden und meist abgerundeten Kanten. In der Nähe der Raphe enger werdend: R. und T. 3—8 μ, oft zylindrisch. Wände dünn, farblos. Inhalt: gelbe homogene, oder körnige Masse; Kern länglich rund, 8 μ lang; oft Gerbstoffreaktion.

3c. *Zusammengepresste Schichten.* Eine überall dem Endosperm fest anliegende, gelbe Lage völlig zusammengepresster, offenbar dünnwandiger Zellen; Dicke der Lage etwa 5 μ, in der Medianlinie der Fugenseite bis zu 20 μ. Meistens gar keine Zelllumina mehr zu erkennen. Die ganze

Lage schwarzgefärbt durch das Gerbstoffreagens Kupferazetat-Eisenazetat.

2b. Raphe. In der Medianlinie der Fugenseite, der hervorspringenden Längsleiste des Endosperms gegenüber, sich fast bis zur Samenbasis erstreckend *(Fig. 8 r, pag. 191).*

3a. ***Epidermis.*** (Der mediane Teil der Testa-epidermis.) Eine Schicht längsgestreckter, dünnwandiger Zellen; am obersten Teile des Samens kürzer.

4a. *Epidermiszellen.* R. und T. 10—12 μ, L. bis 60 μ; vierseitige Prismen, mit queren, flachen oder gebogenen Enden. Längsgerichtet. Wände dünn, farblos. Inhalt; eine die Zelle ganz füllende, homogene oder sehr feinkörnige, braungelbe Masse; Kern länglich rund; 6 μ lang, Gerbstoffreaktion im Inhalte.

3b. Gefässbündel. Sich fast bis zur Basis des Samens erstreckend. Phloëm nicht mit Sicherheit zu erkennen. Nur einige 4 μ weite, zylindrische Spiralgefässe mit 1 μ dicker, farbloser Wand.

1c. **Samenkern.**

2a. Albumen.

3a. ***Endosperm.*** *(Fig. 8 e, pag. 191* und *Fig. 13 e).* Der grösste Bestandteil des Samens. Fast von derselben Gestalt wie das Mericarp, aber den Ölstriemen gegenüber je eine breite, seichte Einbuchtung zeigend. Im Zentrum, fast in der ganzen Länge, ein Hohlraum; derselbe meistens spaltförmig, im gequollenen Samen im weitesten Teile in transversaler Richtung etwa 600 μ, in medianer Richtung etwa 150 μ breit, zuweilen aber im Querschnitte mehr rund; nach unten allmählich enger werdend. Aus polyedrischen, sehr ungleich gestalteten, ziemlich grossen und verhältnismässig dickwandigen Zellen bestehend. Die Zellen der äussersten 2 oder 3 Schichten am kleinsten. Zellen in Endospermquerschnitten im allgemeinen radial geordnet; in Tangentialschnitten oft Gruppen von 2, 4 oder 8,

offenbar aus einer einzigen Mutterzelle entstandene Zellen. Keine Interzellularräume. In der Nähe des zentralen Spaltraumes die Zellen mehr weniger voneinander gelöst und desorganisiert; am meisten die dem Hohlraume am nächsten befindlichen; mehrere dieser Zellen lose zwischen den Cotyledonen des Keimes liegend. Nach dem Inhalte die Zellen in 2 Sorten zu unterscheiden: zwar in allen Zellen viele Aleuronkörner, aber die eine Sorte nur Aleuronkörner mit Globoïden *(Globoïdzellen)*, die andere nur Aleuronkörner mit Sphaerokrystallen führend [1]) *(Sphaeritzellen)*; von jeder Sorte meistens mehrere Zellen in einer Gruppe beieinander, jedoch ohne einer gewissen Regelmässigkeit.

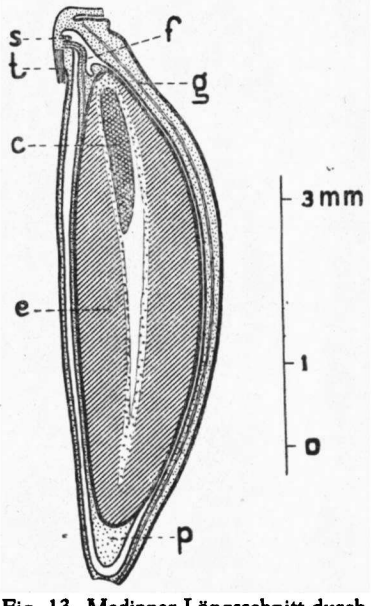


Fig. 13. Medianer Längsschnitt durch das reife Mericarp.
c — Keim.
e — Endosperm.
f — Funiculus.
g — Gefässbündel.
p — Parenchym.
s — rudimentäre zweite Samenanlage.
t — Carpophorum (abgebrochen).

4a. *Endospermzellen.* Grösster Durchmesser der grössten Zellen 60 μ; sehr ungleich gestaltet, unregelmässig polyëdrisch mit meistens abgerundeten Kanten. Wände verdickt, 2.5 μ, Mittellamelle oft sichtbar; farblos; Zellulosereaktion zeigend. Keine Tüpfel. Inhalt: dünne Schicht wandständiges Protoplasma, mit vielen

[1]) Nach Pfeffer. Untersuchungen über die Proteinkörner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen. (Jahrb. für Wiss. Botanik, 8, 1872) ist dieses eine allgemeine Erscheinung bei den Umbelliferen.

Protoplasmasträngen zwischen den Aleuronkörnern, und als Einschlüsse sehr kleine Körnchen; währscheinlich kleine Fetttröpfchen. Kern ellipsoïdisch bis kugelig; Durchmesser etwa 4 μ. Fetttröpfen bis 7 μ gross, zuweilen 8 in einer Zelle; auch sehr kleine Tröpfchen, etwa 1 μ, im Protoplasma zerstreut.

Aleuronkörner:

a. In den Sphaeritzellen *(Fig. 14 A)*: Sehr viele, die Zelle ausfüllend; die grössten etwa 12 μ lang und 7 μ

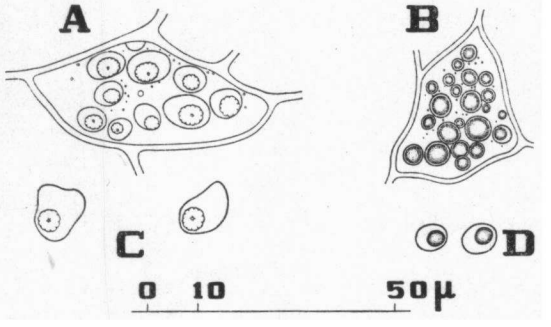


Fig. 14. Endospermzellen des trocknen reifen Samens in Origanumöle.
A — Sphaeritzelle.
B — Globoïdzelle.
C — grosse Aleuronkörner mit einem Sphaerokrystalle.
D — grosse Aleuronkörner mit einem Globoïde.

dick; die meisten kleiner; ungefähr eiförmig oder mehr weniger kegelförmig mit abgerundeter Basis und Spitze, auch wohl unregelmässiger gestaltet; je mit 1 runden, meistens stark exzentrisch liegenden Sphaerokrystalle *(Fig. 14 C)*. Sphaerokrystall bis zu 4 μ gross; im Zentrum ein sehr kleines Loch. Zuweilen statt eines Sphaerokrystalles ein einfaches Krystall, anscheinend eine tetragonale Bipyramide.

Ueberdies noch mehrere sehr kleine Aleuronkörner; Durchmesser 1 μ und weniger; offenbar ohne Krystall.

b. In den Globoïdzellen *(Fig. 14 B)*: sehr viele; Durchmesser der grössten etwa 7 μ, meistens kugelrund; die

meisten kleiner; je mit 1 kugelrunden, meistens zentral liegenden Globoïde. Globoïd bis zu 4 μ gross; meistens verhältnismässig so gross, dass der Eiweissteil des Aleuronkorns nur eine dünne Kugelschale bildet; zuweilen aber relativ kleiner *(Fig. 14 D)* und dann exzentrisch liegend. In vielen Globoïden ein kleines zentrales Loch.

Ueberdies noch mehrere sehr kleine Aleuronkörner; Durchmesser 1 μ und weniger; offenbar ohne Globoïd.

c. In den Zellen der äussersten Schicht: nur sehr viele kleine, nahezu runde; die grössten etwa 2 μ; zuweilen mit einem sehr kleinen Kryställchen, erst im polarisierten Lichte zwischen gekreuzten Nicols zum Tage tretend.

Die *innersten Zellen, in der Nähe des Endospermhohlraumes,* oft mehr weniger collabiert, Wände dünner geworden. Inhalt: Protoplasmareste; mehrere einfache Stärkekörner von verschiedener Grösse, die kleineren kugelrund, die grössten 12 μ lang, 6 μ dick, eiförmig; meistens ein ziemlich grosser Fetttropfen.

2*b.* **Keim.** Ganz aus meristematischen Geweben zusammengesetzt. Zellwände überall dünn. Protoplasmatischer Zellinhalt dicht; nur in den grössten Rindenparenchymzellen der Radicula schon einige kleine runde Vacuolen. Oft Kernteilungsstadien; Chromosomenzahl offenbar 12.

3*a.* Radicula.

4*a.* ***Calyptra.*** (Wurzelhaube). Die Wurzelspitze bis etwa 300 μ hinauf überdeckend. An der Spitze etwa 30 μ dick. Die oberflächliche Schicht aus epidermisartigen, meist tafelförmigen Zellen bestehend, die an der Spitze am grössten sind. Uebrigens aus nahezu kugelförmigen oder polyëdrischen Zellen gebildet. Keine Interzellularräume.

5*a.* *Zellen*: in der äussersten Schicht: R. 7—8 μ, T. und L. 15 μ; fünf- bis sechsseitige Platten. Kern kugelig, 5—8 μ.

Die inneren: Durchmesser etwa 10 μ; kugelig oder polyëdrisch. Kern kugelig, 5—6 μ.

4*b*. ***Epidermis.*** Aus 1 Schicht, ein wenig länglicher, längsgestreckter und in Längsreihen geordneter Zellen bestehend.

5*a*. *Epidermiszellen.* R. 12 μ, T. 5—7 μ, L. 15—20 μ. Vierseitig prismatisch mit abgerundeten Kanten; längsgerichtet. Inhalt: im Protoplasma mehrere kleine Fetttröpfchen; Kern länglich rund, etwas abgeflacht, lang 5—6 μ, dick 3—4 μ; Nucleolus 1, rund, 2 μ.

4*c*. ***Rinde.*** Ungefähr 5 Schichten verhältnismässig grosser, isodiametrischer oder tangential gestreckter, in Längsreihen geordneter Zellen.

Die inneren Zellen öfter tangential gestreckt als die äusseren. Grösse in der Nähe der Würzelspitze etwas abnehmend. Lange, enge Interzellularräume, nur in der Längsrichtung.

5*a*. *Zellen.* Die äusseren: R. und T. 12 μ oder etwas weniger; L. 14—15 μ, in der Wurzelspitze niedriger werdend bis L. 7—8 μ; würfelförmig bis kugelig, oder ellipsoïdisch und dann meist tangential gestreckt.

Die inneren: von ziemlich ungleicher Grösse, die grössten R. 10 μ, T. 30 μ, L. 14—15 μ; in der Wurzelspitze L. 7—8 μ; meist ellipsoïdisch, tangential gestreckt. Inhalt: im Protoplasma verbreitet viele kleine runde Stärkekörnchen, die grössten 3 μ, die meisten kleiner; auch kleine Fetttröpfchen. Kern kugelig, 5 μ, bis ellipsoïdisch, 7 μ lang, 4 μ dick. Nucleolus 1, zuweilen 2, rund, 2 μ.

4*d*. ***Zentralzylinder.*** Aus langen, dünnen, längsgerichteten und in Längsreihen geordneten Procambiumzellen bestehend; die Dimension parallel der Wurzelachse ungefähr 2-mal so gross als bei den Rindenzellen. In den äussersten 2 oder 3 Lagen die Dicke der Zellen am grössten, aber auch verschieden. Oft 2 dünne Zellen gegeneinander liegend, offenbar kürzlich, durch Entstehung einer vertikalen Wand, aus einer Mutterzelle entstanden.

In der Wurzelspitze Zellen niedriger und mehr abgerundet. Keine Interzellularräume (ausser der Saftgänge).

Saftgänge. An 5 Stellen in der Peripherie des Zentralzylinders; ungefähr 5—6 μ weite, längsgerichtete Interzellularräume, dreiseitig prismatisch bis zylindrisch, sich zuweilen fast schon in der ganzen Wurzellänge erstreckend, ungefähr 200—300 μ vom Vegetationspunkte entfernt anfangend; zuweilen plötzlich in die nächstliegende Vertikalreihe rückend, und dann ein kurzer horizontaler Interzellulargang die Verbindung zwischen den beiden vertikalen Saftgangstücken zu Stande bringend; Epithelium einschichtig, aus 4 oder 5 vertikalen Reihen von längsgestreckten, verhältnismässig grossen, lückenlos aneinander schliessenden Zellen bestehend; offenbar eine dünne, gelbliche Belegmembran im Interzellulargange die Epithelzellen bekleidend; im Lumen eine gelbliche homogene Masse, in welcher zuweilen kleine, kugelförmige, vacuolenartige Höhlungen.

5*a*. *Procambiumzellen*. R. und T. 16—10 μ und kleiner, namentlich im Zentrum des Zentralzylinders; L. 37—25 μ, in der Nähe der Wurzelspitze abnehmend bis zu 17 μ; fünf- bis sechsseitige Prismen mit queren oder schiefgeneigten Enden, zuweilen mit abgerundeten Kanten. Kern ellipsoïdisch, lang 14—12 μ, dick 6—5 μ, in den zentralen Zellen kleiner; Nucleolus 1, rund, 2 μ.

5*b*. *Epithelzellen* der Saftgänge. R. und T. 16—10 μ und kleiner; L. 18—20 μ; fünf- bis 6-seitige Prismen mit queren Enden; längsgerichtet; die dem Lumen des Ganges zugekehrte Wand ein wenig verdickt, gelb. Kern offenbar kugelig, 5—6 μ; Nucleolus 1, kugelig, $2^1/_2$ μ.

4*e*. ***Vegetationspunkt.*** In der äussersten Spitze eine Gruppe von nahezu isodiametrischen, unregelmässig liegenden Zellen; übrigens die Wurzelspitze, soweit dieselbe durch die Calyptra überdeckt wird, ganz aus nahezu gleichen, oft würfelförmigen, in Längsreihen geordneten

Zellen bestehend; die zentralen Zellen die kleinsten. Keine Interzellularräume.

5a. *Zellen*: I. In der äussersten Spitze: Diameter 10—13 μ; polyëdrisch bis nahezu kugelig. Kern kugelig, 6—7 μ; Nucleolus $1^1/_2$—2 μ.

II. Die übrigen: R., T. und L. 8—13 μ; fünf- bis sechsseitige Prismen, oder kurze Zylinder mit queren Enden, oder Würfel. Kerne wie bei den vorigen.

3b. Sprossvegetationspunkt. Ein kleines, leicht gewölbtes Höckerchen, in einer, durch die beiden an der Basis verwachsenen Cotyledonen gebildeten Mulde. Horizontaler Durchmesser etwa 70 μ. Die Oberfläche aus einer epidermisartigen, sich in die Epidermis der Cotyledonen fortsetzenden Zellschicht bestehend. Das Innere aus nahezu gleichen, isodiametrischen, regellos durcheinander liegenden Zellen gebildet.

4a. *Zellen:* der äusseren Schicht: R., T. und L. nahezu 10 μ; würfelförmig bis unregelmässig sechsseitig; Aussenwand ganz flach. Kern 5—6 μ; kugelig bis eiförmig.

Die inneren: Durchmesser 10—15 μ; polyëdrisch bis kugelig. Kern 5—8 μ, kugelig. Nucleoli oft 2, rund, 1—2 μ.

3c. Cotyledonen.

4a. ***Oberepidermis.*** Einschichtig, fast überall gleich dick, nur am Rande der Cotyledo etwas dünner; aus meistens längsgestreckten Zellen bestehend. Keine Stomata.

5a. *Epidermiszellen.* R. 12 μ, T. 7—8 μ, L. 7—18 μ; vierseitige Prismen, mit abgerundeten Kanten und queren oder schief geneigten Enden. Längsgerichtet. Die in der Längsrichtung am niedrigsten, offenbar eben durch Teilung entstanden. Kern kugelig, 5 μ.

4b. ***Unterepidermis,*** der Oberepidermis nahezu gleich, nur in der Mittellinie etwas dünner; namlich 8 μ. Die Zellen wie bei der Oberepidermis.

4c. ***Mesophyll.*** Keine Differenzierung in Palisaden- und Schwammparenchym. Aus ein wenig länglichen, längsge-

richteten Zellen bestehend; dieselben grösser als die Epidermiszellen. Oft Gruppen von 2 oder 3 Zellen, offenbar aus einer einzigen Mutterzelle entstanden. In den Ecken sehr kleine Interzellularräume. Nicht selten lange enge Interzellularräume, in der Längsrichtung der Cotyledo, längs einer oder mehreren Zellen.

5a. *Zellen* des Mesophylls. R. und T. 15 μ oder weniger; L. 25 μ oder weniger, bis etwa 10 μ; kurze Prismen mit abgerundeten Kanten oder Zylinder, mit queren Enden. Kern kugelig, etwa 5 μ; Nucleolus 1, etwa $1^1/_2$ μ. Im Protoplasma verbreitet viele äusserst kleine Stärkekörnchen, und sehr kleine Fetttröpfchen.

4d. ***Nerven.*** Die Anlage eines Mittelnerves in der Mittellinie der Cotyledo, in der unteren Hälfte des Mesophylls, als ein zylindrischer Strang enger, längsgestreckter Procambiumzellen. Die Zellen ein wenig länger als die Mesophyllelemente. Keine Interzellularräume.

Ebenfalls eine etwas schwächere Anlage in jedem Rande der Cotyledo, in unmittelbarer Nähe der Randepidermis. Querverbindungen zwischen Mittelnerv und Randnerven an mehreren Stellen.

Ein Saftgang in der Unterseite der Mittelnervanlage, als ein sich fast über die ganze Länge der Cotyledo fortsetzender, abgerundet dreiseitig prismatischer Interzellularraum; etwa 7 μ weit; Epithelium einschichtig, aus 4 Reihen längsgestreckter, lückenlos aneinanderschliessender Zellen bestehend. Lumen des Ganges zuweilen über eine grosse Strecke mit einer homogenen gelblichbraunen Masse gefüllt.

In den Randnerven auch je eine Saftganganlage, aber nicht so weit ausgebildet wie im Mittelnerve. In den Querverbindungen zwischen Randnerven und Mittelnerve kein Saftgang vorhanden.

5a. *Procambiumzellen.* R. und T. etwa 5 μ, L. 28—32 μ; fünf- bis sechsseitige Prismen, oder Zylinder, mit

queren oder schief geneigten Enden; zuweilen mit stumpfen runden Enden; längsgerichtet. Kern lang 10—18 μ, dick 2—4 μ, nahezu zylindrisch mit abgerundeten Enden; längsgerichtet; Nucleoli meistens 2, klein.

5*b*. *Epithelzellen* der Saftgänge. R. und T. 6—7 μ, L. 23—28 μ; fünf- bis sechsseitige Prismen. Kern lang 8 μ, dick 4 μ, nahezu ellipsoïdisch; längsgerichtet; Nucleoli 2, klein.

III. KAPITEL.

Das Blühen und die Bestäubung.

Bei der Beschreibung der Kümmelblüten haben wir schon gesehen, dass dieselben proterandrisch sind und die Bestäubung durch Insekten zu Stande kommen muss. Es ist dies eine bekannte Tatsache, die bei den meisten Umbelliferen beobachtet worden ist, und eine Folge von der sehr ungleichzeitigen Entwicklung verschiedener Teile in der embryonalen Blüte. Schon vor dem Kelche und der Blumenkrone werden die Staubblätter angelegt, zuletzt aber von allen Teilen die Fruchtblätter [1]).

Die Proterandrie kann aber, bei den verschiedenen Umbelliferen, in sehr verschiedenem Masse ausgeprägt sein. Es bestehen alle möglichen Uebergänge, von stark ausgesprochener Proterandrie — durch welche die Befruchtung gänzlich abhängig wird vom Insektenbesuche —, bis nur sehr geringem Unterschiede in der Reifezeit der Staubblätter und Narben, ja sogar bis zu Homogamie.

Nach Schulz [2]) sind u. a. die folgenden Arten homogam: *Aethusa Cynapium* L., *Scandix Pecten Veneris* L. und *Anethum graveolens* L. Von Drude [3]) wird hier

[1]) Drude. l. c. pag. 85.

[2]) A. Schulz. Beiträge zur Kenntnis der Bestäubungseinrichtungen und Geschlechtsvertheilung bei den Pflanzen. Bibliotheca Botanica. III. Heft 17, 1890.

[3]) Drude. l. c. pag. 89.

noch *Hydrocotyle vulgaris* L. hinzugefügt. Nach Kerner von Marilaun[1]) sollen sogar proterogyne Arten vorkommen; z. B. *Aethusa, Astrantia, Scandix* u. a.

In wieweit der letztgenannte Autor recht hat, kann ich nicht mit Gewissheit beurteilen; was *Aethusa Cynapium* L. anbetrifft, glaube ich, nach eigenen gelegentlichen Beobachtungen, dass Kerner recht hat, obwohl ich dafür keine Beweise beibringen könnte.

Jedenfalls geht wohl aus den verschiedenen Angaben hervor, dass es bedeutende Schwankungen gibt in dem Grade der Proterandrie.

Es versteht sich, dass infolgedessen auch sehr verschiedene Bestäubungsweisen vorkommen müssen. Wenn man also bei einer bestimmten Art dieser Familie entscheiden will, auf welcher Weise die Bestäubung stattfindet, so wird es vor allen Dingen nötig sein, die Stufe der Proterandrie zu bestimmen, und zudem zu untersuchen, welche Rolle gespielt wird durch die Erscheinung der, in dieser Familie sehr oft vorkommenden Polygamie, eine Folge der Tatsache dass viele Ovarien unausgebildet bleiben.

Man hat nicht immer genügend eingesehen, dass man sich in diesen Dingen hüten soll vor der Verallgemeinerung einzelner gut untersuchter Fälle. Meines Erachtens liegt hierin die Ursache, weshalb die verschiedenen Autoren so ganz ungleiche Darstellungen geben von den Bestäubungsweisen, z. B. Hermann Müller einerseits und Burck, in Uebereinstimmung mit Sprengel anderseits.

Müller[2]) handelt von der *„proterandrischen Dichogamie"* der Umbelliferen und sagt davon, dass dieselbe „oft in dem Grade ausgeprägt ist, dass alle Einzelblüthen einer ganzen Dolde erst nach dem Abblühen der Staub-

[1]) Kerner von Marilaun. Pflanzenleben. Zweite Aufl. pag. 284.

[2]) Hermann Müller. Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegenseitigen Anpassungen beider. 1873. p. 97.

gefässe die Griffel hervortreten lassen und die Narben entwickeln, so dass eine ganze Genossenschaft in der ersten Blüthenperiode gemeinsam den über die Dolde hinschreitenden Gästen ihren Blüthenstaub an die Unterseite heftet, in der zweiten Blüthenperiode ihre Narben zur massenhaften gemeinsamen Fremdbestäubung entgegenstreckt. Also stets Kreuzung getrennter Dolden und, bei völliger Sicherung derselben, Unmöglichkeit der Sichselbstbestäubung. Hierzu kommt bei manchen Umbelliferen die Eigenthümlichkeit, dass sich gegen Ende der Blüthezeit rein männliche Blüthen entwickeln, welche für die Befruchtung der letzten im zweiten Stadium befindlichen Zwitterblüthen nöthigen Blüthenstaub liefern."

Diesem kann Burck[1]) nicht beistimmen und er behauptet, dass Müller's Darstellung unrichtig ist. Nach Burck ist es „unschwer zu konstatieren, dass in jedem Döldchen die Blütenentfaltung von der Periferie nach dem Centrum fortschreitet, so dass man an einer Dolde in voller Blüte, in jedem aus hermaphroditischen Blüten zusammengesetzten Döldchen die periferischen Blüten im weiblichen, die anderen im männlichen Stadium findet, die central gestellten Blüten sind dann oft noch geschlossen. Insekten, welche sich auf die Dolde niederlassen und darüber hinschreiten, kommen also in jedem Döldchen mit denselben Teilen ihres Körpers mit dem Blütenstaub in Berührung, womit sie die Narben der Randblüten berühren, gerade so wie es von Sprengel beobachtet worden ist." Weiter erinnert Burck daran, dass bei den meisten Umbelliferen, wenn nicht schon in der Hauptdolde, so doch in den Dolden höherer Ordnung, die Blüten in der Mitte des Döldchens männlich sind, und die jüngsten Dolden höherer Ordnung zuweilen sogar nur männliche Blüten

---

[1]) Burck. Darwin's Kreuzungsgesetz und die Grundlagen der Blütenbiologie. Recueil des Trav. Botan. Néerl. IV pag. 98.

tragen, so dass gewöhnlich eine reiche Fülle von Blütenstaub da ist, und kommt sodann zu der Ueberzeugung, „dass im allgemeinen eine Kreuzbefruchtung nur ausnahmsweise stattfinden kann."

Ich kann nicht leugnen, dass, bei einer vorläufigen Kenntnisnahme von den Blüten der Kümmelpflanze, die Auffassung Burck's sehr annehmbar erscheint. Bei näherer Betrachtung aber wird es sich zeigen, dass für diesen besonderen Fall die Schlussfolgerung Hermann Müller's ganz richtig begründet ist. Im Folgenden hoffe ich dieses beweisen zu können.

An erster Stelle möchte ich die Einzelheiten des Blühens der Hauptachsendolde betrachten, dass heisst also jener Dolde, die auf dem Gipfel der Hauptachse steht und zuerst aufblüht. Wir haben in der Pflanzbeschreibung bereits gesehen, dass die Hauptachsendolde durchschnittlich aus 9 Döldchen, mit je etwa 20 Blüten, zusammengesetzt ist. Alle zu derselben Dolde gehörenden Döldchen verhalten sich untereinander gleicherweise. Die Randblüten oder periferischen Blüten entfalten sich zuerst, gleichzeitig in allen Döldchen. Erst danach die mehr nach innen stehenden Blüten und zuletzt die zentralen Blüten jedes Döldchens. (*Tafel X Fig. 1.*). Insofern können wir Burck völlig beistimmen; die Blütenentfaltung schreitet in jedem Döldchen von der Periferie nach dem Zentrum fort; aber was von ihm dem oben angeführten Zitate hinzugefügt wird, gilt hier nicht. Das wird sich gleich zeigen, wenn wir in die weiteren Einzelheiten des Blühens eingehen.

Wir fassen zu diesem Zwecke zuerst lediglich die periferischen Blüten ins Auge, und untersuchen, wie dieselben sich während der ganzen Blühperiode verhalten. Ich habe deshalb eine einzige Blüte in der Periferie eines Döldchens studiert; es ward diese Blüte, um sie leicht und ohne Versehen jedesmal zurückfinden zu können, markiert mittels eines, um den Blütenstiel gebundenen, Fadens von gefärbter

Seide. Weil dieses bei verschiedenen Dolden geschah, gründen sich meine Folgerungen nicht auf nur einem einzigen bestimmten Falle. In allen beobachteten Fällen zeigte es sich nun, dass die Staubfäden schon anfangen sich zu strecken, bevor die Blumenkrone sich entfaltet hat. Sie strecken sich zwischen die Blumenblätter hindurch, und zwar in der Reihenfolge: 1, 3, 5, 2, 4, in Uebereinstimmung mit der Blattstellung $^2/_5$. In derselben Reihenfolge verläuft auch das Aufgehen der Antheren und das Hervortreten der Pollenkörner. Während des Stäubens einer Anthere steht der Staubfaden aufrecht, oder ist er noch ein wenig nach innen gekrümmt. Nachher, wenn die Anthere entleert ist, streckt sich der Staubfaden weiter bis er radspeichenartig ausgespreizt steht; meistens aber fällt das ganze Staubblatt sogleich nach dem Stäuben hinunter. Das Strecken des Staubfadens hat zur Folge, dass die Anthere nahezu 180° gegen die ursprüngliche Knospenlage umgewälzt wird.

Im Verlaufe von *zwei Tagen* haben die fünf Antheren sich nacheinander entleert. Die Blumenkrone hat sich während des *zweiten* Tages vollständig entfaltet. Am 3. Tage fallen alle Staubblätter ab, meistens ganz und gar, zuweilen aber nur die Antheren.

Während dieser ganzen Zeit liegen die Griffel, die sich noch nicht zu ihrer vollen Grösse entwickelt haben, noch kreuzweise platt nieder auf den Griffelpolstern *(Fig. 2 pag. 177)*. In diesem Stadium gibt es noch keine deutlich ausgebildete Narben (cf. auch *Tafel X, Fig. 4*).

Erst nach dem Abfallen der Staubblätter oder der Antheren fangen die Griffel sich allmählich auf zu richten an. Sie wachsen nun, indem sie sich zuerst aufrecht stellen und nachher mehr und mehr mit den Spitzen auseinanderweichen, so dass sie nun einen allmählich grösser werdenden Winkel bilden (*Fig. 3, pag. 177*). Erst am 6. oder 7. Tage ist dieser Winkel ungefähr 30°, und schwellen

zudem die Griffelspitzen ein wenig auf zu deutlich kugelförmigen Narben, die feucht sind. (Nur in einem einzigen Falle beobachtete ich ein etwas früheres Auseinanderweichen der Griffel, nähmlich schon am 5. Tage). Erst jetzt sind die Narben fähig geworden zum Festhalten der Pollenkörner und dadurch zur Einleitung der Befruchtung (*Tafel X, Fig. 3* u. *4*).

Aus diesen Tatsachen können wir also mit ziemlich grosser Gewissheit schliessen, dass in diesen Blüten keine *Autogamie* stattfinden kan. Selbstbefruchtung würde hier allein dann möglich sein, wenn zufällig auf den unreifen Narben gefallene Pollenkörner dort liegen bleiben könnten bis zum reif werden der Narben; es ist dieses aber nicht wahrscheinlich. Im unten Folgenden werde ich hierauf noch zurückkommen.

Wir werden nun unsere Aufmerksamkeit richten auf diejenigen Blüten, welche sich in der Mitte des Döldchens befinden, und von denen schon oben gesagt wurde, dass sie sich erst später öffnen. Sie entfalten sich *zwei*, zuweilen *drei* Tage später als die periferischen Blüten; diesem gegenüber vollzieht sich aber das Strecken und reif werden der Staubblätter in etwas kürzerer Zeit; zuweilen sogar in *einem* Tage. Jedenfalls sind auch hier schon am 3. Tage des Erblühens, dann und wann schon am 2. Tage, alle Staubblätter verschwunden.

Die Griffel verhalten sich hier gleicherweise, wie bei den periferischen Blüten. Wenn die Staubblätter noch anwesend sind, liegen die Griffel noch unausgebildet kreuzweise nebeneinander, und erst *ein* Tag, zuweilen *zwei* Tage nach dem Abfallen der Staubblätter weichen die Griffel auseinander und zeigen sie reife Narben. Mit demselben Rechte können wir also auch von diesen Blüten behaupten, dass *Autogamie* nicht stattfinden wird.

Nachdem wir jetzt also die Reihenfolge in der Entwicklung der Geschlechtsorganen von je zentralen und peri-

ferischen Blüten kennen gelernt haben, bleibt uns noch übrig, jene beiden Gruppen in ihrer gegenseitigen Beziehung zu betrachten und zu versuchen, auf die Frage, wie die Blüten eines selben Döldchens sich zu einander verhalten, eine Antwort zu geben. Können beim Kümmel tatsächlich die reifen Narben der periferischen Blüten bestäubt werden durch die Antheren der weiter in der Mitte des Döldchens stehenden Blüten, so wie Burck als allgemein vorkommend angab? Mit anderen Worten, wird hier *Geitonogamie* stattfinden in einem selben Döldchen und also, weil die Döldchen gleichzeitig blühen, in einer ganzen Dolde?

Die Antwort ist verneinend. Im Untenstehenden werden wir sehen, dass hier von einem, nach der Meinung Hermann Müller's bei den Umbelliferen oft vorkommendem Falle die Rede ist.

In allen denjenigen Fällen, die ich genau wahrgenommen habe, fand ich, dass, obwohl die zentralen Blüten 2 bis 3 Tage später aufblühen als die periferischen, doch immer alle Staubblätter desselben Döldchens verschwunden sind, wenn die aüssersten Blumen in das weibliche Stadium treten. Es ist dieses die Folge des verschiedenen Grades der Proterandrie; die periferischen Blumen sind sehr stark proterandrisch; bei den zentralen Blüten ist dieses Merkmal aber weniger stark ausgesprochen; man könnte auch sagen, dass die letztgenannten Blüten *schneller* blühen. (Vergl. *Tafel X, Fig. 2* u. *3*).

Ich kann hier noch hinzufügen, dass dieses schnellere Tempo des Blühens sich nicht allein bezieht auf die Stäubungsperiode der Staubblätter, aber dass die Beobachtungen lehren, dass auch die Ausbildung der weiblichen Geschlechtsorgane in kürzerer Zeit stattfindet. Es stellt sich heraus, dass die periferischen sowie die zentralen Blüten nahezu gleichzeitig ihre Narben zur Reifheit kommen lassen, und infolgedessen alle Blüten einer Dolde sich zu

gleicher Zeit im weiblichen Stadium befinden. Zwar findet man oft die Narben der periferischen Blüten etwas früher reif als bei den zentralen, aber der Unterschied ist nur unbedeutend, keinesfalls mehr als *ein* Tag. Und weil zudem das Stadium der Anschwellung und Nektarabsonderung der Narben einige Tage anhält, darf man mit Recht von einem weiblichen Stadium der Döldchen reden.

Es bezog sich das eben mitgeteilte zwar nur auf die Hauptachsendolde; für die Dolden der Seitenäste, also für die Dolden höherer Ordnung gilt aber eben dasselbe. Es muss hier aber etwas hinzugefügt werden; wir müssen nämlich noch untersuchen, wie es sich verhält mit jenen Blüten, die durch Abortus des Fruchtknotens *männlich* geworden sind. Diese eingeschlechtigen Blüten, die in den Hauptachsendolden oft vollständig fehlen, werden in den übrigen Dolden regelmässig angetroffen, und zwar um so häufiger, je nachdem die Dolden einer höheren Ordnung sind. Sie stehen immer im Zentrum des Döldchens.

Es dünkt mich wahrscheinlich, dass die Anzahl der eingeschlechtigen Blüten mehr oder weniger abhängig ist vom Ernährungszustande der Pflanzen. Bei schlecht ernährten Pflanzen trifft man überhaupt verhältnismässig mehr männliche Blüten an, als bei in günstigen Verhältnissen befindlichen. Einige Beispiele des Zahlenverhältnisses der zwei- und eingeschlechtigen Blüten mögen hier folgen.

1. Eine kräftige Pflanze, aus einem Kümmelfelde der Grosskultur besass:

in der ganzen Hauptachsendolde nur 1 ♂ Blüte;
„ einem Döldchen einer Dolde 1er Ordnung 15 ☿ + 10 ♂;
„ „ „ „ „ höherer Ordnung 14 ☿ + 10 ♂;
„ „ „ „ noch jüngeren Dolde 6 ☿ + 8 ♂.

2. Eine wildwachsende, dürftige Pflanze, die ohne Zweifel schlecht ernährt war und zudem kürzlich vor dem Blühen verpflanzt worden war, besass:

in den ältesten Dolden fast keine ♂ Blüten;

in allen jüngeren Dolden aber fast ausschliesslich ♂ Blüten, und nur eine einzige ☿ dazwischen [1]).

Die eingeschlechtigen Blüten nun blühen noch schneller ab, als die oben besprochenen zentralen zweigeschlechtigen. Sie entfalten sich zwar 1 bis gut 2 Tage später, das Reifen der Staubblätter jedoch dauert zudem etwas kürzer: meistens verläuft dieses in *einem*, höchstens in *anderthalbem* Tage. Es ist eben eine Folge dieses schnellen Blühens, dass auch von diesen Blumen die Staubblätter verschwunden sind, bevor in den periferischen Blüten desselben Döldchens die Narben zur Reifheit gekommen sind.

Zur Erläuterung des oben Besprochenen möchte ich nun einige Beobachtungen mitteilen, wodurch man zudem eine Uebersicht bekommen kann der Reihenfolge beim Blühen der verschiedenen Blüten eines Döldchens.

In erster Linie zwei Beispiele des Blühens in Hauptachsendolden; und dam ein paar Beispiele von Dolden höherer Ordnung, in denen auch eingeschlechtige, männliche Blüten vorkommen.

Es werden in einer Tabelle jedesmal bestimmte Blüten eines einzigen Döldchens während mehrerer Tage mit einander verglichen. Die Blüten werden, je nach ihrer Stelle im Döldchen, in all den Tabellen mit den Buchstaben *a*, *b* und *c* angedeutet, und zwar:

a = eine zweigeschlechtige Blüte in der Periferie des Döldchens.
b = „ „ „ „ „ Mitte „ „
c = „ männliche „ „ „ „ „ „

[1]) Auch Burck ist der Ansicht, dass bei den Umbelliferen das Auftreten eingeschlechtiger Blüten in Folge der Abortierung des Fruchtknotens, durch schlechte Ernährung begünstigt wird. (Burck. Over planten, die in de vrije natuur het karakter dragen van tusschenrassen in den zin van de Mutatietheorie. Verslagen Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. 1906, pag. 769).

1⁰. Döldchen einer Hauptachsendolde.

Datum.	Blüte *a*, ☿.	Blüte *b*, ☿.
10 Juni, 4 p. m.	Krone fängt an sich zu entfalten, ist aber noch eingerollt; 1 reife, stäubende Anthere, 4 noch unreif.	jüngste Blüte; geschlossen und grünlich.
11 Juni, 11 a. m.	Krone offen; 1 Staubblatt abgefallen, 4 reif; Griffel kreuzweise liegend.	noch geschlossen.
12 Juni, 1.30 p. m.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel kreuzweise liegend; Discus noch trocken.	noch geschlossen.
13 Juni, 10 a. m.	wie am vorigen Tage.	Krone halb geöffnet; Staubblätter noch halb verborgen; Griffel kreuzweise liegend.
14 Juni, 4 p. m.	Griffel stärker, aufrecht stehend; Discus grösser, noch trocken.	ganz offen; 3 Staubbl. abgefallen, 2 reif; Griffel klein, kreuzweise liegend; Discus trocken.

15 Juni, 12 M.	Griffel kräftig und auseinandergebogen, *einen Winkel von 30° bildend; Narben feucht;* Discus feucht.	*alle Staubblätter abgefallen;* Griffel kräftig und auseinandergebogen wie in *a*; Narben feucht.
16 Juni, 12 M.	2 Blumenblätter abgefallen; Griffel wie am vorigen Tage; Narben feucht; Discus trocken.	Griffel wie in *a*; Narben feucht, Discus trocken.
17 Juni, 11.30 a. m.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 90°; Narben und Discus trocken.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel wie in *a*; Narben und Discus trocken.
18 Juni, 10 a. m.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 140°; Narben kugelig und feucht; Discus trocken.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 70°; Narben kugelig und feucht; Discus trocken.
20 Juni, 10 a. m.	Griffel bilden einen Winkel von 150°; übrigens wie am 18. Juni.	Griffel bilden einen Winkel von 130°; übrigens wie am 18. Juni.
22 Juni, 10.30 a. m.	Griffel horizontal liegend, dünn; Narben geschrumpft; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 140°, dünn; Narben geschrumpft, Discus trocken.
24 Juni, 10.30 a. m.	Narben fast unsichtbar geworden.	Griffel bilden noch einen Winkel von 145°; Narben fast unsichtbar geworden.

2°. Döldchen einer Hauptachsendolde.

Datum.	Blüte *a*, ☿.	Blüte *b*, ☿.
10 Juni, 4 p. m.	Krone fängt an sich zu entfalten; 1 Anthere reif, 4 unreif.	vollständig geschlossen, grünlich.
11 Juni, 11 a. m.	Krone völlig offen; 1 Staubblatt abgefallen, 4 reif.	Krone noch geschlossen; Griffel sichtbar, noch kreuzweise liegend.
12 Juni, 1.45 p. m.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel kreuzweise liegend; Discus trocken.	wie am vorigen Tage.
13 Juni, 9.45 a. m.	Griffel ein wenig gewachsen, aber noch kreuzweize liegend.	Krone halb offen; Staubblätter noch einwärts gebogen, unreif; Griffel wie am vorigen Tage.
14 Juni, 3.45 p. m.	Griffel etwas kräftiger; mehr aufgerichtet, aber noch gekreuzt; Discus grösser geworden.	2 Blumenblätter abgefallen; *alle Staubblätter abgefallen;* Griffel gewachsen, noch kreuzweise; Discus etwas angeschwollen.

15 Juni, 11.30 a. m.	Griffel bilden einen Winkel von 30°; Narben feucht.	3 Blumenblätter abgefallen; Griffel mehr aufgerichtet, aber noch kreuzweise.
16 Juni, 3 p. m.	3 Blumenblätter abgefallen; Griffel etwas weiter auseinander gebogen; Narben feucht.	Griffel etwas weiter auseinander als am vorigen Tage.
17 Juni, 11.45 a. m.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 60°; Narben und Discus trocken.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 70°; Narben feucht; Discus trocken.
18 Juni, 10 a. m.	Griffel mehr als 90° auseinander; Narben kugelförmig, feucht; Discus trocken.	Griffel mehr als 90° auseinander; Narben und Discus trocken.
20 Juni, 10.30 a. m.	Griffel 150° auseinandergewichen, rötlich gefärbt; Narben feucht; Discus trocken.	wie *a*.
22 Juni, 11.30 a. m.	Griffel horizontal auseinander stehend, blassrötlich; Narben ein wenig eingeschrumpft; Discus trocken.	wie *a*.
24 Juni, 10.30 a. m.	Griffel horizontal, rot; Narben eingeschrumpft; Discus trocken.	wie *a*.

3'. Döldchen einer Dolde der 1. Ordnung.

Datum.	Blüte *a*, ☿.	Blüte *b*, ☿.	Blüte *c*, ♂.
10 Juni, 4 p. m.	Krone noch nicht völlig offen; 1 Anthere reif, 4 unreif.	geschlossen, weiss.	geschlossen, grünlich.
11 Juni, 11 a. m.	Krone völlig offen; 1 Staubblatt abgefallen, 4 reif; Griffel noch kreuzweise.	Krone noch nicht völlig offen; 1 Anthere reif, 4 unreif; Griffel noch kreuzweize.	geschlossen; Griffel sichtbar, noch kreuzweise.
12 Juni, 2 p. m.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel noch gekreuzt; Discus trocken.	2 Staubblätter abgefallen; 3 mit schon leeren Antheren; Griffel noch kreuzweise; Discus trocken.	Geschlossen; Antheren zwischen den Kronenblättern sichtbar.
13 Juni, 9.45 a. m.	Griffel etwas kräftiger, noch kreuzweise.	wie *a*.	Krone halb geöffnet; Staubblätter unreif, 2 gestreckt, 3 noch einwärts gebogen; Griffel kreuzweise.
14 Juni, 4 p. m.	Griffel kräftiger, aufrecht stehend; Discus grösser, trocken.	wie *a*.	Krone offen; *alle Staubblätter abgefallen;* Griffel etwas gewachsen, noch gekreuzt; Discus trocken.

15 Juni, 11.45 a. m.	Griffel bilden einen Winkel von 30°; Narben feucht; Discus trocken.	1 Blumenblatt abgefallen; übrigens wie *a*.	Griffel etwas weniger auseinandergebogen als bei *a* und *b*, auch etwas kürzer; Narben feucht; Discus trocken.
16 Juni, 3 p. m.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel bilden einen Winkel von 70°; übrigens wie am vorigen Tage.	3 Blumenblätter abgefallen; übrigens wie *a*.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel, Narben und Discus wie in *a* und *b*.
17 Juni, 11.45 a. m.	Blumenblätter abgefallen; Griffel 70° auseinandergebogen; Narben trocken; Discus trocken.	wie *a*.	wie *a* und *b*.
18 Juni, 10 a. m.	Griffel etwa 130° auseinandergewichen; Narben und Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 90°; Narben feucht; Discus trocken.	wie *b*.
20 Juni, 10.30 a. m.	Griffel horizontal liegend, rötlich gefärbt; Narben feucht; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 120°; Narben feucht; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 120°; rötlich; Narben geschrumpft; Discus trocken.
22 Juni, 11.30 a. m.	Griffel liegen platt nieder auf dem Discus, blassrötlich; Narben noch kugelförmig, trocken; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 140°, rötlich; Narben kugelförmig, trocken; Discus trocken.	Griffel bilden einen Winkel von 140°, rötlich; übrigens wie am vorigen Tage.

4⁰. Döldchen einer Dolde der 1. Ordnung.

Datum.	Blute *a*, ☿.	Blüte *b*, ☿.	Blüte *c*, ♂.
24 Juni, 3.30 p. m.	Krone fast völlig offen; 1 Anthere leer, Staubfaden gestreckt; 1 Anthere stäubend über dem Discus hangend, 3 unreif; Griffel kreuzweise liegend.	geschlossen, weiss; Griffel sichtbar, kreuzweise liegend.	geschlossen, grünlich.
25 Juni, 10 a. m.	Krone völlig offen; 3 Antheren leer, 1 stäubend über dem Discus hangend, 1 unreif; Griffel gekreuzt; Discus ein wenig feucht.	wie am vorigen Tage.	wie am vorigen Tage.
27 Juni, 11.30 a. m.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel gekreuzt; Discus feucht.	Krone halb offen; 1 Anthere stäubend über dem Discus hangend, 4 unreif; Griffel gekreuzt; Discus ein wenig feucht.	noch geschlossen, aber weiss geworden.
28 Juni, 3.30 p. m.	Griffel etwas kräftiger, noch gekreuzt; Discus trocken.	Krone vollständig offen; 1 Staubblatt abgefallen, 4 mit leeren Antheren; Griffel gekreuzt; Discus feucht.	Antheren zwischen den Kronenblättern sichtbar werdend.
29 Juni, 11.30 a. m.	1 Blumenblatt abgefallen; Griffel etwas kräftiger, noch gekreuzt; Discus ein wenig feucht.	alle Staubblätter abgefallen; Griffel noch gekreuzt; Discus sehr feucht.	Krone fast offen; Antheren kommen hervor.

30 Juni, 2.30 p. m.	Griffel noch kräftiger, beinahe aufrecht stehend, nur die Spitzen noch gekreuzt; Narben kugelförmig; Discus trocken.	Griffel kräftiger, noch gekreuzt; Discus ein wenig feucht.	ganz offen; 1 Anthere leer, 4 stäubend, deren 3 über dem Discus hangen; Griffel sehr klein, und gekreuzt; Discus feucht.
1 Juli, 11.30 a. m.	Griffel bilden einen Winkel von 30°; Narben angeschwollen, feucht; Discus sehr feucht.	Griffel und Narben wie in *a*; Discus sehr feucht.	*alle Staubblätter abgefallen;* Griffel etwas aufgerichtet, noch gekreuzt; 1 Narbe feucht; Discus sehr feucht.
2 Juli, 2 p. m.	4 Blumenblätter abgefallen; Griffel 60° auseinandergebogen; Narben rund und feucht; Discus sehr feucht.	Griffel 60° auseindergebogen; Narben rund und feucht; Discus sehr feucht.	Griffel 60° auseinandergebogen; Narben rund und feucht; Discus sehr feucht.
4 Juli, 10.30 a. m.	alle Blumenblätter abgefallen; Griffel und Narben wie am vorigen Tage; Discus trocken.	4 Kronenblätter abgefallen; übrigens wie in *a*.	Blumenblätter abgefallen; Griffel und Narben wie am vorigen Tage; Discus ein wenig feucht.
6 Juli, 10 a. m.	Griffel 100° auseinandergebogen; Narben kugelförmig und feucht; Discus trocken.	wie in *a*.	wie in *a* und *b*.
8 Juli, 2.30 p. m.	Griffel 170° auseinandergebogen, purpurfarbig; Narben geschrumpft; Discus trocken.	wie in *a*.	Griffel 160° auseinandergebogen; Narben kugelförmig und feucht; Discus trocken.

Aus Obigem können wir also sehen, dass auch die männlichen Blüten nicht zu einer *geitonogamischen* Bestäubung Veranlassung geben in der Dolde, zu welcher sie gehören.

Aus den bis jetzt mitgeteilten Beobachtungen können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die Befruchtung bei der Kümmelpflanze nur zu Stande kommen kann, entweder auf dem Wege von *Geitonogamie* zwischen verschiedenen Dolden derselben Pflanze, oder *xenogamisch* durch von einem anderen Stocke herrührendes Pollen.

Dass unter natürlichen Verhältnissen die Übertragung des Pollens bei den Umbelliferen durch Insekten besorgt wird, ist allgemein bekannt. Der Kümmel macht hierin keine Ausnahme, wie es sich sogleich zeigt, wenn man sich bei sonnigem Wetter in einem Kümmelfelde befindet. Es gibt dann eine Unmenge von Insekten, die die blühenden Dolden besuchen.

Es sind vor allem Insekten mit kurzen Saugorganen und zwar meistenteils zweiflügeligen, die sich an dem Nektar weiden, der durch den Discus abgesondert wird und den kurzrüsseligen Insekten leicht zugänglich ist. Infolge dieses Insektenbesuches wird wohl ebenso oft geitonogamische wie xenogamische Bestäubung stattfinden, denn es ist keineswegs anzunehmen, — die Beobachtung bestätigt dieses auch, — dass die Insekten eine bestimmte Auswahl treffen, und, nachdem sie *eine* Dolde besucht haben, sich mit dem hier gesammelten Pollen eben nach einer *anderen Pflanze* begeben. Im Gegenteil wird es ebenso oft geschehen, dass sie gleich auf eine andere Dolde *derselben Pflanze* übergehen.

Nur im Anfange der Blühzeit sind die Verhältnisse ein wenig anders, weil sodann nahezu ohne Ausnahme nur Hauptachsendolden offen sind, die den Dolden höherer Ordnung meistens weit voraus sind. Indem nun selbstverständlich nicht alle Pflanzen zu gleicher Zeit zu Blühen

anfangen, gibt es in dieser Periode sowohl Hauptachsendolden, die sich im weiblichen Zustande, als solche, die sich im männlichen Zustande befinden. Die Befruchtung dieser Hauptachsendolden — die sich stets als sehr vollständig erweist: alle Blüten werden gewöhnlich befruchtet — muss also auf *xenogamischem* Wege stattfinden [1]).

Es ist zwar in dieser Darstellung, in Beziehung zu den Beobachtungen über die Einzelheiten des Blühens nichts gezwungenes, aber wir müssen doch noch eine Möglichkeit berücksichtigen, auf die ich im vorhergehenden schon hingewiesen habe; nämlich, dass die Blüten befruchtet werden könnten durch Pollen, das auf die eine oder andere Weise auf die noch unreifen Narben geraten und auf denselben liegen geblieben wäre, bis die Narben reif geworden wären. In diesem Falle würde nicht allein Geitonogamie in derselben Dolde, sondern auch *Autogamie* vorkommen müssen, sogar ohne Hilfe von Wind oder Insekten. Denn im letzten Beobachtungssatz, unter 4° habe ich ja mitgeteilt, dass die Antheren zuweilen über dem Discus und den Narben schweben, wenn sie sich öffnen und das Pollen hervortreten lassen. Die Pollenkörner können also leicht

[1]) Es ist nicht ausgeschlossen, dass es Ausnahmen von diesem Regel gibt, denn Beketow gibt an (Ueber die Proterandrie der Umbelliferen. Arbeit. St. Petersburger Naturf. Ver., Abt. Bot. XX, 1890) dass bei Carum Carvi L. die Hauptachsendolde sich im weiblichen Zustande befindet, wenn die Blüten der Dolden der Seitenäste im männlichen Stadium verkehren. Man soll aber im Auge behalten, dass man sich in dieser Hinsicht leicht täuschen kann, denn zur Zeit des Aufblühens der Dolden erster Ordnung sehen die Narben der Hauptachsendolde zwar häufig noch ganz frisch aus, und macht diese Hauptachsendolde infolgedessen den Eindruck, im weiblichen Stadium zu verkehren; dennoch hat, nach meinen eigenen Beobachtungen, die Befruchtung offenbar schon vorher stattgefunden, wie sich ergibt aus der Tatsache, dass die Fruchtknoten schon erheblich gewachsen sind. Der sogenannte weibliche Zustand ist schon längst vorüber, und das Pollen der Seitendolden kommt zu spät.

auf die Narben fallen, und tatsächlich kann man dieses auch häufig wahrnehmen. Wenn die Blüte in diesem Stadium von einem Insekt besucht wird, so ist es selbstverständlich so gut wie unumgänglich, dass das Pollen mit den Narben in Berührung gebracht wird.

Es versteht sich von selbst, dass es nicht ohne Bedeutung ist, um dieses näher zu untersuchen, nicht nur um die Kenntnis dieser Pflanze vollständiger zu machen, sondern auch in praktischen Erwägungen. Denn es ist ja klar, dass es, rücksichtlich einer Veredelung, wenn man z. B. gewisse Stämme oder Reine Linien zu isolieren versucht, notwendig ist um zu wissen, ob die Pflanze völlig dem Willküre von Insekten preisgegeben ist, oder ob sie sich auch selbst, ohne fremde Hilfe, bestäuben kann. Die beim Weiterzüchten eines bestimmten Stammes zu treffenden Massnahmen sind hiervon völlig abhängig.

Ich habe deshalb einige Bestäubungsversuche angestellt, die hierunten mitgeteilt werden.

Bei allen jenen Versuchen wurden die Blüten gegen Insektenbesuch geschützt, durch Einschliessung in feinem, über einem Eisendrahtgerüste gespanntem Nesseltuche. Das Nesseltuch bildete auf diese Weise eine zylinderförmige Hülle, weiterhin mit dem Namen „Nesseltuchhülle" angedeutet.

Es zeigte sich schon bald, dass beim Einschliessen der Dolden in der Nesseltuchhülle besondere Vorsicht beachtet werden musste, damit keine kleine Insekten mit eingeschlossen würden; zudem musste Rücksicht genommen werden auf ein eventuelles Eindringen von Ameisen. Es wurde deshalb an jener Stelle, wo das Nesseltuch um den Doldenstiel festgebunden werden musste, zuvor ein Wattebausch gelegt, und dann darüber das Tuch festgebunden. Hierdurch wurde es möglich, das Tuch sehr fest um den Doldenstiel zu binden, ohne denselben zu schädigen; und zudem wurde nun durch die Watte auch den Ameisen

und Blattläusen, welche häufig über die Pflanze umherstreifen, der Zugang zur eingeschlossenen Dolde gesperrt.

Das Nesseltuch war so dünn, dass die einzelnen Blüten der eingeschlossenen Dolde leicht, sogar mittels einer Lupe, beobachtet werden konnten. Wenn es notwendig war, Blüten zu kastrieren oder künstlich zu bestäuben, so wurde das Nesseltuch oben gelöst und niedergestreift und später, nachdem die Blüten fertig waren, wieder um einen Wattebausch hin zugebunden.

Diese Einschlussweise ist sehr befriedigend und beeinträchtigt gar nicht die weitere Entwickelung der Dolde. Licht und Luft haben ungestörten Zutritt und die Blüten bleiben sichtbar, sodass eine fortwährende Kontrolle möglich ist.

Weite Glasröhren, die ich erst zum Einschliessen benutzte, boten auch zwar den Vorteil des Sichtbarbleibens der Blüten bei vollkommen sicherem Ausschluss von Insekten, wirkten aber dadurch schädlich, weil sie nicht gut durchlüftet werden konnten, und infolgedessen bald die Ursache wurden vom feucht werden und verfaulen der eingeschlossenen Pflanzenteile.

Dass nun *Autogamie* bei dieser Pflanze keine Rolle spielen kann, wurde bewiesen durch die folgenden drei Versuche.

1. Am 26. Mai wurde eine Dolde, deren Blüten alle noch geschlossen waren, in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen.

Als am 28. Mai die periferen Blüten der Döldchen aufgeblüht waren, und reife Antheren trugen, wurden die noch geschlossenen Blüten entfernt, und dann die offenen Blüten wiederum eingeschlossen und weiter sich selbst übergelassen.

In den letzten Tagen von Juni zeigte es sich, dass nur jene 2 Fruchtknoten sich weiter entwickelten, die zeitweilig

mit dem Tuche der Nesseltuchhülle in Berührung gewesen waren, weshalb die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass die Befruchtung durch ein Insekt zu Stande gebracht war. Es könnte sich auch wohl Pollen am Nesseltuch festgeklebt haben und auf diese Weise einige Tage später auf die längsstreichenden Narben geraten sein. Jedenfalls dürfen wir diese beiden Blüten ausser Betracht lassen, weil sie nichts beweisen.

2. Am selben Tage wie beim vorigen Versuche, am 26. Mai, wurde eine zweite Dolde mit noch geschlossenen Blumen in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen.

Am 30. Mai waren die periferen Blüten der Döldchen aufgeblüht und hatten sie reifes Pollen; die übrigen Blüten waren noch geschlossen. Am folgenden Tage wurden alle diejenigen Blüten, die reife Antheren trugen, kastriert, und die Narben der noch kreuzweise liegenden Griffel, mit Pollen aus der eigenen Blüte bestrichen. Darauf wurde die Dolde wieder eingeschlossen und sich selbst übergelassen. Erst 4 Tage später waren die Griffel ein wenig auseinandergewichen und die Narben reif.

Es entwickelte sich nur *eine* Frucht, die am 15. Juli reif war und nur 1 normales Teilfrüchtchen darbot.

Die übrigen Fruchtknoten waren alle in ihrer Entwickelung stehen geblieben und geschrumpft. Auch hier, ebenso wie im vorigen Versuche, war eben diejenige Blüte befruchtet, die mit dem Nesseltuche in Berührung gewesen war.

3. Der letzterwähnte Versuch wurde wiederholt, aber mit grösseren Vorsichtsmassregeln. Am 9. Juni wurde eine Dolde mit noch geschlossenen Blüten, in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen.

Am 10. Juni waren die Antheren der periferen Blüten der Döldchen reif. Es wurden nun 12 von diesen Blüten kastriert und das Pollen einer jeden Blüte auf den eigenen

Narben der noch kreuzweise liegenden Griffel abgestrichen. Die übrigen Blüten wurden alle entfernt. Darauf wurde die Dolde wieder eingeschlossen und sich selbst übergelassen.

Nach einiger Zeit zeigte es sich, dass keine einzige Blüte befruchtet worden war; alle Fruchtknoten waren in ihrer Entwickelung stehen geblieben. Nach 5 Wochen wurde der Versuch als beendigt betrachtet, weil die Fruchtknoten unverändert geblieben waren.

Man könnte nun noch die Beweiskraft dieser Versuche bezweifeln, weil die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass das Pollen steril ist, oder wenigstens unwirksam auf den Narben der eigenen Blüte [1]); deshalb habe ich die oben beschriebene Versuchsreihe ergänzt mit einer Untersuchung des Pollens, und zwar auf die folgende Weise.

Am 2. Juni wurde eine Hauptachsendolde, deren Blüten noch alle geschlossen waren, in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen.

Am folgendem Tage waren die periferen Blüten offen und zeigten sie schon reifes Pollen. Es wurden nun 7 der

[1]) Drude bemerkt in seiner Arbeit: *Umbelliferae*, l. c. pag. 90: „Rein ♀ Blüten kommen hier nicht vor, doch ist es fraglich, ob nicht die Staubblätter der ☿ Bluten häufig castrierte Pollenkörner haben."

Beim Kümmel kommen aber häufig weibliche Blüten vor, infolge von Obliteration der Antheren. Sowohl bei kultivierten, wie bei wildwachsenden Pflanzen fand ich Individuen, die anfangs gar kein Pollen hervorbrachten. Allein in den jüngsten Dolden, gegen das Ende der Blühzeit, taten sich zuweilen noch normale Antheren auf. Die tauben Antheren sind leicht zu erkennen durch ihr wachsartiges Aussehen.

Es stellte sich mir auch heraus, dass die ♀ Pflanzen gar nicht die dürftigsten sind, sowie der Fall ist bei denjenigen Pflanzen, wo das Ovarium der meisten Dolden obliteriert. Die ♀ Pflanzen gehören meistens sogar zu den grösseren Exemplaren.

Den Fall: Hauptachsendolde durch Obliteration weiblich, und dabei all die übrigen Dolden zwitterig, wie Warnstorf, (Blütenbiologische Beobachtungen in der Ruppiner Flora im Jahre 1893, Zeitschr. d. Naturwiss. Ver. d. Harzes, XI, 1896), von *Carum Carvi* L. mitteilt, habe ich niemals angetroffen.

geöffneten Blüten, mittels eines lose um den Blütenstiel gebundenen Fädchens von gefärbter Seide markiert, damit jede Blüte später wiedergefunden werden könnte. Die eine Blüte wurde mit einem weissen Fädchen markiert, eine zweite mit einem gelben, u. s. w.; alle die 7 Blüten mit ungleichen Farben. Von jeder Blüte wurden nun die Antheren mit reifem Pollen gesammelt und je in einem kleinen Glasröhrchen aufbewahrt. Das Glasröhrchen wurde mit derselben Farbe gezeichnet wie die betreffende Blüte.

De meisten übrigen Blüten wurden entfernt.

Darauf wurde die Dolde wieder in der Nesseltuchhülle eingeschlossen. Drei Tage später, als die Griffel der markierten Blüten einen Winkel von ungefähr 30° bildeten und die Narben feucht wurden, wurde jede Blüte mit ihrem eigenen, im Glasröhrchen aufbewahrten, Pollen bestäubt. Dieses geschah mittels eines dünnen Glasstäbchens, mit dem das Pollen auf den Narben abgestrichen wurde. Bevor eine folgende Blüte bestäubt wurde, ward das Glasstäbchen sorgfältig mit starkem Alkohol gereinigt.

Nach der Bestäubung der 7 markierten Blüten, wurde die Dolde wiederum eingeschlossen und weiter sichselbst übergelassen.

Es ergab sich nun, dass alle 7 Blüten befruchtet worden waren. Am 15. Juli wurde der Versuch beendigt, und konnte ich 13 reife Teilfrüchtchen ernten; bei nur einer einzigen Blüte war die eine Fruchthälfte fehlgeschlagen. Die Mericarpien waren vollkommen normal.

Von jenen Blüten, welche nicht künstlich bestäubt worden waren, hatte sich keine einzige weiter entwickelt.

Hierdurch ist also der Beweis geliefert, dass das Pollen der zweigeschlechtigen Blüten vollkommen normal ist und dass das Ausbleiben der Befruchtung von eingeschlossenen und sichselbst übergelassenen Blüten die Folge ist von der Proterandrie.

Was die *geitonogamische* Bestäubung betrifft, habe ich

auch experimentell untersucht, ob fremde Hilfe unentbehrlich ist. Dabei habe ich zwei Fälle von *Geitonogamie* unterschieden, nämlich:

a. Bestäubung zwischen den Blüten einer einzigen Dolde; zwar ist diese Bestäubungsweise, nach dem vorher Mitgeteilten, als sehr unwahrscheinlich zu betrachten, aber es kam mir erwünscht vor, dieses durch einen Versuch zu bestätigen.

b. Bestäubung zwischen zwei Dolden, die nicht gleich alt sind.

Dass nun keine Bestäubung stattfindet zwischen den Blüten einer einzigen Dolde, ergab sich aus folgendem Versuche:

Am 1. Juni wurde eine Dolde mit noch geschlossenen Blüten in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen und weiter sichselbst übergelassen. Das Blühen hatte einen normalen Verlauf, jedoch ohne dass eine einzige Blüte befruchtet wurde. Am 15. Juli wurde der Versuch beendigt: alle Fruchtknoten waren klein geblieben und schiesslich geschrumpft.

Um den zweiten Fall, — Geitonogamie zwischen verschiedenen Dolden —, zu prüfen, wurden am 26. Mai 2 Dolden, beide noch geschlossen, in einer Nesseltuchhülle eingeschlossen. Diese Dolden waren von verschiedenem Alter; die jüngste wurde oberhalb der anderen in der Nesseltuchhülle gestellt; auf diese Weise war es möglich, dass Pollen der jüngsten Dolde auf die Narben der ältesten herunterfiel, wenn die letztere im weiblichen Zustande verkehrte.

Die beiden Dolden blühten normal; infolge ihres Altersunterschiedes trafen das männliche Stadium der jüngeren Dolde und das weibliche der älteren gut zusammen.

Am 15. Juli wurde der Versuch beendigt und lieferte die ältere Dolde 10 reife, normale Mericarpien aus 7 Blüten. Die jüngere Dolde hatte nur 3 normale Mericarpien aus 3 verschiedenen Blüten hervorgebracht.

Drei andere, auf dieselbe Weise ausgeführte Versuche lieferten das folgende Ergebnis:

1⁰. ältere Dolde: 7 reife Mericarpien aus 4 Blüten.
jüngere „ keine reife Mericarpien.
2⁰. ältere Dolde: 8 reife Mericarpien aus 6 Blüten.
jüngere „ 2 „ „ „ 2 „
3⁰. ältere Dolde: 11 „ „ „ 11 „
jüngere „ 2 „ „ „ 1 Blüte.

Die Befruchtung einiger Blüten der jüngeren Dolden ist auch hier wiederum zurückzuführen auf die Tatsache, dass diese Dolden, infolge ihres Wachstums nach dem Einschliessen in der Nesseltuchhülle, mit dem Tuche in Berührung kamen.

Aus den letzten vier Versuchen ergibt sich aber genügend, dass *Geitonogamie* zwischen den Dolden sehr ungewiss ist, wenn fremde Hilfe ausgeschlossen ist.

Wenn man also eine bestimmte Kümmelpflanze, bei Verhütung von Xenogamie, fortzüchten will, so muss man seine Zuflucht nehmen zu *künstlicher* Autogamie (oder Geitonogamie).

Es wurde im Vorhergehenden, bei der künstlichen Bestäubung, stets Pollen aus normalen zweigeschlechtigen Blüten benutzt; hinsichtlich des Wertes von Pollen aus den eingeschlechtigen, rein männlichen, Blüten haben wir bisjetzt aber noch nichts erfahren. Dennoch ist es ohne Zweifel der Mühe wert, auch diese Blüten in dieser Hinsicht näher zu untersuchen, weil es gar nicht undenkbar ist, dass der Obliterationsprozess, — wie das eingeschlechtig werden von vielen zentralen Blüten, vor allem der späteren Döldchen, zweifelsohne aufzufassen ist — sich auch zum *Pollen* dieser Blüten erstrecke; es würde in solchem Falle ein grosser Teil des, während der letzten Blühzeit der Pflanze hervorgebrachten Pollens wertlos sein.

In der folgenden Weise habe ich deshalb das Pollen der eingeschlechtigen mit demselben der zweigeschlechtigen Blüten verglichen.

Am 26. Mai wurden 2 Dolden, deren Blüten noch

geschlossen waren, in je einer Nesseltuchhülle eingeschlossen. Am 28. Mei öffneten sich die periferen Blüten der einen Dolde; die offenen Blüten wurden entfernt, und von den übrigen, noch geschlossenen Blüten 27 kastriert; danach alle übrigen Blüten entfernt und die Dolde wieder eingeschlossen.

Von der anderen Dolde, die zwar noch nicht ganz soweit fortgeschritten war, aber doch schon beinahe geöffnete perifere Blüten zeigte, wurden 39 Blüten kastriert, alle übrigen entfernt und die Dolde wieder eingeschlossen.

Am 2. Juni waren die Narben der ersten Dolde reif; sie wurden nun bestäubt mit Pollen von männlichen Blüten aus einer Dolde einer anderen Pflanze, welche auch durch eine Nesseltuchhülle gegen Insektenbesuch geschützt war, so dass ich vollkommene Sicherheit hatte, dass das benutzte Pollen rein war. Die bestäubten Blüten wurden selbstverständlich wieder in der Nesseltuchhülle eingeschlossen und weiter sichselbst übergelassen.

Am folgenden Tage, als die zweite Dolde reife Narben zeigte, wurden deren Blüten, mit denselben Vorsichtsmassregeln, bestäubt mit reinem Pollen, aus *zweigeschlechtigen* Blüten einer anderen Pflanze; darauf wurde die Dolde wieder eingeschlossen und sich selbst übergelassen.

Das Ergebnis war, dass am 15. Juli von der ersten Dolde 33 normale reife Mericarpien aus 19 Blüten geërntet werden konnten; die zweite Dolde lieferte 58 normale reife Mericarpien aus 34 Blüten.

Wir haben also keine Veranlassung, einen Wertunterschied des Pollens eingeschlechtiger und zweigeschlechtiger Blüten anzunehmen.

Die bei allen diesen Bestäubungsversuchen entstandenen Samen waren gut keimfähig; es konnte kein Unterschied beobachtet werden, der auf ein verschiedenes Entstehen, nämlich durch Autogamie, Geitonogamie oder Xenogamie hinweisen könnte.

IV. KAPITEL.

Das ätherische Kümmelöl.

§ 1. *Gewinnung des ätherischen Öls und die Bestandteile desselben.*

Bevor ich meine Untersuchungen über den Ölgehalt der Kümmelfrüchte mitteile, die teils unternommen worden sind um bessere Einsicht in die Bildung ätherischer Öle zu bekommen, teils um ein Mittel zu finden um eine Selektion nach der Eigenschaft einer reicheren Ölproduktion zu ermöglichen, werde ich zunächst einige Punkte besprechen, die zum guten Begriffe der Bedeutung und des Gebrauchs der Kümmelfrüchte erwünscht sind.

Das Emporkommen des Kümmelbaues in den Niederlanden steht in engem Zusammenhange mit dem Aufschwunge, den die chemische Industrie in den letzten 30 Jahren genommen hat, und zwar an erster Stelle die Industrie der ätherischen Öle und künstlichen Riechstoffe. Es werden die Kümmelfrüchte nämlich hauptsächlich verarbeitet zur Gewinnung des in denselben befindlichen *ätherischen Öls*, vor allem in Deutschland, England und den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, nach welchen Ländern denn auch der grösste Teil der niederländischen Kümmelernte, die ihrer vorzüglichen Qualität wegen besonders geschätzt ist, ausgeführt wird. Die Gesamtausfuhr aus den Niederlanden betrug z. B. im besonders guten Kümmeljahre 1911 : 8988081 kg. Früchte zu einem Werte von Fl. 2157139,

gegen eine Einfuhr im selben Jahre von 109970 kg. zu einem Werte von Fl. 26392 [1]). Wie bedeutend der Umsatz des aus diesem Materiale gewonnenen ätherischen Öls ist, geht z. B. hieraus hervor, dass im fiskalen Jahre vom 1. Juli 1904 bis zum 30. Juni 1905 in die Vereinigten Staaten, ausser 1032922 kg. Kümmelfrüchten auch noch 12834 kg. Kümmelöl eingeführt wurden [2]).

Ueber die Technik der Gewinnung des Kümmelöls und über dessen chemischen Eigenschaften wird es wohl erwünscht sein, hier einiges zu erwähnen; was Einzelheiten betrifft, möchte ich hinweisen auf die ausführlichen Arbeiten von Gildemeister und Hoffmann und von O. Dammer [3]).

Um das in der Fruchtwand eingeschlossene Kümmelöl zu gewinnen, wird dasselbe in den Fabriken durch gespannten Dampf hinausgetrieben, den man durch das, in einem Destillierkessel befindliche, Kümmelmaterial hindurchführt. Diese Methode, die Dampfdestillation, gründet sich auf die Eigenschaft der ätherischen Öle (nicht mit Wasser mischbarer Stoffe) in Anwesenheit von Wasser unter 100° C. zu sieden, obgleich der Siedepunkt des ätherischen Öls selbst weit über 100° C. liegt. (Das Flüssigkeitsgemenge siedet, wenn die Summe der Dampfdrucke des ätherischen Öls und des Wassers gleich dem äusseren Drucke ist).

Um dem Dampfe den Zugang zum, in den Fruchtwänden eingeschlossenen, ätherischen Öle leichter zu machen, werden die Kümmelfrüchte meistens zwischen rotierenden Walzen gequetscht; die Fruchtwand wird dadurch zerrissen und demzufolge kann das ätherische Öl leichter entweichen. Das Kümmelmaterial wird sogleich nachher in den Destillirapparat gebracht, der in modernen Fabriken durch Dampf

[1]) Vergl.: *Statistiek van den in-, uit- en doorvoer,* 1911.
[2]) Baily. Cyclopedia of American Agriculture II, pag. 496.
[3]) Gildemeister u. Hoffmann. Die ätherischen Öle.
Dammer. Chemische Technologie der Neuzeit, III, 1911.

bis zu ungefähr 150° C. erhitzt wird. Das Material liegt in diesem Apparate auf einer siebförmigen Platte, unter welcher auch Dampf von 150° C. eingeführt wird, der vor dem Entweichen aus dem Apparate gezwungen ist, durch das Material hindurchzuströmen. Es wird hierbei das ätherische Öl mitgeführt. Der Dampf und das dampfförmige ätherische Öl werden in einem Kühler kondensiert und in eine sogenannte Florentiner Flasche aufgefangen. Diese Flasche ist derart eingerichtet, dass das Konden-

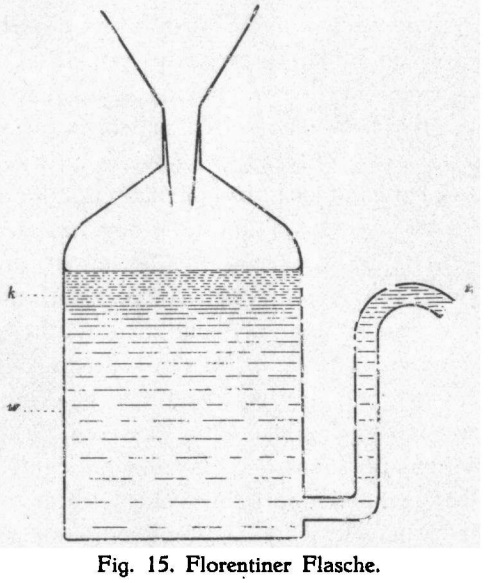


Fig. 15. Florentiner Flasche.

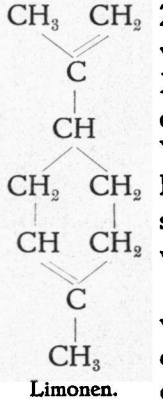
sationswasser fortwährend abfliesst aus einer Seitenröhre *z* *(Fig. 15)*, indem das leichtere Kümmelöl *k* sich auf dem Wasser *w* sammelt.

In der Fabrik von Schimmel & Co., in Miltitz bei Leipzig, befinden sich zum Zwecke dieser Kümmelöldestillation 4 Apparate, die je 2500 kg. Kümmelfrüchte fassen. Die ganze Destillation dauert 6 bis 8 Stunden; nach

Ablaufe dieser Zeit ist das Material im Apparate völlig vom Kümmelöle beraubt.

Das Destillationsprodukt, das ätherische Kümmelöl, ist eine klare, farblose Flüssigkeit, die aber mit der Zeit gelb wird. Der Geruch ist der der frischen Kümmelfrüchte; der Geschmack ein wenig brennend, gewürzhaft. Kümmelöl löst sich nur wenig in 70-prozentigem Alkohol; ist aber vollkommen löslich in 3 bis 10 Vol. 80-prozentigen Alkohols, sowie in einem gleichen Vol. 90-prozentigen Alkohols. Es siedet von 175° bis 230°.

Das Kümmelöl ist ein Gemenge zweier Körper: *Carvon* und *Limonen*. Das Limonen ist ein Kohlenwasserstoff, nämlich ein Terpen $C_{10}H_{16}$ von hierneben angegebener Struktur.

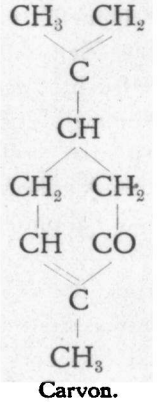

Limonen.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass es einen genetischen Zusammenhang gibt zwischen diesem Kohlenwasserstoffe und dem anderen, wichtigsten, Bestandteile des Kümmelöls, dem *Carvon*, einer zu den Ketonen $C_{10}H_{14}O$ gehörenden Verbindung. Die Strukturformel ist der des Limonens fast identisch, nur sind zwei Wasserstoffatome durch ein Sauerstoffatom ersetzt, wie hier unten zu sehen ist.

Der Wert des Kümmelöls ist nun abhängig vom Gehalte an Carvon, dem Stoffe, dem der Kümmel seinen eigentümlichen Geruch entlehnt; das Limonen ist als Nebenprodukt der Kümmeldestillation aufzufassen.

In den mit Kümmeldestillation beschäftigten Fabriken werden die beiden Bestandteile des Kümmelöls meistens ebenfalls, durch fractionirte Destillation, von einander getrennt, weil das Kümmelöl für die meisten Zwecke mit Vorteil durch den einen oder anderen seiner Bestandteile ersetzt werden kann. Ueberdies bietet das reine Carvon oder das reine Limonen den Vorteil, dass seine Eigen-

schaften feststehen und man also auch die Reinheit leichter kontrollieren kann als bei dem Gemenge; zudem bleibt die Wirksamkeit des reinen Bestandteils immer dieselbe, gleichwo man das Produkt kauft, was man selbstverständlich nicht vom Kümmelöle selbst sagen kann, dass bei verschiedener Herkunft von ziemlich ungleicher Zusammensetzung sein kann.



Carvon.

Das Carvon wird an erster Stelle zur Likörfabrikation benutzt, namentlich zur Herstellung von „Kümmel"; zudem wird es auch in vielen Ländern als Heilmittel angewendet. Bei der Likörfabrikation wird es dem ursprünglich gebräuchlichen Kümmelöle vorgezogen, weil sich das Carvon leichter in Alkohol löst. In 16 bis 20 Teilen 50-prozentigen Alkohols löst sich Carvon bei 20° klar; von 70-prozentigen Alkohol sind $1^1/_2$ bis 2 Teile nötig zur Lösung von 1 Teile Carvon; mit 90-prozentigen Alkohol ist es in jedem Verhältnisse mischbar.

Der zweite Bestandteil, das Limonen, wird zum Parfümieren von Seifen angewendet; vielleicht hat es auch eine Zukunft in der Medizin, wo es in den letzten Jahren bei Lungenkrankheiten angewandt worden ist, anstatt des schädlich auf die Nieren einwirkenden Terpentins [1]).

Die ausdestillierte Kümmelfrüchte sind ein gutes Viehfutter, weil sie 20 bis 23.5 % Roheiweiss (ungefähr zum $^3/_4$ Teile verdaulich) und überdies 14 bis 16 % Fett enthalten [2]).

Früher wurden die Kümmelfrüchte meistens (auch jetzt geschieht es zuweilen noch) im unversehrten Zustande der Dampfdestillation unterworfen. Es ist dann zwar nicht

---

[1]) *Berichte von Schimmel & Co.* Oktober 1903, pag. 138; Oktober 1906, pag. 160; Oktober 1909, pag. 52; Oktober 1910, pag. 161.

[2]) Gildemeister und Hoffmann, l. c. pag. 720.

möglich, das ätherische Öl völlig zu vertreiben, aber demgegenüber kann das Kümmelmaterial, nach Trocknung, wieder gegen hohe Preise verkauft werden, weil es bei der Käsefabrikation Anwendung findet und auch zur Fälschung von frischen Kümmelfrüchten gebraucht wird.

Das nicht vollständig ausdestillierte Material ist erkennbar durch die dunklere Farbe; auch ist es beinahe geruchlos und geschmacklos, und bei mikroskopischer Beobachtung erscheinen die Ölstriemen, sowie auch ein Teil der Fruchtwand, geplatzt.

§ 2. *Ueber die Entstehung des ätherischen Öls.*

Wie im Vorgehenden schon wiederholt angedeutet wurde, befindet sich das ätherische Öl ausschliesslich in der Fruchtwand, und daselbst auch nur auf bestimmte Organe beschränkt, nämlich nur in den Ölstriemen, die allseitig abgeschlossene Behälter bilden.

Die Anatomie der Striemen ist oben schon eingehend besprochen. Sie werden durch die Quermembranen in einige kleine Fächer verteilt; wenn eins der Fächer geöffnet wird, so kann nur das in diesem eingeschlossene ätherische Öl entweichen; die übrigen Fächer aber bleiben gefüllt.

Wenn wir nun der Frage etwas näher treten, wie das ätherische Öl sich in diesen Behältern sammeln kann, so müssen wir zuerst an Einiges über die Entstehung der Ölstriemen erinnern. Es ist schon ziemlich lange bekannt, dass die Striemen als schizogene Räume entstehen, dass heisst, durch das Auseinanderweichen einiger Zellen in der Wand des Fruchtknotens in einem sehr jungen Stadium. Der so entstandene Interzellularraum wird beim Wachsen des Fruchtknotens grösser, indem auch die angrenzenden Zellen wachsen und sich durch radiale (senkrecht zur Oberfläche der Vitta stehende) Wände teilen. Bald erscheint die junge Vitta als eine im Querschnitt runde Röhre, deren

Wand aus einer Schicht nahezu gleichförmiger, meistens ziemlich flacher Zellen besteht, die fest aneinander geschlossen sind und sich sowohl durch ihre Gestalt und dünne Wand, wie durch ihren Inhalt, deutlich vom angrenzenden Gewebe unterscheiden. Bei dem Kümmel ist diese Schicht, das *Epithelium* der Vitta, nur eine Zelle dick. Es sind nun die als sezernierende Zellen auftretenden Epithelzellen der Vitta, die an erster Stelle eine Rolle spielen bei der Absonderung des ätherischen Öls im Vittaraume.

Ueber das Vorkommen des ätherischen Öls in sehr jungen Ölstriemen kann ich einige eigene Beobachtungen mitteilen, die ich gemacht habe bei jungen *Blumenknospen* und bei *Blüten* von Carum Carvi. Es wurde der Fruchtknoten durch einen Medianschnitt halbiert, die Samenanlagen wurden entfernt und dann die beiden Ovarhälften, mit der Innenseite nach oben gekehrt, in *Kaliumquecksilberjodid* [1]) unter dem Mikroskope beobachtet. In den meisten Fällen sind wenigstens einige Vittae dabei unbeschädigt geblieben. Bei einer Blumenknospe fand ich z. B. in einer nur 0.7 mm. langen und 50 μ weiten Vitta schon mehrere Tropfen ätherischen Öls. Quermembranen fehlten hier vollständig. In älteren Stadien war deutlich wahr zu nehmen, dass das ätherische Öl sich vermehrt hatte. Im weiblichen Stadium der Blüte fand ich in einer 1.4 mm. langen und 80 μ weiten Vitta schon verhältnismässig grosse Öltropfen; in einer Vitta z. B. 6, in einer anderen 5. Der Brechungskoeffizient war anscheinend etwas niedriger als beim Öle der reifen Frucht. Auch in diesem Stadium waren keine Quermembranen zu sehen; durch Druck auf das Deckglas liessen die Öltropfen sich durch die ganze Vitta hin und her treiben.

[1]) Im Kaliumquecksilberjodid, dass einen sehr hohen Brechungskoeffizient besitzt, — in meinem Falle $n_{D20°} = 1.682$ — ist das Kümmelöl ($n_{D20°}$ ungefähr 1.485) besonders scharf zu sehen.

Etwas anders verhalten sich die Vittae im Stadium, unmittelbar nach dem Abblühen der Blüte. Eine Vitta eines solchen Stadiums war 2.12 mm. lang und 100 μ weit; im Kaliumquecksilberjodidpräparate waren grosse Tropfen und Säulen vom ätherischen Öle in der Strieme sichtbar. An sehr vielen Stellen befanden sich kleine Öltröpfchen an der Epithelschicht, und zwar von verschiedener Grösse, teils beinahe unsichtbar klein, teils bis zu 18 μ im Durchmesser; zuweilen auch kleine Tröpfchen zwischen einer grossen Ölsäule und der Epithelschicht, und in diesem Falle war die Ölsäule etwas eingebuchtet. Durch Druck auf das Präparat waren die Öltropfen nur schwer in Bewegung zu setzen; höchstens war eine kleine Schwankung hin und her möglich. Obwohl hier keine Quermembranen zu finden waren, zeigte sich an einigen Stellen je eine dichte Anhäufung sehr vieler kleiner Tröpfchen in einer schmalen oder etwas breiteren Querzone an der Epithelschicht; es machte dieses bisweilen den Eindruck, als ob sich an jener Stelle eine Quermembran befände. Diejenigen grossen Öltropfen, die sich zufälligerweise in der unmittelbaren Nähe der genannten Stelle befanden, zeigten sich abgeflacht nach der Seite der vermuteten Quermembran zu.

Die Gestalt der grösseren Öltropfen war übrigens in diesen Präparaten nicht die ursprüngliche, denn sogleich nach der Hinzufügung des Kaliumquecksilberjodids waren die Tropfen zunächst noch sichtbar als lange, dünne, ziemlich unregelmässig gestaltete Stränge; es verkürzten dieselben sich bald zu, die ganze Weite der Vitta ausfüllenden, Säulen.

Um nun die Öltropfen in ihrem natürlichen Zustande zu beobachten, habe ich frische Fruchtblattteile mit unversehrten Ölstriemen in 3 % Rohrzuckerlösung gelegt. Zwei Stadien wurden hierin beobachtet, nämlich 1.: Vittae während des weiblichen Stadiums der Blüte, und 2.: Vittae, kurz nach der Befruchtung der Blüte. In beiden Fällen

war das ätherische Öl vorhanden als lange, dünne, unregelmässig geformte Stränge, die an den Enden oft abgeflacht waren *(Fig. 16)*; Quermembranen waren auch hier nicht zu sehen. Die Ölstränge füllten meist nicht das ganze Lumen der Vitta aus; zuweilen lagen kleine Öltropfen an der Epithelschicht, in einer Einbuchtung eines grossen Öltropfens. Uebrigens waren die Vittae gefüllt mit einer klaren, farblosen, wasserähnlichen Flüssigkeit [1]), die wahrscheinlich mehr weniger zähe ist, wodurch die Form der grossen Öltropfen erklärt sein würde. Nach zweitagigem Aufbewahren dieser Rohrzuckerlösungpräparate in einer feuchten Kammer war die farblose Flüssigkeit trübe geworden; deutlich waren zahllose kleine, nicht stark lichtbrechende Kügelchen in derselben zu sehen, die keine Aehnlichkeit mit Öltropfen zeigten. Diese wasserähnliche Flüssigkeit ist offenbar leicht löslich in Kaliumquecksilberjodid, und dieser Tatsache ist ohne Zweifel die Formveränderung und Abrundung der Öltropfen nach Hinzufügung jenes Mediums zu zu schreiben.

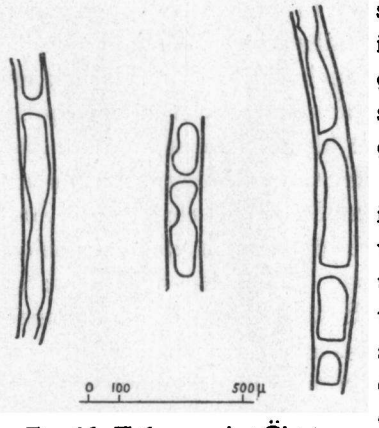


Fig. 16. Teile von drei Ölstriemen eines Stadiums, kurz nach der Bestäubung. Flächenansicht. Präparat in 3% Rohrzuckerlösung.

Die Quermembranen der Vittae treten zuerst deutlich auf, unmittelbar nach dem Abblühen der Blüten. Aus vielen Uebergangsstadien, die ich in meinen Präparaten beob-

[1]) Aehnliches wurde auch gefunden von Arthur Meyer bei Foeniculum officinale: vergl. Arthur Meyer. Ueber die Entstehung der Scheidewände in dem sekretführenden, plasmafreien Intercellularraume der Vittae der Umbelliferen. Botan. Zeitung, 1889. 47. Jahrgang. pag. 34 ff.

achten konnte, ist, meiner Meinung nach, mit ziemlich grosser Sicherheit zu schliessen [1]), dass die Quermembranen, sowie auch die Belegmembran, entstehen durch Verdichtung der klaren Flüssigkeitsmasse, die neben dem Öle in den Striemen vorkommt. Ich habe dieses untersucht an Serien von Mikrotomschnitten junger Stadien der Blumenknospe und Blüte, und von halbreifen Früchten, die ungefähr die Hälfte ihrer endgültigen Grösse erreicht hatten. In diesem Materiale, dass teils mit 1 % Chromsäurelösung, teils mit starkem Flemming'schen Gemische fixiert worden war, enthielten die Striemen eine sehr feine, schaumartige Masse, die sich mit Heidenhain's Eisen-Haematoxyline schwach färbte; diese Masse entspricht offenbar der wasserähnlichen Flüssigkeit der lebendigen Präparate; in derselben waren mehrere grössere oder kleinere, ovale oder runde Blasen oder Höhlungen zu sehen, die entweder ganz leer waren, oder aber ein loses Maschenwerk von äusserst feinen Fädchen enthielten. Diese Blasen sind gewiss mit ätherischem Öle gefüllt gewesen, welches bei der Behandlung des Materials mit starkem Alkohol und Xylol gelöst ist. Die Blasenwand war meist etwas stärker gefärbt als die schaumartige Masse. In den Stadien nach der Blütezeit sind nun alle Uebergänge zu finden von kurzen Säulen dieser genannten Schaummasse zu mehr oder weniger bis völlig homogenen, festen Quermembranen, die sich mit Eisen-Haematoxylin intensiv färben.

Wie das Öl in den Striemen der reifen Frucht vorkommt, und wie schliesslich die Quermembranen und die Belegmembran aussehen, ist schon im 2. Kapitel besprochen worden.

Obwohl die Frage, an welcher Stelle das ätherische Öl *abgeschieden, angehäuft* und *aufgespeichert* wird, leicht zu beantworten ist, ganz anders steht es mit der Frage,

[1]) In Uebereinstimmung mit der Meinung Arthur Meyer's, l. c.

wo und wie die Pflanze das ätherische Öl *bildet*. Findet dieses in den Epithelzellen der Ölstriemen statt, und wenn das indertat der Fall ist, wird dann das ätherische Öl im Protoplasma geformt oder aber in der Zellwand, also erst durch eine extrazellulare Metamorphose? Oder aber gibt es auch andere Zellen in dem Fruchtknoten, oder selbst in anderen Organen der Pflanze, z. B. in den Blättern, welchen diese Aufgabe aufgetragen ist? Diese Frage ist noch bei weitem nicht gelöst und gehört zu einem sehr schwierigen Forschungsgebiete.

Unter den Hypothesen, die zur Lösung dieser Sache aufgeworfen worden sind, ist an erster Stelle jene von Tschirch[1]) zu erörteren, weil sie sehr viele Anhänger gefunden hat. Nach der Hypothese Tschirch's, die sich gründet auf die Annahme, dass die ätherischen Öle nicht durch, mit Wasser imbibierte, Zellwände diffundieren können, würde die Bildung des Öls zu Stande kommen in einem bestimmten, „resinogene Schicht" genannten, Teile der Wand der Epithelzellen[2]).

Es wird diese Hypothese anscheinend unterstüzt durch die negativen Ergebnisse bei Versuchen, die betreffenden Sekretstoffe im Zellinhalte nachzuweisen. Nach Tschirch und seinen Anhängern würde dieses beweisen, dass jene Stoffe dort nicht als solche zugegen wären.

Zwar haben Tschirch und mehrere seiner Schüler sich viel Mühe gegeben um Beweismaterial zusammen-

[1]) Tschirch. Die Harze und die Harzbehälter. 2 Aufl. 1906, pag. 1122—1125.

[2]) Auch Arthur Meyer ist der Meinung, dass das Sekret der Vittae (das ätherische Öl + die wasserähnliche Flüssigkeit) in den Wänden der Epithelzellen entstehe, und zwar nicht nur in der am Vittaraume grenzenden Wand, sondern auch in den antiklinen Wänden. Nach diesem Autor müsse dann das Sekret in äusserst feinen Tröpfchen durch Poren in das Lumen der Vitta durchdringen. (Vergl. Arthur Meyer Botan. Zeit. l. c.).

zubringen, aber trotzdem stehen sie mit der Hypothese der resinogenen Schicht, einer strengen Kritik gegenüber, auf ziemlich schwachen Füssen. Mit Recht weisen doch z. B. Charabot und Gatin[1]) darauf hin, das die ätherischen Öle, wenn auch nur wenig, ganz entschieden in Wasser löslich sind, und also im gelösten Zustande durch eine mit Wasser imbibierte Zellwand diffundieren können. Und was das andere Argument Tschirch's betrifft, auch dieses ist nicht stichhaltig. Man hat im Zellinhalte zwar keine ätherische Öle nachweisen können, aber das ist nur der mangelhaften Wirkung der dazu angewendeten Farbreagenzien zuzuschreiben. Jene Reagenzien sind nur im Stande, ätherische Öle nachzuweisen, wenn die letzteren in Tropfenform vorhanden sind, nicht aber, wenn sie sich in gelöstem Zustande befinden.

Dieses wurde von Charabot und Gatin durch ein hübsches Experiment illustriert[2]). Sie füllten ein Reagierglas mit gleichen Teilen Orangeblütenöl und Orangeblütenwasser (d. h. Wasser, in dem Orangeblütenöl gelöst ist). Es wurden einige Tropfen Sudan III-Lösung zugefügt und dann wurde stark geschüttelt: nur das Orangeblütenöl färbte sich, das Orangeblütenwasser aber blieb völlig farblos. Dieser Versuch beweist zwar nichts, sondern beleuchtet doch die Schwäche der Hypothese Tschirch's.

Charabot und Gatin glauben vielmehr, an eine Bildung des ätherischen Öls *in* der Zelle denken zu müssen; das Produkt müsste dann in gelöstem Zustande durch die Zellwand diffundieren.

Wenn also, in betreff der Einsicht in der Entstehungsweise der ätherischen Öle, noch gar keine Uebereinstimmung herrscht, so ist es doch wohl sicher, dass die Baustoffe

---

[1]) Charabot et Gatin. Le parfum chez la Plante. Paris, Doin, 1908, pag. 178 ff.

[2]) Charabot et Gatin. l. c. pag. 181.

in letzter Instanz auf die Kohlensäureassimilation zurückzuführen sind. In dieser, freilich ziemlich gesuchten, Erwägung wurde der Einfluss der Kohlensäurezerlegung auf die Bildung der Sekretstoffe bei *Mentha piperita* L. experimentell geprüft von Charabot und Hébert[1]). Alle günstig auf die Kohlensäureassimilation wirkende Einflüsse förderten auch die Bildung des ätherischen Öls in jener Pflanze.

Die Forschung in diese Richtung steht aber nur erst im Anfange und stösst auf schwierige Probleme. Eine der Verwickelungen hierbei ist die Tatsache, dass das ätherische Öl in einer Pflanze nicht fortwährend dieselbe Zusammensetzung hat, aber in verschiedenen Entwicklungsperioden der Pflanze Unterschiede zeigt; ja selbst kann die Zusammensetzung in verschiedenen Teilen der Pflanze an einem bestimmten Zeitpunkte verschieden sein. Ein paar schlagende Beispiele, die sich auf zwei Pflanzen beziehen, möchte ich hier erörtern:

1. *Citrus Aurantium*[2]) enthält in den *Blättern* ein ätherisches Öl, dass zu 70 % aus Linalool- und Geraniolester und zu 25 bis 30 % aus freien Alkoholen besteht. Limonen ist im Anfange der Vegetation nur wenig vorhanden; bei der Entwicklung der Blätter aber entstehen hier keine Ester, sondern wird Limonen gebildet. Die Blüten enthalten viel Limonen und wenige Alkohole, indem in der Fruchtwand die Alkohole fast verschwunden sind und das Limonen bedeutend zugenommen hat.

2. *Kümmel*[3]). Bei der Firma Schimmel & Co. wurden Kümmelpflanzen in verschiedenen Entwicklungszuständen ausdestilliert:

a. Frische Pflanzen, die noch blühten und auch schon unreife Früchte trugen.

[1]) Charabot et Gatin. l. c. pag. 345.
[2]) Czapek. Biochemie der Pflanzen, 1905, Bd. II, pag. 637.
[3]) Bericht von Schimmel & Co. Leipzig, Oktober 1896.

b. Pflanzen wie *a*, aber vorher von den Blüten und fruchttragenden Dolden beraubt.

c. Abgeblühte Pflanzen, deren Früchte noch nicht völlig reif waren.

Die Untersuchung des aus diesen drei Destillationen gewonnenen ätherischen Öls lehrte, dass in der zweiten Partie, also in den Pflanzen ohne Blüten und Früchten, kein Limonen und Carvon zugegen war.

Die Partien *a* und *c*, die also nur nach Alter verschieden waren, lieferten ein Produkt, das nach fractionierter Destillation die folgende Zusammensetzung zeigte:

Siedepunkt der Fractionen.	Quantitäten dieser Fractionen.	
	in Partie *a*.	in Partie *c*.
175—185°	66 %	24.1 %
185—220°	10.1 %	17.8 %
220—235°	4.8 %	46.6 %
235—240°	6.4 %	5.5 %
240—270° + Rest und Verlust	17.7 %	6.0 %

Diese Ergebnisse sprechen stark für die Auffassung, dass das Limonen (Siedepunkt 175°) zuerst in der Pflanze gebildet wird, und dass aus einem Teile desselben später das sauerstoffhaltige Carvon entsteht (Siedepunkt 230°). Nur in der reifen Frucht wird man beim Kümmel die grösste Carvonfraction erwarten können.

Klarheit besteht aber in diesen Fragen noch keineswegs. Mit Recht spricht Leimbach[1]) sich hierüber derart aus: „Wir stehen noch sichtlich am Anfang unserer Kenntnis über die Bildung der ätherischen Öle in den Pflanzen, aber das geht doch schon klar aus diesen Anfängen hervor,

[1]) Leimbach. Die ätherischen Oele. 1910. pag. 5.

dass die Erweiterung unserer Kenntnisse auf diesem Gebiet ungeheuer befruchtend auf die Industrie der ätherischen Öle wirken muss und eine Verbesserung nicht nur der Ausbeute, sondern auch der Qualitäten der Öle bringen wird."

§ 3. *Gehalt der Kümmelfrüchte.*

Wenn wir auch nur allein die genannten, die Produktion ätherischer Öle beeinflüssenden, Faktoren berücksichtigen: nämlich die mehr oder weniger intensive Assimilation und den verschiedenen Reifheitsgrad, denen sehr wahrscheinlich noch die Einflüsse von Rassenunterschieden hinzugefügt werden können, so wird es wohl Niemand wundern, dass Kümmel von verschiedener Herkunft nicht nur einen verschiedenen Ölgehalt zeigen wird, sondern dass das Öl auch von verschiedener Qualität sein wird.

In der Literatur findet man hierüber mehrere Angaben: Harz[1]) gibt z. B. als Ölgehalt 4 bis 5 % an, bei kultivierten Pflanzen sich steigernd bis zu 9 %; wie dieser Autor zu so hoher Ziffer kommt, ist nicht nachzuspüren; es liegt hier offenbar ein Irrtum vor, denn jener hohe Gehalt ist auch gar nicht mit den Angaben späterer Forscher in Uebereinstimmung.

Eingehender wird von Uhlitzsch[2]) Auskunft erteilt, der erwähnt, dass der *wildwachsende* Kümmel aus Deutschland und Norwegen den höchsten Ölertrag gibt, aber dass der holländische kultivierte Kümmel nach Qualität des ätherischen Öls der beste ist; nach seinen Angaben findet man im niederländischen Kümmelöle 60—65 % Carvon und 40—35 % Limonen; im deutschen und norwegischen dagegen nur 45—50 % Carvon und 55—50° Limonen. Nach Uhlitzsch soll der Ölertrag von Material mehr nördlicher

[1]) Harz. Landwirthschaftliche Samenkunde, 1885, pag. 1037.

[2]) Uhlitzsch. Rückstände der Fabrikation ätherischer Oele. Die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Bd. XLII, 1893.

Herkunft höher sein als beim Kümmel aus mehr südlicher Gegenden; eine Behauptung, die sich wahrscheinlich gründet auf die Mitteilungen Nicolaysen's[1]) über norwegischen Kümmel aus Christiania und aus Tromsö. Der Kümmel aus Christiania enthielt 6.1 % ätherisches Öl, indem das Material aus dem 10° weiter nördlich liegenden Tromsö 6.4 % lieferte[2]).

Die eingehendsten Mitteilungen sind von der Firma Schimmel & Co. veröffentlicht[3]) worden in einem ihrer halbjährlichen *Berichte;* es findet sich da die folgende Tabelle von aus verschiedenen Gegenden stammendem, sowohl kultiviertem wie wildwachsendem Kümmel:

Bayern, (wild)	6.5—7	% Kümmelöl.
Kultivierter deutscher	3.5—5	„ „
Finnland (wild)	5 —6	„ „
Galizien	4.5	„ „
Hessen (wild)	6 —7	„ „
Kultivierter niederländischer	4 —6.5	„ „
Mähren (Oesterreich)	4	„ „
Norwegen (wild)	5 —6	„ „
Ost-Friesland	5.5—6	„ „
Ost-Preussen (kultiviert)	5 —5.5	„ „
Russland (wild)	3.2—3.6	„ „
Schweden (wild)	4 —6.5	„ „
Steiermark	6	„ „
Tyrol (wild)	6.5	„ „
Württemberg (wild)	5.5—6	„ „

[1]) Nicolaysen. Oil of Norwegian Caraways. Pharmaceutical Journal and Transactions. Third Series, Vol. XX, 1889/90, pag. 603.

[2]) Es erscheint mir völlig unberechtigt, einen so kleinen Unterschied dem Klima der höheren geografischen Breite Tromsö's zuzuschreiben. Meine eigenen, weiter unten zu besprechenden, Untersuchungen haben mir ergeben, dass in einem so kleinen Gebiete wie in den Niederlanden weit grössere Ölgehaltsunterschiede vorkommen in einem einzigen Erntejahre.

[3]) Bericht von Schimmel & Co., Leipzig. April 1897, Anhang pag. 26.

Aus diesen Angaben ergibt sich klar, dass im allgemeinen der wilde Kümmel ein bedeutend höheren Gehalt besitzt als der kultivierte. Ueber die Qualität wird aber nichts mitgeteilt. Vom kultivierten Kümmel hat unterdessen in der Industrie immer der niederländische den Vorzug, nicht nur des sehr guten Ölertrags wegen, sondern auch durch die ausgezeichnete *Ölqualität*. Auch die norwegische und ostpreussische Ware kommt für die Destillation in Betracht [1]). Der in Nord-Deutschland gebaute Kümmel ist dagegen minderwertig, sowohl was Ölertrag als Ölqualität betrifft, obwohl das Äussere der Ware meistens nichts zu wünschen übrig lässt, ja selbst ausgezeichnet genennt wird. Der Kümmelbau wird deshalb für Deutschland denn auch von Uhlitzsch abgeraten [2]).

Gleichfalls wird durch die Firma Schimmel & Co., in einem der Berichte, der in Nord-Deutschland kultivierte Kümmel rundweg zur Destillation untauglich erklärt; im *Bericht Oktober 1897* heisst es: „Es ist ungemein schwierig, die Oekonomen von dem Minderwerth ihrer Waare gegenüber anderen Sorten zu überzeugen, um so mehr als das äussere Aussehen der Waare gewöhnlich tadellos, das Korn gross und voll ist. Infolgedessen geht die deutsche Saat fast ausschliesslich in den Zwischenhandel über, bei dem mehr auf schönes Äussere als auf inneren Gehalt gegeben wird."

Wenn also schon aus der Literatur mit genügender Sicherheit hervorgeht, wie gross die Unterschiede in Ertrag und Qualität des Kümmelöls sind, je nach der Herkunft der Früchte, über etwaige Unterschiede in den Niederlanden selbst ist bisjetzt nichts bekannt. Es liegt also die Frage sehr nahe: ist die Qualität in allen kümmelbauenden Gegenden der Niederlande gleich gut, oder machen sich

[1]) Gildemeister und Hoffmann. Die ätherischen Oele, 1899, pag. 721.
[2]) Uhlitzsch. l. c. pag. 260.

auch hier örtliche Einflüsse geltend und kommen auch hier solch grosse Unterschiede vor? Und weiter: was ist die Ursache, dass der Kümmel in dem einen Lande soviel mehr Öl liefert wie in dem andern; was ist die Ursache der Qualitätsunterschiede des Öls; spielt hier vielleicht die verschiedene Bodenart eine Rolle, oder üben hier die Behandlung von Saat und Ernte, oder die Klimaunterschiede vorwiegend Einfluss? Auch ist die Möglichkeit gar nicht ausgeschlossen, dass die Unterschiede grösstenteils durch das Vorkommen mehrerer Rassen verursacht würden, die sich erblich unterscheiden könnten durch grössere oder geringere Fähigkeit, ätherisches Öl zu produzieren, und von denen die eine Rasse möglicherweise hier besser gediehe, eine andere anderswo.

Zu einer Beantwortung all dieser Fragen sind selbstverständlich sehr verschiedenartige Untersuchungen und Experimente erforderlich; wohl an erster Stelle orientierende Untersuchungen zu diesem Zwecke, eine Einsicht in *die Qualität des niederländischen Kümmels in den verschiedenen Kümmelbaugegenden* zu bekommen.

Es ist leicht einzusehen, dass eine derartige Untersuchung nicht nur wissenschaftlich von Bedeutung sein kann, sondern auch wohl den Landwirten gute Dienste leisten könnte, wenn sich auch bei unsern einheimischen Gewächsen zeigen würde, dass das äussere Aussehen der Saatware kein Mass für die Beurteilung ihres wirklichen Wertes ist, sowie die Firma Schimmel — wie oben erwähnt — schon von dem deutschen kultivierten Kümmel angab. Wenn z. B., durch ungünstiges Wetter während der Ernte, die Früchte eine dunkle und unschöne Farbe bekommen haben, so wird die Ware immer als minderwertig betrachtet, obwohl doch der Ölgehalt eines solchen Materials, — wie es sich mir zeigte — ausgezeichnet sein kann; demzufolge kommt es oft vor, dass der Landwirt seinen Kümmel unter dem wirklichen Werte verkaufen muss, weil bisjetzt die ober-

flächliche Schätzung nach Farbe, Geruch und Korngrösse die einzige Basis für die Preisbestimmung der Kümmelfrüchte bildet.

Um nun die Frage, die Qualität verschiedener niederländischer Kümmelgewächse betreffend, beantworten zu können, musste an erster Stelle eine geeignete Methode der Ölbestimmung gesucht werden. Die oben erwähnten Angaben verdanken wir nur der Untersuchung *grösserer Saatpartien;* zum hier gesteckten Ziele aber ist dieser Weg unmöglich zu folgen. Für eine mehr eingehende Untersuchung, wie hier beabsichtigt wird, ist an erster Stelle die Möglichkeit zu fordern, auch von sehr kleinen Quantitäten des Materials den Ölgehalt bestimmen zu können. Schon bei der Bestimmung einer grossen Anzahl von Proben liefert dieses, aus praktischen Erwägungen, einen bedeutenden Vorteil; aber für die Untersuchung kleiner Probekulturen, ja sogar einer einzigen Pflanze oder der ersten Nachkommen einer Pflanze, ist eine solche Methode selbstredend unentbehrlich.

Es liegt auf der Hand, hierbei an erster Stelle an eine sogenannte direkte Methode zu denken, die hierin besteht, dass man ein abgewogenes Quantum der Kümmelfrüchte einer Dampfdestillation unterwirft, das ätherische Öl auffängt und dieses wägt oder misst. Wenn man dieses versucht, stösst man aber sogleich auf eine grosse Schwierigkeit, nämlich die Trennung des gewonnenen ätherischen Öls von dem, gleichfalls aufgefangenen, Destillationswasser. Denn, wenn man nur ein kleines Quantum der Früchte ausdestilliert, ist auch der Ölertrag gering, und deshalb der, bei der Bestimmung der Ölquantität unvermeidliche, Mess- oder Wägefehler verhältnismässig viel zu gross um zuverlässige Ergebnisse erwarten zu dürfen. Diese Methode geriet also ausser Betracht durch die Bedingung: Beschränkung des Quantums des zu untersuchenden Materials.

Dasselbe gilt für die Extractionsmethode, bei der die Schwierigkeit im Entfernen des Extractionsmittels gelegen ist. Auch hierbei sind die unvermeidlichen Fehler verhältnismässig viel zu gross.

Bessere Ergebnisse waren von einer von Beckmann im Archiv der Pharmazie[1]) beschriebenen Methode zu erwarten; es wird dabei nicht nur die oben gestellte Bedingung eingehalten, — Beckmann arbeitet mit nur 10 Gramm Früchten —, sondern auch die Fehler, welche aus der Schwierigkeit, das ätherische Öl vom Destillationswasser zu trennen, oder aus der leichten Verflüchtigung des Öls hervorgehen, werden vermieden.

Bei näherer Betrachtung erschien mir diese Methode denn auch bald für meinen Zweck sehr brauchbar; es wurden jedoch verschiedene Abänderungen nötig zur Anpassung an dieser speziellen Untersuchung des Kümmels, vor allem um diese Arbeitsmethode zuverlässiger zu machen und mehr als eine — wie Beckmann sich vorsichtig ausdrückt — annähernde Methode werden zu lassen.

Zum besseren Verständnis des eben Gesagten ist es nicht überflüssig, etwas näher einzugehen in die von Beckmann bei verschiedenen Gewürzen und Drogen angewendete Methode, bei welcher die Tatsache zunutze gemacht wird, dass eine Lösung des ätherischen Öls einen niedrigeren Gefrierpunkt besitzt als das Lösungsmittel selbst und dass die Gefrierpunktserniedrigung bei schwachen Lösungen in geradem Verhältnisse zur Konzentration steht. Aus der Gefrierpunktserniedrigung, die durch Lösung des ätherischen Öls eines abgewogenen Quantums des Gewürzes in einer, ebenfalls abgewogenen, Menge des Lösungsmittels verursacht wird, wird nun der Ölgehalt berechnet.

---

[1]) E. Beckmann. Anwendung der Kryoskopie zur Beurteilung von Gewürzen und anderen Drogen. Archiv der Pharmazie, 1907, Bd. 245, pag. 211.

Beckmann nimmt 5 Gramm des zu untersuchenden und vorher feingemahlenen Gewürzes. Diese Quantität wird in einem Erlenmeyerkölbchen mittels 30 Gramm Aethylenbromid bei Zimmertemperatur extrahirt; das Extrakt wird durch einen Wattebausch in eine Beckmann'sche Gefrierröhre hineinfiltriert und dann der Gefrierpunkt dieser Lösung bestimmt. Weil aber dieses Extrakt, neben dem ätherischen Öle, selbstverständlich noch viele andere, ebenfalls Einfluss auf den Gefrierpunkt übende, Stoffe in Lösung enthält, ist es ohne weiteres nicht möglich, die durch das ätherische Öl allein verursachte Gefrierpunktserniedrigung zu bestimmen. Es ist dazu noch ein zweites Extrakt erforderlich, dass dem ersten ganz gleich ist, aber *kein ätherisches Öl* enthält. Es wird also ein zweites Quantum von 5 g. des gemahlenen Gewürzes, mittels der Dampfdestillation, *seines ätherischen Öls beraubt*, der Rückstand auf die oben beschriebene Weise mittels Aethylenbromid extrahiert und dann auch von diesem Extrakte der Gefrierpunkt bestimmt. Der Unterschied beider Gefrierpunkte gibt die Gefrierpunktserniedrigung (Depression) an, welche durch die Anwesenheit des ätherischen Öls im ersten Extrakte verursacht wird. Wenn man nun die „spezifische Depression" des ätherischen Öls kennt, dass heisst die Gefrierpunktserniedrigung, welche durch Lösung von 1 g. des betreffenden ätherischen Öls in 100 g. Aethylenbromid verursacht wird, so hat man alle erforderliche Angaben um den Ölgehalt des Gewürzes berechnen zu können.

Das im gegebenen Falle bestehende Verhältnis zwischen der Gefrierpunktserniedrigung und der Quantität des gelösten ätherischen Öls ist nämlich:

$$S = \frac{0.3\,D}{C}.$$

In dieser Formel wird durch S die in Grammen ausgedrückte Quantität des ätherischen Öls angegeben, welches in 5 g. Gewürz enthalten war, und durch das Aethylen-

bromid gelöst ist; D ist die beobachtete Gefrierpunktserniedrigung (Gefrierpunktsdifferenz der beiden Extrakte) und C ist die *spezifische Depression* des ätherischen Öls.

Der Faktor 0.3 tritt, wie leicht einzusehen ist, in dieser Formel auf, weil bei der Extraktion nur 30 g. Aethylenbromid benutzt wurde, anstatt 100 g. (Der Wert für C bezieht sich ja auf eine Lösung von 1 g. ätherischen Öls in 100 g. Lösungsmittel). Mittels der eben erwähnten Formel finden wir also die in *5 g.* Gewürz vorkommende Quantität ätherischen Öls, in Grammen ausgedrückt. Der Gehalt, in Prozenten ausgedrückt, ist also:

$$20\ S = \frac{6\ D}{C}.$$

Wenn auch diese Methode prinzipiell höchst einfach ist, die Ausführung bietet, wie wir später sehen werden, ziemlich viele Schwierigkeiten, wenn man an die Zuverlässigkeit der Ergebnisse hohe Anforderungen stellt; erstens der Dampfdestillation wegen, welche sehr sorgfältig ausgeführt werden muss, und zweitens wegen der Genauigkeit, die bei solchen Gefrierpunktsbestimmungen wie hier erfordert wird.

Wir werden nun an erster Stelle die Destillationsweise betrachten, wie sie von Beckmann angewendet wurde. Das zu untersuchende Gewürz wird feingemahlen und das so entstandene Pulver, in einer Filtrierpatrone, in einem vertikal gestellten, zylindrischen, unten geschlossenen Glasgefässe von 15 cm. Länge und 3 cm. Durchmesser aufgehängt. Das Glasgefäss ist oben abgeschlossen mit einem zweifach durchbohrten Korke, durch den ein Thermometer und die Abfuhrröhre zum Kühler geführt sind. Ueberhitzter Dampf wird unten in das Gefäss, unter der Filtrierpatrone, eingeleitet durch ein eingeschmolzenes Glasrohr, dessen Öffnung sich ein wenig über der Mitte des Gefässbodens befindet.

Das Glasgefäss mit der Filtrierpatrone hängt in einem

Paraffinölbade von einer Temperatur von 140—150° C. Nun wird so lange abdestilliert, bis das Destillat geruch- und geschmacklos ist und sich keine Öltropfen mehr im Kühler zeigen. Dann wird das Pulver, dass bei der angewendeten hohen Temperatur vollständig trocken geworden ist, aus der Filtrierpatrone direkt in Aethylenbromid geschüttet.

Die Gefrierpunktsbestimmungen wurden mit dem gewöhnlichen, mit einem Beckmannthermometer versehenen *Beckmann-apparate* [1]) ausgeführt. Vor der Bestimmung des Gefrierpunktes wurden dem Extrakte immer einige Wassertropfen zugefügt um durch Kondensation von Wasser in der Gefrierröhre oder durch im Gewürze vorhandene Wasserspuren verursachte Fehler zu vermeiden; denn Wasser löst sich, freilich in geringem Masse, in Aethylenbromid und kann dessen Gefrierpunkt also erniedrigen.

In allen Hauptsachen habe ich bei meinen eigenen Untersuchungen der eben kurz angedeuteten Beckmann'schen Methode gefolgt. Weil aber aus dem oben erwähnten Aufsatze Beckmann's nicht zu schliessen ist, wie gross die erzielte Genauigkeit war, — was Beckmann offenbar auch nicht weiter untersucht hat — so habe ich mir an erster Stelle als Ziel gestellt, dieses durch eigene Untersuchung zu ermitteln um, wenn es sich ergeben würde, dass die Empfindlichkeit der Methode nicht genügend wäre, zu versuchen, dieselbe zu erhöhen.

Es zeigte sich nun auch wirklich, dass beim Folgen der oben beschriebenen Methode, verhältnismässig grosse Beobachtungsfehler nicht zu vermeiden sind. Nach einer sehr zeitraubenden Untersuchung und nach vielen vergeblichen Bemühungen gelang es mir aber, die hauptsächlichste Ursache zu finden und durch einige Abänderungen sowohl

[1]) Eine Abbildung wird man finden in: Ostwald—Luther. Physikochemische Messungen, 3. Auflage, 1910, pag. 269.

des Apparates wie der Arbeitsmethode, die Beobachtungsfehler erheblich herabzusetzen. Die Abänderungen sind:

1. erhebliche Verkürzung der zur Dampfdestillation erforderlichen Zeit, und

2. die dreifache Wiederholung aller Ölbestimmungen, so dass der Ölgehalt als der Mittelwert von 3 gegenseitig unabhängigen Einzelbestimmungen berechnet werden kann.

Auf die Einzelheiten kann ich hier jetzt nicht eingehen, sondern im Folgenden werde ich hierauf zurückkommen.

§ 4. *Bestimmung der spezifischen Depression. Behandlung des Gefrierapparates.*

Wir haben im Obigen schon gesehen, dass die spezifische Depression — die Gefrierpunktserniedrigung infolge der Lösung von 1 g, ätherischen Öls in 100 g. Lösungsmittel — zu den Faktoren gehört, welche nötig sind zur Berechnung des Ölgehalts des zu untersuchenden Gewürzes. Es wird diese spezifische Depression leicht gefunden in der Weise wie Beckmann es für verschiedene ätherischen Öle getan hat; wenn man nämlich S g. ätherisches Öl in 100 g. Lösungsmittel löst und die Gefrierpunktserniedrigung Δ dieser Lösung bestimmt, so ist die spezifische Depression des betreffenden Öls $= C = \frac{\Delta}{S}$. Weil Beckmann aber das ätherische Öl in nur 30 g. Lösungsmittel löst, so muss selbstredend dieser Wert mit 0.3 multipliziert werden, so dass dann C berechnet wird aus: $\frac{0.3\,\Delta}{S}$.

Für von der Firma Schimmel & Co. bezogenes Kümmelöl, und Aethylenbromid als Lösungsmittel, fand Beckmann die folgenden Werte: [1])

[1]) Beckmann, l. c. pag. 221.

Kümmelöl, in 30 g. feuchtem Aethylenbromid gelöst.	Gefrierpunktserniedrigung = Δ.	Spezifische Depression = C.
0.5016 g.	1.380°	0.825
0.7982 „	2.110°	0.793
1.2182 „	3.120°	0.768
0.4860 „	1.264°	0.780
0.7220 „	1.864°	0.775
1.4334 „	3.640°	0.762
		Mittelwert 0.784

Zum Vergleiche gebe ich hier auch die von Beckmann gefundenen Werte der spezifischen Depression einiger andern ätherischer Öle:

	Spezifische Depression.
Anisöl	0.778
Korianderöl	0.729
Dillöl	0.776
Fenchelöl	0.783
Macisöl	0.774
Nelkenöl	0.676
Pfefferöl	0.553
Pfefferminzöl	0.711
Cassiaöl	0.799
Zimtöl	0.832

Jene Beckmann'sche, das Kümmelöl betreffende, Bestimmung habe ich, bevor ich mit der eigentlichen Prüfung der Destillationsmethode einen Anfang machte, kontrolliert, dabei Kümmelöl benutzend, das von E. Merck *in Darmstadt* in den Handel gebracht war unter dem Namen: *Oleum carvi e semin. hollandicis.*

Es lag auf der Hand, auch in der Wahl des Lösungsmittels, des Aethylenbromids, Beckmann zu folgen, der

mit anderen Stoffen weniger gute Ergebnisse erzielt hatte. Der Vorteil des Aethylenbromids liegt sowohl in seiner Eigenschaft leicht ohne Zersetzung aufbewahrt werden zu können, wie in seiner grossen molekularen Depression, nämlich $k = 118$. Überdies liegt sein Gefrierpunkt bei $+8°$ C., einer mittels Kältemischungen leicht zu erhaltenden Temperatur. Indem dieser Gefrierpunkt meistens unterhalb dem Taupunkte der Atmosphäre liegt, besteht die Gefahr vor Kondensation von Wasserdampf in der Gefrierröhre, was eine Gefrierpunktserniedrigung des Aethylenbromids zur Folge haben würde. Und weil auch das eventuell in den zu extrahierenden Stoffen anwesende Wasser von neuem eine Gefrierpunktserniedrigung verursachen würde, so empfiehlt Beckmann, die Gefrierpunktsbestimmungen erst nach Zufügung einiger Wassertropfen auszuführen. Das Aethylenbromid wird also mit Wasser gesättigt, sodass das letztere weiter keinen Einfluss auf den Gefrierpunkt ausüben kann.

All meine Gefrierpunktsbestimmungen wurden ausgeführt mit dem *Beckmann-apparate*, dessen Unterteile alle im Kataloge von Hugershoff — *Leipzig, Liste I, Allgemeine chemische Apparate, 1910*, zu finden sind.

Der Apparat besteht aus einer gläsernen Gefrierröhre, welche, von einem gläsernen Luftmantel umgeben, in ein zylindrisches Batterieglas, in dem sich eine Kältemischung befindet, gehängt wird. Die Lösung, deren Gefrierpunkt bestimmt werden soll, befindet sich in der Gefrierröhre, die eine Seitenröhre trägt. Der die Gefrierröhre schliessende Kork hat zwei Durchbohrungen, deren die zentrale einen Beckmannthermometer soweit durchtreten lässt, dass die Quecksilberkugel wenigstens völlig in der zu untersuchenden Lösung untergetaucht ist. Die zweite Durchbohrung lässt einen Glasstab durch, in dessen Unterende ein starker Platindraht eingeschmolzen ist, der zum Rühren der gefrierenden Lösung dient; der Platindraht ist zu diesem

Zwecke an seinem Unterende zu einem horizontalen Ringe umgebogen, der das Thermometer umgibt, aber beim Rühren nicht an der Thermometerkugel schleifen darf. Durch ständiges auf und nieder bewegen des Drahtes wird die Lösung in der Gefrierröhre, während der Gefrierung, durchgerührt.

Auch die Kältemischung im Batterieglas kann mittels eines Nickeldrahtes gerührt werden, während deren Temperatur mit einem, im Batterieglas hangenden, Thermometer kontrolliert wird.

Das von mir zur Bestimmung der Gefrierpunkte benutzte, empfindliche Thermometer war ein in $\frac{1}{100}°$ C. geteiltes Beckmannthermometer mit einem Ueberlaufquecksilberreservoir [1]). Diese Einrichtung macht es möglich, ein und dasselbe Thermometer sowohl bei sehr hohen wie bei sehr niedrigen Temperaturen benutzen zu können, obwohl der Skalenbereich nur etwa 6° umfasst. Wenn man das Thermometer bei hohen Temperaturen, z. B. + 210°, benutzen will, so erwärmt man in einem Bade die Quecksilberkugel bis ungefähr + 214°. Das überschüssige Quecksilber sammelt sich dann oben im Ueberlaufreservoir, wo es als ein Säulchen am kapillaren Faden hangen bleibt. Durch sanftes Anklopfen an das Thermometer kann man dann das Säulchen vom kapillaren Faden trennen. Wenn man nun das Thermometer bei der gewünschten Temperatur, in casu + 210°, benutzt, so befindet sich der Meniskus ungefähr in der Mitte der Skalenteilung.

Wenn man dagegen niedrige Temperaturen ablesen will, so bringt man durch Umkehren und Anklopfen des Thermometers das Reservoirquecksilber in das obere Ende des Reservoirs, wo man es mit dem kapillaren Quecksilberfaden vereinigt. Darauf kühlt man in einem Bade bis etwa 4° über die gewünschte Temperatur ab. Das

[1]) Vergl. z. B. Ostwald—Luther, l. c. pag. 271.

Quecksilber läuft nun selbstverständlich zurück; sobald nun das Thermometer die Badtemperatur angenommen hat, wird wiederum das überschüssige, am kapillaren Faden hangende, Quecksilber im Ueberlaufreservoir, durch leises Anklopfen, abgetrennt und das Thermometer ist für die gewünschte niedrige Temperatur eingestellt.

Auch mit Rücksicht auf die Einrichtung dieses Thermometers war nun das Aethylenbromid ein sehr geeignetes Lösungsmittel; der Quecksilbermeniskus des Thermometers sollte ja bei ungefähr + 8° C. nahezu in der Mitte der Skalenteilung stehen; wenn sodann, nach Ablauf einer Beobachtungsreihe, das Quecksilber wieder die Zimmertemperatur annahm, so füllte sich zwar das ganze Kapillarrohr und bildete sich im oberen Ende des Ueberlaufreservoirs ein Quecksilbertropfen, sondern dieses blieb bei vorsichtiger Handhabung immer am kapillaren Faden hangen; demzufolge brauchte das Thermometer nicht immer wieder von neuem eingestellt zu werden.

Das Beckmannthermometer hat ein Messbereich von — 20° C. bis + 250° C., führt aber nur ein Skalenbereich von ungefähr 6° mit den Ziffern 1 bis 5, während jeder Grad in $\frac{1}{100}$ geteilt ist. Die Ablesung findet statt mit Hilfe einer Lupe, wodurch sehr leicht in Tausendstelgraden geschätzt werden kann. Man muss hierbei sorgfältig die, durch die Parallaxe verursachten, Ablesefehler (die Skalenteilung befindet sich hinter dem Quecksilberkapillarrohre) vermeiden, was auch nach einiger Uebung leicht gelingt; man muss nämlich darauf achten, bei der Temperaturablesung das Auge genau in derselben Höhe wie der Meniskus zu halten. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn man die beiden Teilstriche der Skale, zwischen denen der Meniskus steht, als gerade Linien sieht. Hält man das Auge nicht in der richtigen Höhe, so erscheinen die mittleren Teile jener Striche als gebogene Linien, infolge der Lichtbrechung in dem zylindrischen Thermometerkapillarrohre.

Während der Ablesung des Thermometers ist es sehr erwünscht, dass die Aufmerksamkeit nicht durch andere Sachen, wie z. B. das notwendige Rühren der gefrierenden Lösung, abgelenkt werde. Ich benutzte deshalb auch ein mechanisches Rührwerk [1]), das besteht aus einer Art von Pendeluhrwerk, mit einem auf und nieder bewegenden seitlichen Hebel versehen. Am Hebel wird ein Schnürchen verbunden, welches, über eine Scheibe laufend, mit dem anderen Ende an dem, in der Gefrierröhre auf und nieder gehenden Rührer befestigt ist. Durch Verschiebung des Anheftungspunktes des Schnürchens über den Hebel, kann man die Hubhöhe der Rührbewegung regulieren. Ebenfalls ist die Rührgeschwindigkeit beliebig einstellbar mittels einer Verschiebung des Pendelgewichtes des Uhrwerks. Durch diese Vorrichtungen ist man im Stande, miteinander zu vergleichende Gefrierpunkte unter genau denselben Verhältnissen zu bestimmen, während man zugleich die Aufmerksamkeit dem Thermometer widmen kann; in dieser Weise werden sowohl fehlerhafte Ablesungen, wie irrtümliche Aufzeichnung der beobachteten Temperaturen leichter vermieden.

Nach dieser umständlichen Auseinandersetzung hinsichtlich die allgemeine Einrichtung der benutzten Apparate, komme ich zu den eigentlichen Gefrierpunktsbestimmungen der Lösungen von verschiedener Konzentration sowie des Lösungsmittels selbst, zu dem Zwecke, auch aus eigenen Beobachtungen die spezifische Depression des Kümmelöls zu ermitteln.

Weil für alle Lösungen immer nur 30 g. Aethylenbromid benutzt wurde, so musste die für grössere Quantitäten angefertigte Gefrierröhre enger gemacht werden; durch Ausziehung der unteren Hälfte in der Gebläseflamme

[1]) Ebenfalls zu beziehen bei Hugershoff. Leipzig. Katalog Liste I, 1910, pag. 182.

wurde der Durchmesser von 3 cm. bis auf 2 cm. herabgesetzt. Infolgedessen wurde die Flüssigkeitssäule des 30 g. Aethylenbromids in der Gefrierröhre genügend hoch, um die Quecksilberkugel des Beckmannthermometers vollständig untertauchen zu können.

Einer Menge von 30 g. Aethylenbromid wurden nun zuerst einige Tropfen destillierten Wassers zugefügt und danach der Gefrierpunkt bestimmt. Dann wurde in der Gefrierröhre eine genau abgewogene Quantität Kümmelöl — von E. Merck in Darmstadt — in Aethylenbromid gelöst, und nun auch von dieser Lösung der Gefrierpunkt abgelesen. Es wurde dieses nun noch fünfmal, mit verschiedenen Kümmelölquantitäten, wiederholt, so dass ich eine Reihe von Beobachtungen erhielt, die mit den von Beckmann mitgeteilten Angaben vergleichbar waren.

Meine Beobachtungen sind die folgenden:

Kümmelöl, in 30 g. feuchtem Aethylenbromid gelöst.	Beobachtete Gefrierpunktserniedrigung = Δ.	Berechnete spezifische Depression = C.
0.4808 g.	1.307°	0.815
0.6435 „	1.652°	0.770
0.9128 „	2.330°	0.766
0.4430 „	1.169°	0.792
0.6488 „	1.734°	0.802
0.7933 „	2.019°	0.766
		Mittelwert: 0.785

Im Obigen haben wir gesehen, dass Beckmann gefunden hat: C = 0.784. Die Uebereinstimmung ist also sehr befriedigend. Bei meinen Ölgehaltsberechnungen habe ich im Weiteren stets den von mir gefundenen Wert 0.785 beibehalten.

Der Wasserzusatz zum Aethylenbromid führte eine erhebliche Gefrierpunktserniedrigung herbei, die aber nicht

sehr schnell ihren Maximalwert erreichte. Der absolute Wert der Gefrierpunktserniedrigung ist selbstverständlich vom ursprünglichen Wassergehalte des Aethylenbromids abhängig. Erst mehr als eine halbe Stunde nach dem Wasserzusatz wurde der Gefrierpunkt konstant. Die folgenden Beispiele kann ich hier anführen:

1. Ich ging von zuvor destilliertem Aethylenbromid aus, das darauf noch 2 Tage im Schwefelsäureexsiccator getrocknet worden war. *Ohne Wasserzusatz* wurde mit einer Quantität von 30 g. der Gefrierpunkt bestimmt und zwar dreimal nacheinander. Das Thermometer zeigte an:

4.093
4.092
4.084

Mittelwert: 4.090

Nun wurden 2 Tropfen destillierten Wassers in die Gefrierröhre getröpfelt und wieder mehrere Male der Gefrierpunkt bestimmt. Das Thermometer gab nun an:

4.049
4.006
3.958
3.928
3.906)
3.897)
3.898) Mittelwert: 3.899
3.894)
3.900)

Es wurden nun noch weiter 4 Wassertropfen hinzugefügt und wieder der Gefrierpunkt bestimmt, der nun aber nahezu konstant blieb. Die folgenden Gefrierpunkte wurden nämlich gefunden:

3.903
3.908
3.897

Es ergibt sich also, dass 2 Wassertropfen auf 30 g. Aethylenbromid ausreichend sind.

2. Ich nahm neues Aethylenbromid wie es von E. Merck—Darmstadt abgeliefert worden war; ohne Wasserzusatz fand ich die folgenden Gefrierpunkte:

3.926
3.930
3.926

Mittelwert: 3.927

Nach Zusatze von 2 Tropfen Wasser zu den 30 g. Aethylenbromid gab das Thermometer die folgenden Gefrierpunkte an:

3.865
3.856
3.852
3.850
3.849
3.846
3.843
3.830
3.823
3.831
3.836

Mittelwert: 3.830

Die Punkte 3.906 im ersten Falle, und 3.830 im zweiten Falle wurden erst ungefähr drei Viertelstunden nach der Wasserzufügung erreicht. Erst dann konnte der Gefrierpunkt, stets vorkommende kleine Schwankungen in der Ablesung nicht mitgerechnet, als konstant betrachtet werden.

Dass schliesslich im 1. und 2. Falle nicht derselbe endgültige Gefrierpunkt erreicht wurde, hat hier weiter keine Bedeutung, weil die beiden Versuche an verschiedenen Tagen ausgeführt worden sind und ich in der Zwischenzeit nicht dafür gesorgt hatte, dass das Thermometer eingestellt bliebe.

Die hier angegebenen Gefrierpunkte weisen selbstredend

auch nicht die Temperatur an, bei der das Aethylenbromid gefriert (ungefähr + 8° C.), sondern sind nur relative Zahlen. Die absoluten Werte der Gefrierpunkte sind hier ganz ohne Bedeutung, weil wir nur mit Gefrierpunkts*erniedrigungen*, also mit *Differenzen* arbeiten.

Es erscheint mir erwünscht, noch einiges über die Ausführung der Gefrierpunktsbestimmungen zu sagen. Obwohl mancher denken könnte, dass ich mich dabei zuviel auf Einzelheiten einlasse, so glaube ich doch, dass derartige Mitteilungen von verschiedenen Manipulationen nicht überflüssig sind, namentlich für diejenigen, die eine ähnliche Untersuchung zu tun wünschen. Aus Erfahrung weiss ich, wie leicht das Vernachlässigen von Kleinigkeiten beim Arbeiten mit einem so empfindlichen Beckmannthermometer zu grossen Fehlern Anlass geben kann; ich möchte deshalb einem Jeden, der sich mit solchen Untersuchungen beschäftigen will, dringend empfehlen, Kenntnis zu nehmen von den verschiedenen Aufsätzen Beckmann's [1]) über diesen Gegenstand im *Zeitschrift für physikalische Chemie*, in denen mehrere nützliche Ratschläge zu finden sind.

An erster Stelle also ist es, ungeachtet aller Sorgfalt, immer notwendig, dass man sich nicht mit einer einzigen Bestimmung des Gefrierpunkts begnügt. Nach der ersten Thermometerablesung nimmt man die Gefrierröhre in der warmen Hand und bringt dadurch das gebildete Eis zum schmelzen, bestimmt sodann von neuem den Gefrierpunkt und so fort bis drei- oder zuweilen fünfmal. Meistens genügen wohl drei Bestimmungen; wenn die Gefrierpunkte aber einen „Gang" zeigen, — d. h. wenn die aufeinander folgenden Gefrierpunkte fortwährend höher, oder fortwährend niedriger werden — so ist es erwünscht, die

[1]) Vor allem: E. Beckmann. Beiträge zur Bestimmung von Molekulargrössen. VII. Zeitschrift für physikalische Chemie. 44. pag. 173. (1903).

Bestimmung noch ein- oder zweimal zu wiederholen. Von den sämtlichen Bestimmungen einer und derselben Lösung wird der Mittelwert berechnet und dieser als der gesuchte Gefrierpunkt betrachtet. Auf diese Weise habe ich die Gefrierpunkte, sowohl bei der eben besprochenen Bestimmung der spezifischen Depression, wie bei allen später zu erwähnenden Ölbestimmungen erhalten.

Alle Gefrierpunkte wurden bei steigendem Thermometergange bestimmt. Es wurde die Lösung zuerst vorsichtig bis *unter ihren Gefrierpunkt*, ohne Erstarrung abgekühlt; dieses gelingt am besten, indem man die Gefrierröhre mit Lösung, Thermometer und Platinrührer, mit dem unteren Ende in die im Batterieglase befindliche Kältemischung taucht. Ueber den Betrag der notwendigen Unterkühlung gehen die Meinungen auseinander; bei meinen Untersuchungen gefiel mir am besten eine Unterkühlung von 0.8°—1°; diese Grenzen wurden bei all meinen Bestimmungen genau innegehalten, denn eine Abänderung hierin würde auch eine Abweichung des abzulesenden Gefrierpunktes zur Folge haben. Dieses lässt sich leicht verstehen, wenn man nur bedenkt, dass, infolge des Ausfrierens des Lösungsmittels, die Konzentration des noch nicht erstarrten Teiles der Lösung erhöht, und also der Gefrierpunkt weiter erniedrigt wird. Wird also die Lösung weiter als den obengenannten Betrag untergekühlt, so wird beim Ausfrieren auch reichlichere Eisbildung stattfinden; bei geringerer Unterkühlung dahingegen wird ein geringeres Quantum des Lösungsmittels erstarren. Bei Beachtung der obengenannten Grenzen aber gefriert immer nahezu dieselbe Quantität des Lösungsmittels und demzufolge findet man einen besser konstanten Gefrierpunkt.

Auch die Temperatur des im Batterieglase befindlichen Kühlbades erfordert einige Sorgfalt; sie wurde immer zwischen + 5° und + 6° C. gehalten. Diese Temperatur wurde durch Lösung von Salmiak in Wasser im Stande

gehalten. Grössere Temperaturabweichungen des Kühlbades üben ebenfalls Einfluss auf den abzulesenden Gefrierpunkt, infolge einer reichlicheren oder geringeren Eisbildung in der, in der Gefrierröhre befindlichen Lösung.

Sobald nun die Lösung, ohne erstarrt zu sein, — was bei den von mir untersuchten Lösungen fast keine Schwierigkeiten bot — gut 0.8° unter ihren Gefrierpunkt abgekühlt war, wurde die Gefrierröhre schleunigst aus dem Kühlbade herausgenommen und schnell abgetrocknet; durch kurzdauerndes und heftiges Rühren mittels des Platinrührers wurde das Erstarren eingeleitet und unmittelbar danach die Gefrierröhre, vom Luftmantel umgeben, in das Kühlbad gesetzt, während der Platinrührer an der Schnur des mechanischen Rührwerkes verbunden und dieses in Tätigkeit gesetzt wurde. Mittels einer an einem Stativ befestigten Lupe wurde der Gang des Quecksilbers des Beckmannthermometers beobachtet.

Bei Beginn des Erstarrens der Lösung steigt der Quecksilberfaden erst schnell, dann langsamer, um schliesslich stehen zu bleiben, auch wenn leicht gegen das Thermometer geklopft wird. Nun wird der Stand des Meniskus abgelesen und sofort aufgezeichnet. Die Ablesung kann mit grosser Genauigkeit geschehen, weil wir hier einen Umkehrpunkt beobachten, denn nach kurzer Zeit beginnt der Quecksilberfaden zu sinken, infolge zunehmender Eisbildung in der Lösung.

Wenn all die genannten Vorsichtsmassregeln stets beachtet, und also bei allen Bestimmungen die Verhältnisse möglichst gleich gehalten werden, ist es nicht schwer, in den aufeinanderfolgenden Ablesungen des Gefrierpunktes einer und derselben Lösung eine Uebereinstimmung bis auf einige tausendstel Grade zu erzielen. Durch die Berechnung des Mittelwertes der gefundenen Zahlen, erhält man den Gefrierpunkt mit befriedigender Genauigkeit.

Das Ausfrieren der Lösung, nach der Unterkühlung,

kommt bei vielen Stoffen, namentlich bei wässrigen Lösungen, schwerlich zu Stande. Um das Erstarren einzuleiten muss man diesenfalls oft seine Zuflucht nehmen zum Impfen der Lösung mittels eines kleinen Eissplitterchens. Bei den Lösungen von Kümmelöl in Aethylenbromid ging das Ausfrieren aber immer sehr leicht von statten, ohne Impfung; heftiges Rühren genügte stets um die Erstarrung einzuleiten. Wohl aber musste immer darauf acht gegeben werden, ob die Eisbildung einen normalen Verlauf nahm. Denn zuweilen fand die Kristallbildung nicht überall gleichmässig durch die ganze Flüssigkeit statt, sondern setzten sich nur an der Wand der Gefrierröhre lange Kristallnadeln fest, die schnell wuchsen und bald einen Eismantel an der Wand bildeten. Weil eine derartige, unvollständige Eisbildung immer einen erheblich abweichenden Gefrierpunkt liefert, wurde im solchen Falle die Gefrierung unterbrochen, das Eis wieder völlig, durch die Handwärme, aufgetaut und die Bestimmung wiederholt.

Auch ereignete es sich zuweilen, dass die Lösung schon während der Unterkühlung auszufrieren begann, meistens in der eben beschriebenen Weise, mit Eisnadelbildung gegen die Glaswand. Bald war dieses die Folge eines zufälligerweise gegen die Gefrierröhre gegebenen Stosses, bald aber unerklärlich. Es musste dann selbstverständlich die Abkühlung unterbrochen und das Eis wieder aufgetaut werden. Durch vorsichtiges Abkühlen konnte dann meistens einem vorzeitigen Gefrieren vorgebeugt werden. Einige Male aber gelang dieses auch bei den besten Vorsichtsmassregeln nicht und da habe ich meine Zuflucht genommen zu einer neuen gründlichen Reinigung der Gefrierröhre, des Platinrührers und der Quecksilberkugel des Thermometers. Weil dann das Unterkühlen einen normalen Verlauf hatte, so glaube ich, dass kleine Unreinheiten, wie Faserchen oder Stäubchen, zu der Störung Anlass gegeben haben.

V. KAPITEL.

Die Dampfdestillation.

§ 1. *Verbesserung der Methode.*

Wir haben im Vorhergehenden schon gesehen, wie Beckmann das feingemahlene, in einer Filtrierpatrone in der Destillationsröhre befindliche Gewürz mittels überhitzten Dampfes von dem ätherischen Öle befreite; aber auch, dass aus seinen Angaben nicht zu entnehmen ist, wie gross die hierbei erzielte Genauigkeit war.

Weil ich aber von vornherein fast mit Sicherheit annehmen konnte, dass ich bei der Untersuchung verschiedener Kümmelposten mit verhältnismässig kleinen Gehaltsunterschieden zu schaffen haben würde, so war es an erster Stelle notwendig, die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse dieser Ölbestimmungsmethode zu prüfen. Wenn es sich dann zeigen würde, dass die Beobachtungsfehler zu gross wären, so müsste entweder diese Methode verfeinert, oder eine neue Methode gesucht werden.

Es war nun also meine erste Aufgabe, mir eine Reihe von Gefrierpunktsbestimmungen von Extrakten aus einer genügenden Anzahl Portionen eines bestimmten Kümmelpostens zusammenzustellen. Die Uebereinstimmung der Gefrierpunkte all dieser Extrakte würde sodann ein Bild der Empfindlichkeit dieser Methode geben.

Das Kümmelmaterial, dass hierzu benutzt werden sollte, musste natürlich vorher sehr vollständig gemischt werden;

erst dannach durften mit äusserster Sorgfalt daraus Muster von 5 g. genommen werden. Es wurde zu diesem Zwecke etwa 1 kg., durch Wannen und Sieben gut gereinigte Kümmelfrüchte auf einem Tische ausgebreitet, mittels eines dünnen Brettchens oder einer Glasplatte öfters umgeschaufelt und durcheinandergemischt und schliesslich zu einem länglichen Haufen angesammelt. Dann wurde dieser Haufen halbiert, indem die Glasplatte in vertikaler Stellung quer durch denselben geschoben wurde. Die eine Hälfte des Kümmelhaufens wurde nun beiseite geschoben, die andere Hälfte aber zuerst wiederum gut gemischt — wie vorher die ganze Quantität — und darauf wieder in derselben Weise halbiert. Dieses wurde so lange fortgesetzt, bis dass nach dem Halbieren nur eine Portion von gut 5 g. übrig blieb.

Dieses umständliche Verfahren hatte zum Zwecke, der Entmischung des Materials vorzubeugen, welche sehr leicht stattfindet, indem die kleinsten Früchtchen nach unten sinken. Wenn man, wie ich häufig gesehen habe, mit einem Löffelchen an verschiedenen Stellen kleine Mengen der Samen aus einer ausgebreiteten Partie nimmt und dieselben dann zum zu untersuchenden Muster zusammenfügt, so besteht grosse Gefahr, dass dieses Muster kein richtiges Bild der ganzen Partie gibt. Die von mir gefolgte Methode muss, meiner Meinung nach, deshalb unbedingt den Vorzug haben, weil dieselbe eine mehr mechanische ist und also eine unbewusste Auswahl, Willkür oder Gewandtheit keinen Einfluss ausüben. Die letztgenannten drei Faktoren können sowohl zu einer zu grossen Uebereinstimmung der verschiedenen Muster, zusammengehend mit einem konstanten Fehler (scheinbare Genauigkeit), wie zu grossen gegenseitigen Abweichungen Anlass geben.

Die Kümmelprobe von gut 5 g. wurde nun feingemahlen, damit die Ölbehälter soviel wie möglich geöffnet würden. Bei der Destillation kann der Dampf dann überall hineindringen und zudem findet nachher die Extraktion mittels

Aethylenbromid leichter und vollständiger statt. Zum Mahlen wurde stets eine kleine Mühle benutzt, ein Amerikanisches Fabrikat: Enterprise M. F. 'G. Co., Phila. U. S. A. No. 0. Dieses Werkzeug besitzt den Vorzug, dass es sehr bequem auseinander genommen werden kann zur Reinigung und dass das Mahlwerk beim Gebrauch immer gleich scharf bleibt, weil es sich selbst schleift. Die Kümmelfrüchte wurden erst grob gemahlen und danach fein; das grobe Vormahlen ist notwendig, um dem Quetschen und Festkleben des Materials zwischen den Zähnen der Mahlscheibe und einer zu grossen Erhitzung des Pulvers vorzubeugen.

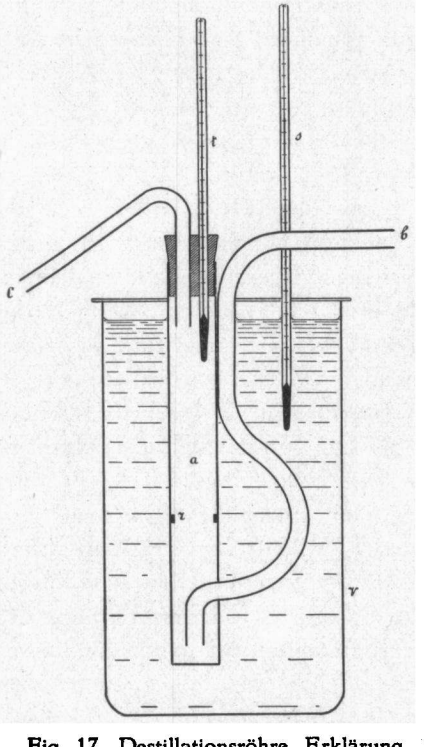


Fig. 17. Destillationsröhre. Erklärung im Texte.

Sofort nach dem Mahlen wurde möglichst rasch genau 5 g. des Pulvers abgewogen und in eine Filtrierpatrone geschüttet, die oben mit einem losen Wattebausch geschlossen wurde.

Anstatt einer zylindrischen gläsernen Röhre, in der beim Beckmann'schen Apparate die Filtrierpatrone hing, benutzte ich als Destillationsröhre einen Messingzylinder, welcher auf dieselbe Weise eingerichtet war *(Fig. 17)*. Die Länge des Zylinders *a* ist 21.5 cm., der Durchmesser 2.3 cm.; der

Durchmesser des zur Dampfzufuhr dienenden Seitenrohrs *b* 9 mm. Das Seitenrohr endet etwa 1 cm. über der Mitte des Zylinderbodens.

In einer Höhe von 7.5 cm. über dem Boden, bei *r*, ist in *a* ein aus zwei Kupferstäbchen bestehendes Kreuz horizontal befestigt, auf dem die Filtrierpatrone ruht, damit sie nicht zu weit nach unten sinke. Die Destillationsröhre *a* ist oben mit einem Korke abgeschlossen durch den die zum Kühler leitende Abführungsröhre *c* und das Thermometer *t* treten.

Der ganze Apparat hängt in einem mit flüssigem Paraffin (Paraffinum liquidum) gefüllten zylindrischen Gefässe, das durch einen Zinkdeckel geschlossen wird. Das Thermometer *s* dient zur Kontrolle der Temperatur des Paraffins, die auf 140° C. gehalten wird.

Die Filtrierpatrone mit Kümmelpulver wurde nun in den Zylinder *a* gebracht, dieser sofort geschlossen und dann der Dampf durch die Röhre *b* zugelassen. Bei Beginn der Destillation kondensierte ein Teil des Dampfes im noch kalten Kümmelpulver; bald aber hatte dieses eine so hohe Temperatur erreicht, dass all das Wasser wieder verdampfte und das Pulver trocken wurde. Der Dampf hatte nach dem Passieren der Filtrierpatrone in kurzer Zeit eine Temperatur von 125°—130°.

Im Kühler war die Ausscheidung des ätherischen Öls sehr deutlich sichtbar. Es kondensiert im Kühler eher als der Dampf und ist auch weiter fortwährend sichtbar als kleine, ölartige, auf dem Wasser schwimmende Tropfen. Der Geruch des Destillats ist ziemlich unangenehm, namentlich im Anfange der Destillation; der Geschmack ist brennend.

Nach ungefähr 40 bis 50 Minuten Destillieren zeigten sich keine Öltropfen mehr im Kühler und war das Destillat nahezu geruchlos und völlig geschmacklos. In der Kühlerröhre aber befand sich gegen die Glaswand ein grauer Anflug, von dem dann und wann auch etwas mit dem

Destillationswasser mitgeführt und im Destillat aufgefangen wurde. Es sah dieser Stoff ganz anders aus als die ätherischen Öltropfen im Kühler.

Weil das Pulver nach beendeter Destillation völlig trocken war, so dass es gleichwie trockener Sand aus der Filtrierpatrone geschüttet werden konnte, wurde es sofort in ein Erlenmeyerkölbchen von 50 cc. Inhalt geschüttet und 30 g. Aethylenbromid hinzugefügt. Das Pulver blieb auf der schweren Flüssigkeit treiben; es wurde das Kölbchen deshalb dann und wann geschüttelt oder mit einem dünnen Glasstäbchen umgerührt.

Von diesem selben Kümmelmateriale wurden in gleicher Weise zwölf Portionen von 5 g. behandelt und alle auch gleich lange mit Aethylenbromid extrahiert; alle Kölbchen blieben 3 Tage bei gewöhnlicher Zimmertemperatur stehen. Zur Extraktion genügt dieses vollständig. Beckmann extrahierte sogar nur während eines Tages, und er behauptet dass 8 bis 10 Stunden schon genügen.

Nach einer dreitägigen Extraktion also wurde der Inhalt eines jeden Kölbchens durch einen Wattebausch, mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe, filtriert, wobei zudem das Pulver kräftig ausgepresst wurde, um möglichst wenig Aethylenbromid zu verlieren. Das Filtrat war trübe, und gelb gefärbt; nach Hinzufügung von 3 Tropfen destillierten Wassers wurde es noch während einer Nacht stehen gelassen. Darauf wurden die Gefrierpunkte bestimmt.

Vor der Gefrierpunktsbestimmung filtrierte ich die Lösung nochmals, und zwar jetzt durch Filtrierpapier. Ich setzte den Trichter mit dem Filter auf die Gefrierröhre und liess die Wasserstrahlluftpumpe an dem seitlichen Stutzen saugen. Das Filtrat war sodann vollständig klar und schön gelb gefärbt [1]).

[1]) Unbedingt notwendig ist dieses Filtrieren nicht; es gab aber den Vorteil, dass sowohl das Unterkühlen wie das Erstarrenlassen viel weniger Schwierigkeiten bot, sodass schliesslich die Bestimmung der Gefrierpunkte weniger Zeit in Anspruch nahm.

Die 12 Extrakte gaben nun die folgenden Gefrierpunkte (jeder Gefrierpunkt ist berechnet als der Mittelwert einiger Beobachtungen, wie ich oben schon mitgeteilt habe):

Extrakt.	Gefrierpunkt [1]).	Abweichung vom Mittelwert in 0.001°.	Quadrat der Abweichung.
No. 1	3.623	— 28	784
2	.636	— 15	225
3	.696	+ 45	2025
4	.644	— 7	49
5	.639	— 12	144
6	.647	— 4	16
7	.656	+ 5	25
8	.669	+ 18	324
9	.636	— 15	225
10	.649	— 2	4
11	.658	+ 7	49
12	.657	+ 6	36
	Mittelwert 3.651		Summe = 3906

Zur Ermittelung des *mittleren Fehlers* der einzelnen Gefrierpunktsbestimmung gebe ich in obenstehender Tabelle zudem die Abweichungen der beobachteten Gefrierpunkte von dem Mittelwert [2]) der zwölf Beobachtungen, und daneben die Berechnung der Quadratensumme dieser

[1]) Die Zahlen in dieser Spalte stellen selbstredend nur relative Grössen vor, sowie sie auf der Thermometerskale abgelesen wurden. Hinsichtlich des absoluten Werte des Gefrierpunktes des Extraktes können wir hieraus nichts schliessen, weil das Thermometer nicht vorher mit einem Normalthermometer verglichen war. Es ist aber für unsern Zweck auch ganz ohne Bedeutung.

[2]) Dadurch dass dieser Mittelwert bei der Berechnung abgerundet worden ist, entspricht die Spalte der Abweichungen nicht völlig der Anforderung, dass die Summe der Abweichungen gleich 0 sein muss. Dieser geringe Unterschied hat aber keinen Einfluss auf das Resultat.

Abweichungen. Weil der gesuchte mittlere Fehler = $\pm\sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n-1}}$ ist, wenn d die Abweichung eines Gefrierpunktes vom Mittelwerte, Σd^2 die Summe der Quadrate aller Abweichungen und n die Anzahl der Beobachtungen andeutet, so finden wir hier:

der mittlere Fehler einer Gefrierpunktsbestimmung = $\pm\sqrt{\frac{3906}{11}} = \pm\sqrt{355} = \pm 18.8$, oder, weil dieser Wert in tausendstel Graden ausgedrückt ist:

der *mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung* = $\pm 0.019°$ [1]).

Weil die gegenseitige Abweichungen der Gefrierpunkte bei den Extrakten des *ausdestillierten* Kümmels viel grösser waren, als bei den Extrakten des frischen, *nicht ausdestillierten* Materials, das übrigens in derselben Weise extrahiert war, so musste die Ursache hiervon offenbar in der Destillation zu suchen sein. Die Frage drängte sich mir auf: gibt es vielleicht in dem Destillat Anweisungen, die auf Unregelmässigkeiten in der Destillationsweise hindeuten? Wenn nämlich die Dampfdestillation in richtiger Weise ausgeführt würde, so dürfte man doch erwarten, dass das aufgefangene Kümmelöl nahezu dem Produkte entspräche, das bei der fabrikmässigen Herstellung des Kümmelöls erhalten wird. Das Verhältnis vom Carvon zum Limonen im Destillate dürfte sodann nicht zuviel abweichen von jenem, welches, wie wir im Obigen schon gesehen haben, aus der Literatur bekannt ist. Nach den

[1]) Der *mittlere Fehler* („standard deviation") soll sorgfältig unterschieden werden von den Begriffen: wahrscheinlicher Fehler und durchschnittlicher Fehler. Diese Begriffe werden häufig miteinander verwechselt. Klare Darlegungen dieser Sachen sind zu finden in:

Ostwald—Luther. l. c.

Kohlrausch. Lehrbuch der praktischen Physik.

Johannsen. Elemente der exacten Erblichkeitslehre.

Angaben verschiedener Autoren schwankt der Carvongehalt des Kümmelöls zwischen 45 und 65 %.

Viele Wege um das Destillat zu prüfen standen hier selbstverständlich nicht offen. Auch war ich in den Mitteln sehr beschränkt durch die geringe Quantität des benutzten Materials. Aus einer Kümmelprobe von 5 g. können nur einige Tropfen Kümmelöl erhalten werden, jedenfalls nicht ausreichend für eine Bestimmung des spezifischen Gewichtes, aus welchem gewöhnlich der Carvongehalt ermittelt wird. Der richtige Weg war hier wohl die Bestimmung des *Lichtbrechungsverhältnisses* des aufgefangenen Kümmelöls und nachherige Vergleichung mit Kümmelöl von bekannter Zusammensetzung.

Es ist dieses leicht zu machen mit Hilfe des *Universal-Refractometers* von Abbe, denn bei diesem Apparate sind nur ein paar Tropfen Flüssigkeit erforderlich um den Brechungsindex bis auf die 4. Dezimale bestimmen zu können.

Es war nun selbstredend notwendig, die Brechungskoeffizienten von Carvon-Limonen-Gemischen in verschie-

Carvon in mg.	Carvon + Limonen in mg.	Carvongehalt des Gemisches.	Brechungskoeffizient $n_{D20°}$ des Gemisches.
—	Reines Carvon	100 %	1.4976
907 mg.	1019 mg.	89.0	1.4948
801	1002	79.9	1.4922
701	1006	69.7	1.4897
600	1000	60.0	1.4872
517	1006	51.4	1.4851
409	1001	40.9	1.4823
305	1003	30.4	1.4799
212	1007	21.1	1.4776
100	1015	9.9	1.4751
—	Reines Limonen	0.0	1.4730

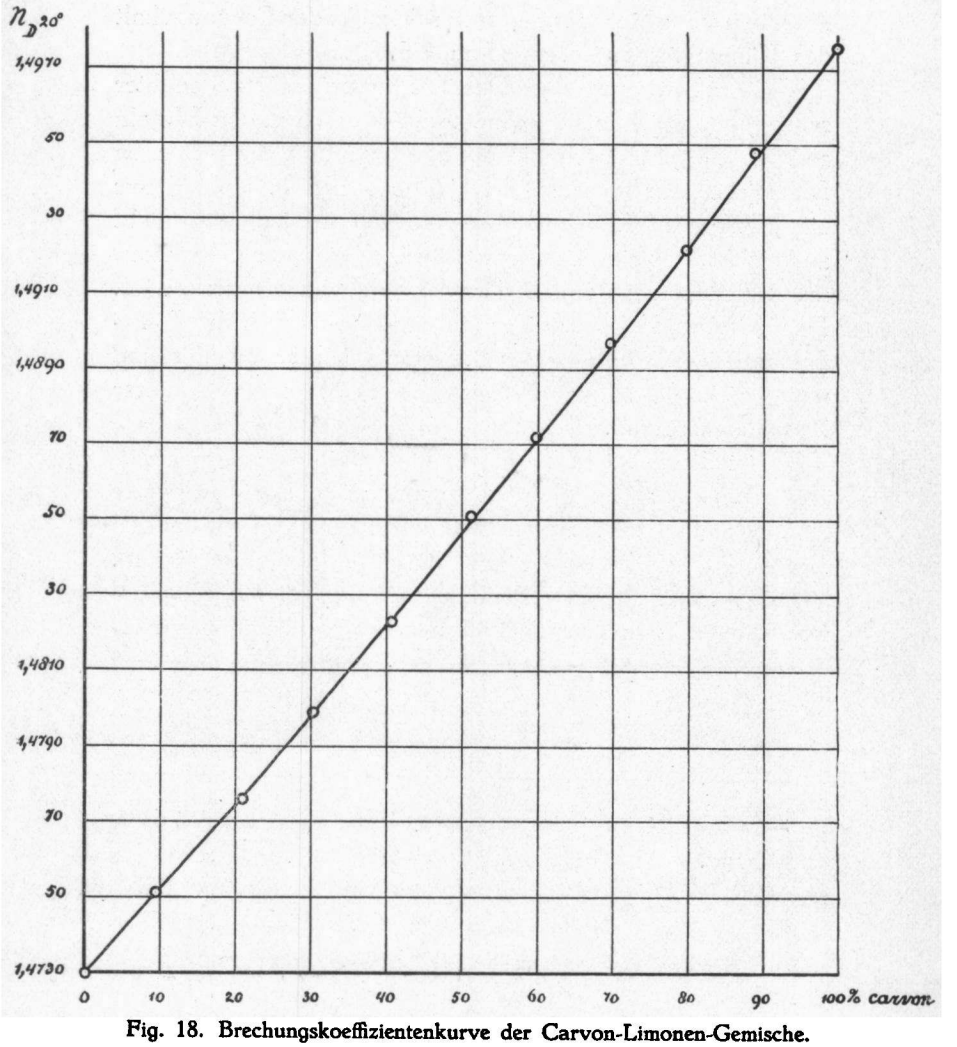


Fig. 18. Brechungskoeffizientenkurve der Carvon-Limonen-Gemische.

denen Mischverhältnissen kennen zu lernen. In umstehender Tabelle gebe ich hiervon eine Uebersicht. Das Carvon und Limonen waren bezogen bei der Firma Schimmel

& Co. in Leipzig. Alle Bestimmungen gelten bei der Temperatur von 20° C. (Die Prismen des Refractometers wurden auf dieser Temperatur erhalten mittels durch dieselben hindurch fliesenden Wassers, das durch einen kleinen Heinrici-Heissluftmotor aus einem Thermostaten zugeführt wurde).

In der nebenstehenden *Fig. 18* findet man diese Ergebnisse übersichtlicher in einer Kurve wiedergegeben.

Auch mit Carvon und Limonen von Kahlbaum in Berlin, habe ich diese Bestimmungen wiederholt, mit nahezu denselben Ergebnissen. Das Carvon dieser Bezugsquelle hatte einen Brechungskoeffizient $n_{D^{20°}} = 1.4978$; das Limonen: $n_{D^{20°}} = 1.4728$. Die Differenz in Bezug auf das Material von Schimmel ist also unbedeutend und wird überdies zum Teil der Ungenauigkeit der Beobachtungen zuzuschreiben sein, denn die Refractometer-Ablesung ist nur bis auf 2 Einheiten der 4. Dezimale genau. Übrigens wich die Kurve des Kahlbaum'schen Materials fast gar nicht von der hier abgebildeten ab. Im Folgenden habe ich nur die mit dem Schimmel'schen Materiale erhaltenen Ergebnisse benutzt.

Wenn nun der Brechungskoeffizient eines aufgefangenen Kümmelöls bestimmt worden war, so wurde aus jener Kurve der entsprechende Carvongehalt abgelesen.

Zum Vergleich mit dem Kümmelöle des Handels teile ich hier mit, dass Kümmelöl, als „oleum carvi, e semin. hollandicis" von Merck in Darmstadt bezogen, einen Brechungskoeffizient besass von $n_{D^{20°}} = 1.4866$; nach unserer Kurve enthielt es also 57.5 % Carvon.

Von einem Posten gut gereinigter Kümmelfrüchte wurden nun, nach der oben beschriebenen Methode, mehrere Portionen von 5 g. unter möglichst gleichen Verhältnissen ausdestilliert, indem das Destillat aufgefangen wurde in einen Glaszylinder von 18 mm. Durchmesser und 20 cm. Höhe, der mit Wasser gefüllt war und eine enge Seiten-

röhre trug, nach dem Prinzip der Florentiner Flasche *(Fig. 19)*. Das Destillationswasser konnte also aus der Seitenröhre *a* abfliessen, während das Kümmelöl *b* sich auf dem Wasser *w* ansammelte.

Das ätherische Öl wurde mittels einer Pipette aufgehoben und in das Refractometer gebracht.

Von mehreren dieser Destillationen werde ich hier einige besprechen. Die Temperatur des Paraffinbades war in all diesen Fällen 140° C. Die Dauer der Destillation aber war verschieden; meistens wurde sie mehr als eine Stunde fortgesetzt, bis gar kein ätherisches Öl mehr im Destillate nachzuweisen war; in anderen Fällen aber wurde die Destillation nach einer halben Stunde eingestellt, obwohl ich alsdann nicht völlig davon überzeugt war, dass kein ätherisches Öl mehr herüberging. (Vergl. die nebenstehende Tabelle.)

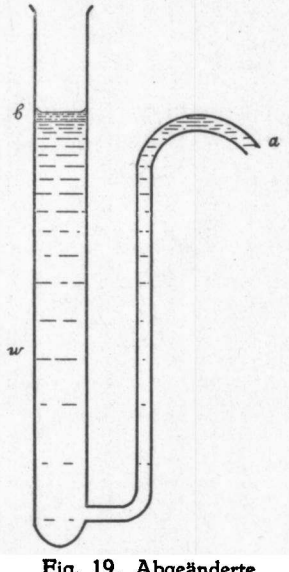


Fig. 19. Abgeänderte Florentiner Flasche.

Der Carvongehalt des Kümmelöls zeigte sich hier also viel niedriger als bei einer richtigen Destillation zu erwarten war. Der höchste hier gefundene Gehalt war nur 27.5 %; es war also mehr als wahrscheinlich, dass dieser Methode ein Fehler anhaftete. Auch die gegenseitige Abweichungen der gefundenen Refractionen waren viel zu gross.

Es wäre nun auch möglich, dass das Kümmelöl auf diese Weise überhaupt nicht ohne Zersetzung destilliert werden könnte. Jedenfalls musste dieses untersucht werden. Um den Einfluss des überhitzten Dampfes auszuschliessen, wurde nun ein Carvon-Limonen-Gemisch, mit einem

Herkunft des Kümmels.	Dauer der Destillation.	Brechungskoeffizient $n_{D20°}$ des aufgefangenen Kümmelöls.	Carvongehalt des aufgefangenen Kümmelöls.
Versuchsfeld in Wageningen, 1910	1 Stunde	1.4783	22.5 %—25.0 %
	1 „	86	
	2 Stunden	83	
	50 Minuten	80	
	30 „	83	
Dinteloord, 1910	75 „	67	17.0 %—27.5 %
	75 „	78	
	75 „	67	
	75 „	92	
	30 „	76	
	30 „	68	
	30 „	74	
De Streek, 1910	75 „	51	7.5 %—18.0 %
	75 „	52	
	75 „	46	
	30 „	65	
	30 „	65	
	30 „	70	
Haarlemmermeer, 1910	75 „	67	10.0 %—22.0 %
	75 „	52	
	30 „	79	
	30 „	66	
	30 „	67	

Brechungskoeffiziente 1.4796, vorsichtig in einem Kohlendioxydstrome überdestilliert aus einem Kölbchen, das in einem Bade von 130° stand. Nach Beendigung der Destillation hatte das Destillat den Brechungskoeffizient 1.4789. Das Kölbchen war nach der Destillation nicht trocken, sondern zeigte einen Anflug gegen die Wand.

Eine zweite Quantität von 2 g. des ebengenannten Gemisches wurde nun in derselben Weise, aber mit überhitztem Dampfe, destilliert. Diese Quantität war in 15 Minuten abdestilliert, während nun die Refraction nur bis 1.4793 sank. Eine Wiederholung mit einem Gemische von $n_{D^{20°}} = 1.4883$ gab eine noch geringere Erniedrigung, nämlich 1.4882 [1]).

Es zeigte sich also, dass eine Dampfdestillation unter diesen Verhältnissen möglich war, ohne nennenswerte Veränderung in der Zusammensetzung des ätherischen Öls.

Wenn ich nun aber eine kleine Quantität Kümmelöl, in einem Wattebausch, in die Filtrierpatrone meines Destillationsapparates brachte, und darauf mit überhitztem Dampfe abdestillierte, so erniedrigte sich die Refraction wieder erheblich; in 3 Fällen z. B.:

1.: von 1.4798 bis auf 1.4768.
2.: „ 1.4885 „ „ 1.4857.
3.: „ 1.4929 „ „ 1.4904.

(Der Dampf wurde überhitzt mittels des Dampfüberhitzers nach Möhlau; das Paraffinbad hatte eine Temperatur von 140°; nach 20 Minuten destillierte kein ätherisches Öl mehr über.)

Die Einrichtung des Destillationsapparates war also offenbar die Ursache der Abweichungen.

Eine Besserung war zu finden in der Richting einer *schnelleren Destillation*, wie sich ergab aus einigen Versuchen, wobei Carvon-Limonen-Gemische aus einem Kölbchen destilliert wurden. Wenn eine kleine Menge in kurzer Zeit überdestillierte, veränderte sich der Brechungskoeffizient nicht; bei einer grösseren Menge, die längere Zeit erforderte, erniedrigte sich die Refraction.

Ich beschloss deshalb, den Destillationsapparat in der

[1]) Es wurden diese letzten Destillationsversuche vorgeschlagen und ausgeführt von Herrn J. H. Aberson in Wageningen, dem ich dafür auch an dieser Stelle meinen besten Dank sage.

Weise abzuändern, dass der Dampf möglichst vollständig mit dem ätherischen Öl in Berührung kommen könnte.

Anstatt der bisjetzt benutzten Filtrierpatrone wurde ein *gerade in der Destillationsröhre passendes* Kupferzylinderchen angefertigt, mit einem Boden aus sehr feiner, selbst die kleinsten Teilchen des gemahlenen Kümmelpulvers nicht durchlassender, Kupfergaze. Das Zylinderchen konnte oben ebenfalls mit einem Deckelchen aus derselben Kupfergaze geschlossen werden.

Die Höhe des Zylinderchens war 7 cm., der Durchmesser 22 mm. Der mit einem Henkel versehene Deckel konnte, mittels einer Bajonettschliessung, bequem aufgesetzt und entfernt werden. Auf den Gazeboden wurde zur grösseren Sicherheit noch ein Stückchen äusserst feines Nesseltuch gelegt; die Gefahr vor dem Hindurchfallen der feinsten Pulverteilchen wurde dadurch noch erheblich verringert.

Weil das Zylinderchen gerade in der Destillationsröhre passte, und überdies noch mit dem Rande seines Bodens auf einem horizontalen, in der Destillationsröhre befestigten, Ringe ruhte, hatte der zugeführte Dampf nur einen einzigen Ausweg, nämlich durch das Zylinderchen hindurch.

Diese Abänderung zeigte sich sofort als eine grosse Verbesserung; denn die Refractionserniedrigung war nun nicht nur *sehr gering*, sondern zudem genügend *konstant*. Als Beispiele seien die folgenden Versuche erwähnt:

Eine Quantität von $\frac{1}{4}$ g. (etwa die in 5 g. Kümmelfrüchte enthaltene Quantität) eines Carvon-Limonen-Gemisches, mit einem Brechungskoeffizient 1.4869, wurde in das mit Asbestwolle [1]) gefüllte Zylinderchen getröpfelt und dann mit überhitztem Dampfe abdestilliert. Das Paraffinbad war erhitzt bis 150° C.; der Dampf hatte in der Destillationsröhre eine Temperatur von 140°—150° C.

---

[1]) Die Asbestwolle diente nur zur Aufnahme des ätherischen Öls und Verteilung desselben über eine grosse Oberfläche.

In 3 Minuten war nun die Destillation fertig. Dieser Versuch wurde noch viermal wiederholt und dann der Brechungskoeffizient der Destillate bestimmt. Das Ergebnis war:

$n_{D^{20°}}$ von No. 1 = 1.4862
2 = 63
3 = 64
4 = 63
5 = 62

Mittelwert = 1.4863

Die Asbestwolle wurde nun durch Glaspulver ersetzt und der Versuch wiederholt. Der Mittelwert der Brechungskoeffizienten blieb derselbe, nämlich:

$n_{D^{20°}}$ von No. 1 = 1.4862
2 = 64
3 = 64
4 = 64
5 = 61

Mittelwert = 1.4863

Um nun zu ermitteln, ob das Kümmelpulver selbst eventuell einen Einfluss auf die Destillation ausübte, wurde das Zylinderchen mit vorher möglichst vollständig ausdestilliertem Kümmelpulver gefüllt. In dieses wurde nun ¼ g. des obengenannten Carvon-Limonen-Gemisches getröpfelt und dann in der eben erörterten Weise abdestilliert. Auch jetzt war die Destillation nach 3 Minuten fertig. Die Brechungskoeffizienten betrugen nun:

$n_{D^{20°}}$ von No. 1 = 1.4861
2 = 63
3 = 63
4 = 63
5 = 64

Mittelwert = 1.4863

Der Mittelwert blieb also auch jetzt konstant. In all diesen Versuchen also eine Refractionserniedrigung, aber

immer im gleichen Betrage, nämlich: 0.0006. Nach der obengenannten Brechungskoeffizientenkurve entspricht diese Refractionsdifferenz nur einem Carvongehaltsunterschied von 2.5 %.

Wir dürfen also aus Obigem schliessen, dass es möglich ist, durch die Bestimmung des Brechungskoeffizienten des abdestillierten Kümmelöls einen Urteil über dessen Carvongehalt zu bekommen. Die gefundenen Werte sind immer etwas zu klein, aber die Differenzen sind konstant.

Eine Vergleichung verschiedener Kümmelpartien nach dem Carvongehalt ist also ohne Zweifel möglich.

Durch die grosse Uebereinstimmung der Ergebnisse der verschiedenen Destillationsreihen mit einem und demselben Gemische, wurde das Vertrauen zu der Destillationsmethode natürlich erheblich verstärkt. Wir werden weiter unten sehen, wie gross der Einfluss der Abänderung der Methode auf die Ergebnisse war. Nicht allein konnte jetzt die Qualität des ätherischen Öls mit genügender Sicherheit bestimmt werden, sondern auch die Gefrierpunkte der Extrakte stimmten besser überein.

Destillationsproben mit *frisch gemahlenem Kümmelpulver* zeigten nun die folgende Verbesserung des Destillats. Nach der alten Methode, unter Benutzung der Filtrierpatrone, wurden nach 50 Minuten Destillierens die folgenden Brechungskoeffizienten erhalten:

$n_{D^{20°}}$ von No. 1 = 1.4786
2 = 800
3 = 789
4 = 790
5 = 791

Mittelwert = 1.4791, einem Carvongehalt von 27.0 % entsprechend.

Nach der neuen Methode mit dem Kupferzylinderchen gab derselbe Kümmel, bei einer Destillationsdauer von 7 bis 8 Minuten, die folgenden Refractionen:

$n_{D^{20°}}$ von No. 1 = 1.4850
2 = 50
3 = 50
4 = 51
5 = 47

Mittelwert = 1.4850, nach der Brechungskoeffizientenkurve einem Carvongehalt von 51.5 % entsprechend.

Ich kann zwar nicht mit Sicherheit die Ursache der Refractionserniedrigung bei jener ursprünglichen Destillationsmethode angeben, jedoch glaube ich, dass man sie, wenigstens teilweise, Zersetzungsprodukten von in den Früchten vorhandenen Stoffen zuschreiben muss. Schon im Vorhergehenden habe ich von einem Destillationsprodukt gesprochen, das sich bei einer lange dauernden Dampfdestillation immer als ein grauer Anflug im Kühler bemerkbar machte, und von welchem gewöhnlich ein Teil in das aufgefangene Kümmelöl überging. Dieser Anflug sah unter dem Mikroskop emulsionsartig aus; auf Papier gab er einen deutlichen Fettflecken, der bei Erwärmung nicht verschwand, im Gegensatz zu dem von Kümmelöl stammenden Flecken. In kaltem Alkohol löst sich der Anflug nicht oder sehr schwer; schnell aber in Aether. Eine Alkanninlösung gab eine intensiv rote Färbung; Osmiumsäure 1 % gab eine schwarze Farbenreaction.

Durch besonders zu diesem Zwecke angestellte Versuche, bei denen dieser Anflug sowohl im Destillat, wie auch in ¼ g. Kümmelöl von bekanntem Brechungskoeffiziente aufgefangen wurde, konnte festgestellt werden, dass die Zersetzungsprodukte einen erniedrigenden Einfluss auf den Brechungskoeffizient ausüben. Wenn der Anflug während 10 Minuten aufgefangen wurde, so sank der Brechungskoeffizient um 0.0010.

Aus allem im Obigen mitgeteilte ergibt sich also, dass die Dampfdestillation möglichst schnell verlaufen muss,

dass das ätherische Öl ausgetrieben sein muss vor dem Auftreten von Zersetzungsprodukten, und dass die letzteren keinesfalls in das Destillat aufgefangen werden dürfen.

§ 2. *Bestimmung der Beobachtungsfehler.*

Die Verbesserungen der Destillationsmethode anwendend, habe ich von neuem eine Reihe von Gefrierpunktsbestimmungen ausgeführt, um den jetzt zu erreichenden Uebereinstimmungsgrad der verschiedenen Extrakte eines und desselben Kümmelpostens zu ermitteln. Auch jetzt dienten hierzu, gleichwie schon früher, zwölf Extrakte aus ausdestillierten Portionen von 5 g. Früchte. Das Ziehen der zwölf Muster von je 5 g. geschah mit vieler Sorgfalt. Es wurde in gewöhnlicher Weise gemahlen. Die Dampfdestillation war jedesmal nach ungefähr $3^1/_2$ Minuten fertig; es war sodann kein ätherisches Öl mehr im Destillate nachzuweisen, und es zeigten sich die ersten Tropfen des oben erwähnten grauen Anflugs. Das ätherische Öl jeder Portion wurde gesondert aufgefangen. Das Paraffinbad hatte eine Temperatur von 150° C.; der Dampf wurde von jetzt an mittels eines Ueberhitzers nach Heizmann überhitzt, wodurch die Temperatur in der Destillationsröhre während jeder Destillation von etwa 130° bis zu 145° C. anstieg.

Das ausdestillierte Pulver wurde während 11 Tage mit 30 g. Aethylenbromid bei Zimmertemperatur, im Dunkeln, ausgezogen. Jeden Tag wurden die Extraktionskölbchen einmal kräftig mit einem dünnen Glasstabe umgerührt.

Nach 11 Tagen wurde der Inhalt eines jeden Kölbchens durch Watte filtriert. Drei Tropfen destilliertes Wasser wurden dem Filtrat hinzugefügt, das nun noch während einer Nacht stehen blieb. Am folgenden Tage wurde es durch ein Papierfilter filtriert und danach der Gefrierpunkt bestimmt.

Die Ergebnisse waren nun die folgenden:

No. der Extrakte.	Gefrierpunkte.	Abweichungen vom Mittelwerte in 0.001°.	Quadrate der Abweichungen.
No. 1	3.879	— 5.6	31.36
2	879	— 5.6	31.36
3	889	+ 4.4	19.36
4	83	— 1.6	2.56
5	88	+ 3.4	11.56
6	90	+ 5.4	29.16
7	79	— 5.6	31.36
8	86	+ 1.4	1.96
9	86	+ 1.4	1.96
10	88	+ 3.4	11.56
11	84	— 0.6	0.36
12	84	— 0.6	0.36
	Mittelwert: 3.8846		Summe = 172.92

Der mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung ist also $= \pm \sqrt{\frac{172.92}{11}} = \pm \sqrt{15.72} = \pm 3.96$, (in tausendstel Graden ausgedrückt).

Diesen Wert abrundend finden wir also:

Der mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung = ± *0.004*°.

Dieser Fehler ist mehr als viermal kleiner als der früher gefundene (pag. 288).

Auch den mittleren Fehler der Gefrierpunktsbestimmung des Extraktes aus frischem Kümmelpulver müssen wir jetzt noch kennen lernen, damit wir berechnen können, mit welcher Schärfe der Ölgehalt der Kümmelfrüchte ermittelt werden kann.

Gleichwie bei den *ausdestillierten* Früchten, wurde die Fehlerbestimmung bei den *frischen* Früchten auch mit

Hilfe von 12 Extrakten ausgeführt. Das frische Material wurde, von der Destillation abgesehen, in genau derselben Weise behandelt, wie oben beschrieben worden ist. Die Extraktion wurde auch hier 11 Tage fortgesetzt. Am jeden Tage wurden die Kölbchen mit einem dünnen Glasstäbchen umgerührt; es ist dieses namentlich hier nötig, weil das frische Pulver sich meistens zu einer sehr dichten Masse zusammengepackt in den obersten Schichten des Aethylenbromids. Nach 11 Tagen wurde jedes Extrakt durch Watte filtriert, das Filtrat mit 3 Wassertropfen geschüttelt und noch während einer Nacht sichselbst übergelassen. Am folgenden Tage wurde das Extrakt durch ein Papierfilter filtriert und danach der Gefrierpunkt bestimmt. Diese Extrakte haben eine mehr grünliche Farbe als jene des ausdestillierten Materials; auch untereinander sind sie in dieser Hinsicht nicht ganz gleich; das eine Extrakt ist etwas dunkler gefärbt als das andere. Gewöhnlich sind sie nach der letzten Filtration nicht vollkommen klar, sondern ein wenig opalisierend. Die äusseren Unterschiede deuten auch auf grössere inneren hin. Die Gefrierpunkte weichen dementsprechend auch mehr voneinander ab als bei dem ausdestillierten Material, wie aus der untenstehenden Tabelle (pag. 302) zu ersehen ist.

Der mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung eines Extraktes ist also $= \pm \sqrt{\frac{1571}{11}} = \pm \sqrt{142.82} = \pm 11.95$, in tausendstel Graden ausgedrückt. Wenn wir diesen Wert abrunden, so finden wir also:

der mittlere Fehler der Gefrierpunktsbestimmung = $\pm$ *0.012°*.

Weil wir nun berechnen wollen, mit welcher Schärfe der *Ölgehalt* bestimmt wird, so sollen wir bedenken, dass derselbe, wie wir im Obigen gesehen haben, gefunden wird mittels der Formel: $\frac{6D}{C}$ oder $\frac{6}{0.785} \times D$.

No. der Extrakte.	Gefrierpunkte.	Abweichungen vom Mittelwerte in 0.001°.	Quadrate der Abweichungen.
No. 1	3.310	+ 19	361
2	287	— 4	16
3	294	+ 3	9
4	278	— 13	169
5	291	0	0
6	294	+ 3	9
7	295	+ 4	16
8	275	— 16	256
9	300	+ 9	81
10	298	+ 7	49
11	302	+ 11	121
12	296	— 22	484
	Mittelwert: 3.2910		Summe = 1571

In die Grösse D, die Differenz zweier Gefrierpunkte, pflanzen sich auch die diesen beiden Gefrierpunkten anhaftenden Fehler fort. Nach der Wahrscheinlichkeitslehre wird der mittlere Fehler von D dargestellt durch $\pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$, wenn durch m_1 und m_2 die mittleren Fehler der Gefrierpunkte angedeutet werden.

Die Grösse D, das heisst die durch Lösen des Kümmelöls im Aethylenbromid verursachte Gefrierpunktserniedrigung, ist also bestimmt mit einem mittleren Fehler $= \pm \sqrt{15.72 + 142.82} = \pm \sqrt{158.54} = \pm 12.59$, in tausendstel Graden ausgedrückt. Abrundend schreiben wir also:

der *mittlere Fehler* von D $= \pm$ *0.0126*°.

Es ergibt sich also, weil wir auch noch Rücksicht auf den Faktor $\frac{6}{0.785}$ nehmen müssen, dass *der dem berechneten Ölgehalt anhaftende mittlere Fehler* beträgt $\frac{6}{0.785} \times$

$(\pm 0.0126) = \pm 0.096$, in Gewichtsprozenten ausgedrückt.

Indem nach der Wahrscheinlichkeitslehre mehr als 99 % aller Bestimmungen liegen werden zwischen $(M + 3m)$ und $(M - 3m)$, wenn M den Mittelwert aller Bestimmungen und m den mittleren Fehler der Einzelbestimmung darstellt, so dürfen wir hier also mit genügender Sicherheit behaupten, dass der wirkliche Ölgehalt liegen wird zwischen dem aus der Beobachtung gefundenen Werte $\pm 3 \times 0.096$. Die zu berücksichtigende Schwankung beträgt also ungefähr 0.6 %, das ist 12 Prozent der totalen Quantität Kümmelöls, wenn wir annehmen, dass der Ölgehalt durchschnittlich 5 % beträgt.

Dieser Spielraum ist entschieden zu gross, nicht nur für Handelszwecke, wenn der Kümmel z. B. nach Ölgehalt verkauft werden soll, sondern auch für eine vorläufige Trennung verschiedener Kümmelmuster zu nachherigen Veredlungszwecken.

Weil ich nun keine Möglichkeit dazu sah, die Bestimmungsschärfe durch weitere Verbesserung der Methode zu vergrösseren, so nahm ich meine Zuflucht zu einem andern Hilfsmittel, hierin bestehend, dass bei einem und demselben Material *drei* unabhängige Ölbestimmungen ausgeführt wurden. *Drei Portionen von 5 g.* werden separat ausdestilliert und darauf auch separat, wie oben beschrieben, extrahiert; ebenfalls werden *3 Portionen* in frischem Zustande extrahiert. Von den 6 Extrakten werden die Gefrierpunkte bestimmt. Von jedem Satze von 3 Gefrierpunkte wird der Mittelwert berechnet und so die Gefrierpunktserniedrigung gefunden.

Zwar ist nun für die Ölbestimmung die dreifache Quantität des Materials erforderlich, also 30 g., aber dadurch gewinnen wir nun den erheblichen Vorteil, dass der mittlere Fehler des Resultates von ± 0.096 erniedrigt wird bis zu

$$\pm \frac{0.096}{\sqrt{3}} = \pm 0.056.$$

In dieser Weise könnte man fortfahren, und aus einer noch grösseren Anzahl Beobachtungen ein noch schärfer definiertes Ergebnis finden. Eine Bestimmung durch 5 unabhängige Beobachtungen würde z. B. den mittleren Fehler bis auf $\pm \frac{0.096}{\sqrt{5}} = \pm 0.043$ herabsetzen. Die erforderliche Quantität der Früchte würde alsdann aber zu 50 g. ansteigen, während dagegen der erzielte Vorteil nicht viel mehr zugenommen hätte. Auch die längere Zeitdauer der Bestimmungen beginnt hier ins Gewicht zu fallen.

Ich habe mich deshalb im Folgenden immer begnügt mit dem Mittelwerte von *drei* Beobachtungen.

Ueber die Ursachen der Beobachtungsfehler möchte ich noch etwas sagen.

Wie bei dergleichen Untersuchungen meistens der Fall ist, gibt es viele, Einfluss auf die Ergebnisse ausübende, Umstände, deren die meisten sich nur vermuten lassen. Dennoch sind einige mit Sicherheit anzuweisen und dazu gehören an erster Stelle die unumgänglichen Ungenauigkeiten beim Mischen und Musterziehen des Materials und beim Abwiegen des Aethylenbromids.

Ueber das Mischen und die Musternahme habe ich oben schon ausführlich gesprochen; was aber die Wägefehler betrifft, so ist leicht einzusehen, dass dieselben keinen grossen Einfluss haben können, weil die Quantitäten des abgewogenen Früchtematerials und des Lösungsmittels relativ so gross sind, im Verhältnis zu der in einer Portion vorhandenen Menge ätherischen Öls, während überdies sowohl das Lösungsmittel, wie das Kümmelöl, wegen des hohen Siedepunktes gehörig definiert[1]) sind.

Eine andere, zwar grösstenteils ausser dem eigentlichen Gebiete der Beobachtungsfehler liegende Fehlerquelle ist

[1]) Dieser Ausdruck ist gebraucht im Sinne Ostwald—Luther's, l. c. pag. 2.

zu sehen in dem Werte, den wir für die spezifische Depression gefunden haben, und der nicht ganz einwandfrei ist.

Bei allen Ölgehaltsberechnungen wurde nämlich immer nur ein und derselbe Wert für die spezifische Depression gebraucht, der, wie oben ausführlich auseinandergesetzt worden ist, gefunden wurde, durch Lösung von einem bestimmten Kümmelöl in Aethylenbromid. Streng genommen ist der gefundene Wert 0.785 also nur tauglich, wenn wir mit Kümmelölen von genau derselben Zusammensetzung zu tun haben. Bei einem anderen Mischverhältnisse von Carvon und Limonen ändert sich natürlich auch die spezifische Depression; wir dürfen also nicht unterlassen, den Einfluss hiervon auf die Ergebnisse zu prüfen.

Wie bekannt, ist das Produkt von der spezifischen Depression und dem Molekulargewicht einer Substanz konstant; es hat für das Aethylenbromid als Lösungsmittel den Wert K = 118. Weil das Molekulargewicht des Carvons 150 und des Limonens 136 ist, so würden theoretisch die spezifischen Depressionen dieser beiden Körper sein:

vom reinen Carvon: $\frac{118}{150} = 0.787$

vom reinen Limonen: $\frac{118}{136} = 0.867$

Angenommen dass wir bei einer Ölbestimming als Gefrierpunktserniedrigung gefunden hatten: $\Delta = 0.600°$ (ein keineswegs aussergewöhnlicher Betrag) und dass das ätherische Öl ganz aus Carvon bestand, so würden wir als Ölgehalt finden: $\frac{6}{0.787} \times 0.600 = 4.58\,\%$.

Wenn aber das ätherische Öl ganz aus Limonen bestand, so würde gefunden sein: $\frac{6}{0.867} \times 0.600 = 4.15\,\%$.

Diese Differenz von 100 % im Carvongehalte des ätherischen Öls würde also in unserer Berechnung einen Unterschied von 0.43 % ätherischen Öls hervorrufen. Weil aber der Carvongehalt des ätherischen Öls in allen von mir untersuchten Kümmelmustern nur zwischen 47 % und

56.5 % schwankte (das Kümmelöl von Merck besass einen Carvongehalt von 57.5 %), so brauchen wir auch diese, von einem nicht ganz richtigen Werte der spezifischen Depression herrührende, Ungenauigkeit nicht hoch anzuschlagen. Wenn man diesen Fehler dennoch vermeiden möchte, so würde es nicht viele Mühe kosten, dazu eine Korrektion einzuführen.

Es bleibt nun noch übrig, die Schärfe der Brechungskoeffizientenbestimmung zu ermitteln. Als Mass werde ich auch hier wieder den *mittleren Fehler* benutzen.

In untenstehender Tabelle findet man die zur Berechnung erforderlichen Angaben; in der ersten Spalte sind die Brechungskoeffizienten aufgezeichnet des aufgefangenen Kümmelöls aus denselben Portionen, welche zur Bestimmung des mittleren Fehlers der Gefrierpunkte benutzt worden sind (s. pag. 300).

Brechungskoeffizienten $n_{D^{20}}$	Abweichungen vom Mittelwerte in der 5. Dezimale.	Quadrate der Abweichungen.
1.4854	+ 7	49
3	— 3	9
2	— 13	169
3	— 3	9
3	— 3	9
4	+ 7	49
6	+ 27	729
4	+ 7	49
3	— 3	9
2	— 13	169
3	— 3	9
2	— 13	169
Mittelwert = 1.48533		Summe = 1428

Der mittlere Fehler des Brechungskoeffizienten beträgt

also $\pm \sqrt{\frac{1428}{11}} = \pm \sqrt{129.8} = \pm 11.39$, in der 5. Dezimale ausgedrückt.

Der mittlere Fehler des Brechungskoeffizienten ist also = $\pm$ *0.00011.*

Bei der Bestimmung des Brechungskoeffizienten habe ich nun stets den Mittelwert von 5 Refractionen genommen (es waren also dazu immer 5 Portionen von 5 g. Material erforderlich). Diesem Mittelwerte haftet also nur der Fehler an von $\pm \frac{0.00011}{\sqrt{5}} = \pm 0.00005$.

Zum Schlusse dieses Abschnittes werde ich noch eine kurze Uebersicht über den Gang der Ölbestimmung geben.

Das zu untersuchende Material wird zuerst gut gereinigt: Unkrautsamen sowie Erdklümpchen werden ausgelesen, Sand und Staub durch ein Nobbe-Sieb entfernt.

Drei der reinen Proben werden feingemahlen und das Pulver in einer Standflasche abgeschlossen. Fünf Gramm des Pulvers werden genau abgewogen und in das Destillationszylinderchen geschüttet.

Inzwischen ist der Destillationsapparat zur erforderlichen Temperatur erhitzt, das Paraffinbad bis zu 150° C. Der Dampf wird durchgeleitet, während die Destillationsröhre geschlossen ist, gerade alsob schon Kümmelpulver ausdestilliert würde. Mittels eines Dampfüberhitzers nach Heizmann[1]) wird der Dampf so hoch überhitzt, dass das Thermometer in der Destillationsröhre 150° C. anzeigt. Es ist nicht schwer, diese Temperatur konstant zu erhalten, wenn nur der Dampfstrahl gleich schnell bleibt. Es wird dieses erreicht, durch einen Hahn in der Dampfzufuhrröhre, der bis zu einer Marke geöffnet wird.

Nachdem nun eine Florentiner Flasche, mit Wasser gefüllt, unter den Kühler gestellt worden ist, wird die

[1]) Dampfüberhitzer Patent Heizmann, nach Patentschweissverfahren hergestellt. Zu erhalten bei Hugershoff, Leipzig.

Dampfzufuhr abgeschlossen und das Destillationszylinderchen mit dem Kümmelpulver schnell in die Destillationsröhre niedergelassen. Wenn dieses rasch geschieht, so wird die Temperatur in der Destillationsröhre nur etwa 20° sinken, und gleich danach wieder ansteigen.

Der Dampf wird nun vorsichtig zugelassen durch öffnen des ebengenannten Hahnes zur festgestellten Marke. (Wenn man den Dampf zu plötzlich eintreten lässt, so stäubt das Pulver gegen den Deckel der Zylinderchens oder wird sogar das Zylinderchen selbst in die Höhe getrieben.)

Die Destillation wird 3 bis $3^1/_2$ Minuten fortgesetzt; dann sind keine Tröpfchen ätherischen Öls mehr im Kühler nachzuweisen, und beginnt der graue Anflug der Zersetzungsprodukte sich zu zeigen. Der Dampf wird nun abgeschlossen, die Florentiner Flasche entfernt und das Zylinderchen mit dem Pulver aus der Destillationsröhre hervorgeholt. Die Destillationsröhre wird sogleich wieder geschlossen und die Kühlerröhre durch einen kräftigen Dampfstrahl gereinigt.

Wenn das Zylinderchen genügend abgekühlt ist, wird das Pulver in ein Erlenmeyerkölbchen von 50 cc. Inhalt gebracht. In derselben Weise wird mit der zweiten und dritten abgewogenen Portion des Kümmels verfahren.

Die Portionen des ausdestillierten Pulvers, sowie auch drei Portionen von 5 g. von frisch gemahlenen Kümmelfrüchten werden je mit 30 g. trocknem Aethylenbromid übergossen, und die Kölbchen gut verkorkt, im Finstern, während wenigstens 5 Tage bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Am jeden Tage werden sie einmal mit einem dünnen Glasstäbchen (an dem nahezu nichts hangen bleibt) umgerührt.

Nach 5 Tagen wird der Inhalt jedes Kölbchens durch einen Wattebausch filtriert, mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe. Das Pulver wird auf dem Trichter kräftig ausgepresst. Den abfiltrierten Extrakten werden je 3 Tropfen

destillierten Wassers hinzugefügt; dann werden sie leicht geschüttelt und wiederum im Finstern aufbewahrt bis zum folgenden Tage, an welchem die Gefrierpunktsbestimmung stattfinden soll.

Vor der Gefrierpunktsbestimmung wird das Extrakt, durch ein Papierfilter, sogleich in die Gefrierröhre hineinfiltriert, mit Hilfe der an dem seitlichen Stutzen verbundenen Wasserstrahlluftpumpe.

Als Beispiel einer Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung teile ich hier einen bestimmten Fall mit, der die Untersuchung eines im Jahre 1910 im Haarlemmermeerpolder geërnteten Kümmelmusters betrifft.

Ausdestilliertes Pulver.

	Gefrierpunkte von:		
	Extrakt No. 1.	Extrakt No. 2.	Extrakt No. 3.
	3.153	3.179	3.179
	58	74	80
	55	78	78
Mittelwert	3.155	3.177	3.179

Mittelwert = 3.170.

Frisches Pulver.

	Gefrierpunkte von:		
	Extrakt No. 1.	Extrakt No. 2.	Extrakt No. 3.
	2.557	2.564	2.558
	59	75	58
	58	74	55
Mittelwert	2.558	2.571	2.557

Mittelwert = 2.562.

Gefrierpunktserniedrigung $\Delta = 3.170 - 2.562 = 0.608°$.

$$\text{Ölgehalt} = \frac{6\Delta}{C} = \frac{6 \times 0.608}{0.785} = 4.65\,\%.$$

Zur Bestimmung des Brechungskoeffizienten des aufgefangenen ätherischen Öls wurden noch zwei Portionen von 5 g. Kümmelfrüchten ausdestilliert; es wurden die folgenden Werte gefunden für $n_{D^{20°}}$:

No. 1.	1.4837
2.	39
3.	39
4.	41
5.	39
Mittelwert =	1.4839

Hieraus ergibt sich, nach der Brechungskoeffizientenkurve, ein *Carvongehalt des ätherischen Öls* von *47.5* %.

VI. KAPITEL.

Einige mittels der Ölbestimmungsmethode ausgeführte Untersuchungen.

§ 1. *Gehaltsunterschiede beim niederländischen Kümmel eines und desselben Erntejahres. Äusseres Aussehen und Qualität.*

Im Vorhergehenden haben wir bereits gesehen, dass der niederländische Kümmel bei den Fabrikanten ätherischer Öle sehr geschätzt ist; es gibt zwar ausländische Sorten von höherem Gehalte, namentlich den wildwachsenden Kümmel, aber selbstverständlich können dieselben bei lange nicht dem Bedarf an Kümmelfrüchten genügen. Und überdies, wenn auch das niederländische Gewächs nicht eben den höchsten Ölertrag liefert, so besitzt dessen ätherisches Öl demgegenüber den Vorzug eines sehr guten Carvongehalts.

Mehr als dieser allgemeine Eindruck ist nicht aus den Literaturangaben zu erhalten. Wenn man z. B. die oben erörterte Tabelle von Schimmel & Co. (pag. 261) betrachtet, so findet man für den in Holland kultivierten Kümmel einen Ölertrag von 4—6.5 % angegeben, ohne nähere Angaben über Herkunft oder Ölqualität.

Es ist bisjetzt unbekannt, ob es grosse Unterschiede in Ölertrag sowie Ölqualität gibt bei *aus verschiedenen Gegenden stammenden Gewächsen* die aber *im einen und demselben Jahre geerntet* worden sind. Eben-

sowenig sicher ist es, ob man in den *äusseren Merkmalen der Früchte* zu einem gewissen Grade einen Massstab hat zur *Beurteilung der Qualität.*

Um in diesen Sachen einige Einsicht zu bekommen, habe ich an erster Stelle ein Kümmelmaterial zusammengebracht, das ein ziemlich gutes Bild der Kümmelproduktion eines einzigen Jahres in den Niederlanden geben könnte. Ich konnte verfügen über 9 Muster aus Nord-Holland, 3 aus Zeeland, 5 aus Nord-Brabant, 6 aus Groningen und 1 aus Friesland [1]). Diesen konnte ich noch ein Muster meines eigenen Versuchsfeldes in Wageningen, aus demselben Jahre, hinzufügen. Alle diese 25 Muster waren im Sommer des Jahres 1910 geerntet. Sie konnten also miteinander verglichen werden, was selbstredend nicht der Fall sein würde, wenn sich auch Material aus anderen Jahren dazwischen befand. Denn es ist ja sehr wohl möglich, das in dem einen Jahre durchschnittlich mehr ätherisches Öl produziert wird, als in dem anderen. Darauf weisen auch die „Berichte" von Schimmel & Co. hin.

Die Muster wurden nun alle auf gleiche Weise einer sorgfältigen Reinigung unterworfen, mittels einer kleinen Schwingmühle. Auch aus den reinsten Mustern wurden noch taube Samen und Schmutz entfernt.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung waren Unterschiede zwischen den Mustern zu bemerken hinsichtlich Grösse und Gleichmässigkeit der Früchte; aber dieses konnte selbstverständlich unmöglich ohne weiteres in einem Masze ausgedrückt werden. Um ein gutes Bild der Grösse und der Gleichmässigkeit zu bekommen, wurde von einem

[1]) Die Muster aus N.-Holland erhielt ich durch Vermittlung des Herrn G. Kruseman, in Houtryk en Polanen; die Muster aus den übrigen Provinzen durch Vermittlung der betreffenden Reichslandwirtschaftslehrer. Allen diesen Herren sage ich auch an dieser Stelle meinen herzlichen Dank für ihr Entgegenkommen.

jeden Muster eine Frequenzkurve konstruiert. Es geschah dieses in der folgenden Weise.

Dem Kümmelmuster wurde eine kleine Probe entnommen, von einigen Hunderten Teilfrüchten (wenigstens 300). Hierbei wurden dieselben Vorsichtsmassregel beachtet wie im Obigen (pag. 283) beschrieben worden ist. Alle die Teilfrüchte ohne Ausnahme einer solchen Probe wurden nun gemessen. Es wurden jedesmal etwa zehn nebeneinander auf einem Objekträger unter das Mikroskop gelegt, und deren Länge nacheinander bestimmt mittels eines Okularmikrometers, bei der Kombination: Okular No. 2 und Objektiv *a**, Stativ III von Zeiss, Tubuslänge 160 mm.

Das Stativ war mit dem grossen Kreuztische ausgestattet, so dass jedes Teilfrüchtchen sehr bequem mittels der Schraubenbewegung in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht werden konnte. In dieser Weise ging die Messung ziemlich rasch von statten, namentlich auch deshalb, weil die Länge nicht genau bestimmt werden brauchte, sondern nur aufgezeichnet wurde, zwischen welchen beiden Teilstrichen des Okularmikrometers die Spitze der Teilfrucht lag. Das Messungsmaterial wurde nämlich verteilt in Intervalle, welche der Entfernung zwischen den Mikrometerteilstrichen entsprachen.

Die Messungsergebnisse wurden in derselben Weise aufgezeichnet, wie in der Verhandlung T. Tammes' *„Der Flachsstengel"* beschrieben worden ist [1]). Man hat dadurch den Vorteil, die Mediane und das Quartil der Frequenzkurve sehr einfach ermitteln zu können, welche Grössen auch für diese Untersuchung genügen.

Die Länge der Teilfrüchte eines Kümmelmusters wird

[1]) T. Tammes. Der Flachsstengel. Natuurk. Verhandel. v. d. Holl. Maatschappij der Wetenschappen. Derde Verzameling. Deel VI. Vierde Stuk. 1907. pag. 40, 41.

Ernte 1910.

Ort der Herkunft.	Ölgehalt.	Brechungskoeffizient n_{D20}.	Carvongehalt des Kümmelöls.	Carvongehalt der Früchte.	Länge der Teilfrüchte in mm. (M der Frequenzkurve).	Variabilitäts-koeffizient $\frac{Q}{M}$
Wageningen (Prfv. A)	4.56%	1.4843	48.5%	2.21%	4.42 mm.	0.096
Kruisland (Kr)	4.25	54	53.0	2.25	4.17	104
Standdaarbuiten (St)	3.94	49	51.0	2.01	4.11	108
Zevenbergen (Zb)	4.01	46	50.0	2.01	4.02	099
Dinteloord (Dlr)	4.14	49	51.0	2.11	4.23	087
Klundert (Kl)	4.33	49	51.0	2.21	4.14	097
Krabbendijke (Krbd)	3.78	44	49.0	1.85	4.24	108
's Heer Arendskerke ('s HA)	4.11	43	48.5	1.99	4.30	115
Wilhelminadorp (Wd)	4.29	52	52.0	2.23	4.48	088
Kimswerd (Kmw)	4.02	44	49.0	1.97	4.04	107
Prins Hendrikpolder (PH)	5.01	45	49.5	2.48	3.92	119
De Streek (A)	4.20	45	49.5	2.08	4.08	099
Groetpolder (Gp)	4.99	58	54.5	2.72	4.48	107
Wieringerwaard (WW)	5.00	50	51.5	2.58	4.31	098
Anna Paulownapolder (APP)	5.20	57	54.0	2.81	4.27	127
Waard Nieuwlandpolder (WNW)	5.32	49	51.0	2.71	4.08	105
Houtrakpolder (Hrkp)	3.88	53	52.5	2.04	4.14	091
Zuidspaarndammerpolder (Zsdp)	5.04	48	50.5	2.55	4.23	105
Haarlemmermeer (Hrlm)	4.65	39	47.0	2.19	4.01	123
Oldambt (V)	4.05	51	51.5	2.09	4.04	100
Nieuw Beerta (NB)	4.01	48	50.5	2.03	4.37	092
Eemspolder (Em)	4.48	49	51.0	2.28	4.46	098
Menneweer-Ulrum (Mn)	4.54	48	50.5	2.29	4.21	095
De Waarden-Grijpskerk (DW)	4.56	55	53.5	2.44	4.38	089
Toornwerd-Middelstum (Tw)	3.75	58	54.5	2.04	4.13	104

nun durch die Mediane der Frequenzkurve vorgestellt und nicht, wie man vielleicht erwartet hätte, durch den Mittelwert aller Messungen. Die Berechnung des Mittelwertes ist sehr umständlich und gibt leicht Anlass zu Fehlern. Ueberdies ist hier das Ergebnis dasselbe, ob ich die Mediane benutze oder den arithmetischen Mittelwert. Die Kurven zeigten sich nämlich von solcher Beschaffenheit, dass Mediane und Mittelwert nahezu zusammenfielen [1]).

Wir können nun aus der nebenstehenden Tabelle ersehen, dass eine Vergleichung der Medianen ziemlich grosse Unterschiede zu Tage treten lässt.

Ölgehalt der Früchte und Carvongehalt des ätherischen Öls wurden in der oben beschriebenen Weise ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden wir in der nebenstehenden Tabelle zusammengebracht. In der ersten Spalte sehen wir hinter den Ortsnamen die Abkürzungen, mit denen die Muster später in der graphischen Darstellung angedeutet sind.

Der Carvongehalt der Früchte (5. Spalte) ist berechnet aus den Angaben der 2. und 4. Spalte.

Um die Uebersicht zu erleichtern habe ich meine Beobachtungen, den Ölgehalt, Carvongehalt und die Teilfruchtlänge betreffend, in einer graphischen Darstellung *(Fig. 20)* zusammengestellt, in der die Muster nach steigendem Ölgehalt geordnet sind. In der oberen Hälfte der Figur wird der Ölgehalt, sowie der Carvongehalt der Früchte durch die Entfernungen der Kreismittelpunkte von der Abscissenlinie dargestellt. In der unteren Hälfte findet man

[1]) Zur Kennzeichnung der Uebereinstimmung zwischen Mediane und Mittelwerte, und der Schärfe mit welcher diese Grössen ermittelt wurden, teile ich hier mit, das z. B. die *Mediane* der Kurve des Musters *WW* 4.311 mm. war, während die *durchschnittliche* Länge 4.312 mm. betrug. Der mittlere Fehler dieses Mittelwertes war ± 0.025 mm.; die Schärfe, mit welcher die Mediane bestimmt ist, wird also ungefähr denselben Wert haben.

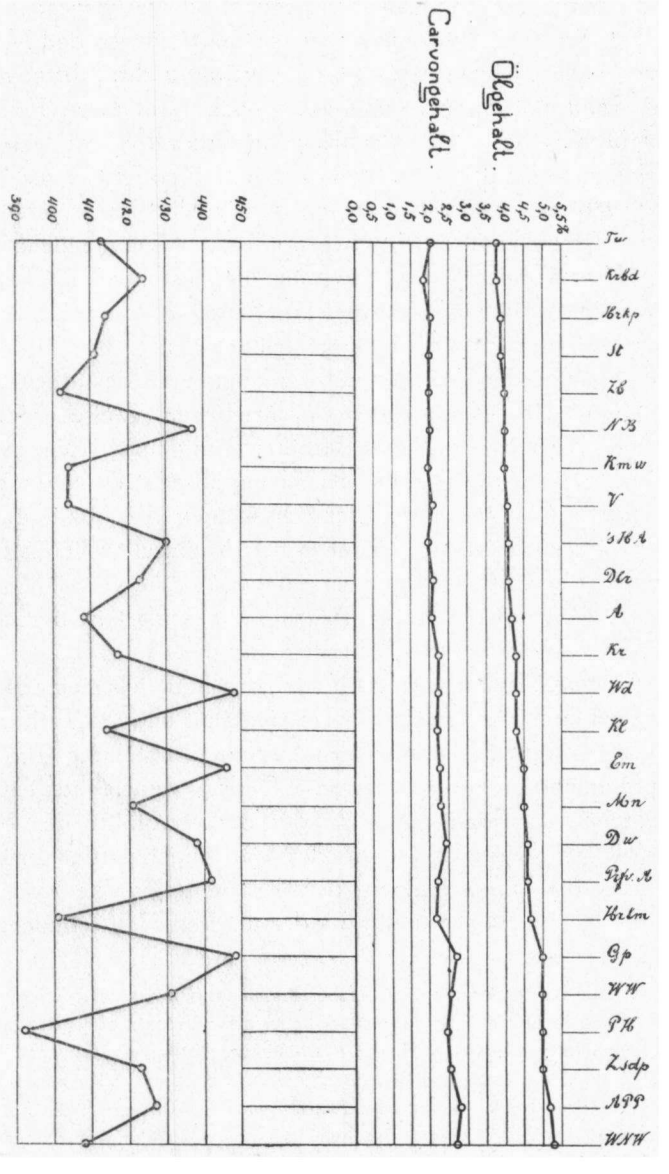


Fig. 20. Ölgehalt, Carvongehalt und Länge der Teilfrüchte.

die Schwankungen in der Länge der Teilfrüchte zwischen 3.90 mm. und 4.50 mm., bei derselben Reihenfolge der Muster.

Es ergibt sich also, dass der Ölgehalt in diesem Materiale schwankt zwischen 3.75 und 5.32 %, während der Carvongehalt der Muster sich zwischen 1.85 und 2.81 % bewegt.

Wir müssen hier aber in Betracht ziehen, dass der Gehalt an ätherischem Öl bestimmt wurde mit einem mittleren Fehler von $\pm$ 0.056 %, und wir demzufolge für jeden gefundenen Wert einen Spielraum von $\pm 3 \times 0.056 = \pm$ 0.168 % zulassen müssen. Wenn wir dieses in Rechnung bringen, so können wir mit Sicherheit behaupten, dass die beiden schlechtesten Muster — *Tw* und *Krbd* —, die übrigens wohl gleich sein können, jedenfalls weniger als 3.95 % und mehr als 3.58 % ätherisches Öl enthalten, während das beste Muster *WNW*, sicher mehr als 5.15 %, jedoch weniger als 5.49 % besitzt. Die äussersten Gehaltsgrenzen des hier behandelten Materials sind also 3.58 % und 5.49 %.

Ebenfalls kann mit Sicherheit gesagt werden, dass die 6 besten Muster, nämlich *Gp*, *WW*, *PH*, *Zsdp*, *APP* und *WNW* eine Gruppe bilden, von denen es nicht genügend feststeht, wieviel sie untereinander nach Ölgehalt abweichen, wohl aber, dass sie gewiss mehr Kümmelöl enthalten als ein jedes der übrigen Muster.

Auch die Muster *Em*, *Mn*, *DW*, *Prfv. A* und *Hrlm* bilden offenbar eine Gruppe, in der wahrscheinlich nur kleine Unterschiede vorkommen; sicher ist es aber, dass sie einen höheren Ölgehalt besitzen als die ersten 10 Muster.

Wie aus der graphischen Darstellung deutlich hervorgeht, entspricht im allgemeinen einer Steigerung des Ölgehalts eine Erhöhung des Carvongehalts der Früchte; es ist dieses freilich nicht befremdend, wenn wir die verhältnismässig kleinen Unterschiede in dem *Carvongehalte der ausdestillierten Öle* in Betracht ziehen. In der obenstehenden

Tabelle ist ja leicht zu sehen, dass die Qualität des Kümmelöls, das heisst das Mischverhältnis von Carvon und Limonen, völlig unabhängig ist vom Ölertrage; das Muster *Tw* z. B. mit dem niedrigsten Ölgehalte, enthielt ein ätherisches Öl mit 54.5 % Carvon; *Prfv. A* aber mit soviel höherem Ölgehalt, lieferte ein ätherisches Öl von viel geringerer Qualität, nämlich nur 48.5 % Carvon; noch bedeutender ist der Unterschied bei den Mustern *Hrlm* und *Gp*, die beiden zu den besseren gehören, aber deren das erste in seinem ätherischen Öle nur 47.0 %, das zweite dagegen 54.5 % Carvon enthielt. Ebenso wird auch das Muster *WNW*, das den höchsten Ölgehalt besass, an Ölqualität durch viele andere Muster übertroffen.

Was nun die Grösse der Teilfrüchte betrifft, so sehen wir auch verhältnismässig grosse Unterschiede. Die kleinsten Früchte (Muster *PH)* stammten von einem Sandboden im Prins Hendrikpolder (auf der Insel Texel); die grössten von Wilhelminadorp, Groetpolder und Eemspolder, von einem Lehm- und sandigen Lehmboden. Wir dürfen hieraus aber nicht schliessen, dass der Kümmel von Sandboden im allgemeinen kleiner ist; denn auch die Muster *Zb* und *Hrlm* waren kleinkörnig, obwohl sie auf Lehm oder sandigem Lehm gebaut worden waren. Ein Einfluss der Bodenart kann hier nicht nachgewiesen werden; dazu konnte dieses Material freilich auch nicht dienen, weil die Gewächse nicht überall in gleicher Weise behandelt worden waren. Die untersuchten Muster können uns nur ein Bild der Ware geben, die in unserm Lande an den Markt kommt.

Dieses geht aber aus meiner Untersuchung hervor, dass *Ölgehalt und Grösse der Früchte ganz voneinander unabhängige Dinge* sind. Für eine Beurteilung der Qualität der Handelsware kann also die Körnergrösse gar kein Massstab sein, ebensowenig wie eine grössere oder geringere Gleichmässigkeit der Körnergrösse, wie leicht aus der obenstehenden Tabelle zu sehen ist.

Ich werde hier nicht weiter in die statistischen Messungen eingehen; nur möchte ich noch auf dieses hinweisen, dass wir hier nicht mit einfachen Kurven der fluktuierenden Variabilität zu tun haben, sondern wahrscheinlich mit Kombinationen im Sinne Baur's [1]). Die Tatsache, dass die Längemessungskurven im allgemeinen dort eine Einsenkung zeigten, wo man einen Gipfel erwarten würde, wird wohl der Ungleichwertigkeit der Teilfrüchte zuzuschreiben sein. Das vordere Teilfrüchtchen ist ja gewöhnlich kräftiger entwickelt als das hintere, wie schon bei der Beschreibung der Pflanze bemerkt wurde, so dass das Kümmelmaterial aus zwei Körnerpartien besteht, deren eine in günstigen, die andere aber in ungünstigen Verhältnissen verkehrt hat.

Ich möchte jetzt wieder auf den Ölgehalt zurückkommen. Es wird vielleicht schon aufgefallen sein, dass der Ölertrag der untersuchten Muster ziemlich gering war; bei weitem die meisten lieferten nur 4 bis 5 %, obwohl wir nach den Angaben von Schimmel & Co. und anderen Autoren 4 bis 6.5 % erwarten könnten. Wir müssen hier aber in Betracht ziehen, dass die eben besprochenen Muster allein zu der Ernte eines einzigen Jahres gehörten und in anderen Jahren der Gehalt vielleicht höher sein könnte. Meine Ergebnisse stimmen in dieser Hinsicht gut mit den Mitteilungen der Firma Schimmel & Co. überein, die ebenfalls den Ertrag des Jahres 1910 ausserordentlich niedrig nennt: „Selbst die Qualitäten aus Gegenden, die sonst vorzügliche, gehaltreiche Saat hervorzubringen pflegten, fielen erheblich ab und man kann infolgedessen die diesjährige Ernte trotz der zurückgegangenen Preise kaum als eine normale bezeichnen" [2]).

Von einem anderen Jahrgange besitze ich denn auch

[1]) E. Baur. Einführung in die experimentelle Vererbungslehre, 1911, pag. 184.

[2]) *Bericht von* Schimmel & Co. Oktober 1910, pag. 59.

Beobachtungen, die beweisen, dass auch höhere Ölerträge bei unserem einheimischen Kümmel vorkommen können. So enthielten z. B. zwei im Jahre 1909 von mir im Ypolder auf zwei verschiedenen Kümmelfeldern des Herrn G. Kruseman gesammelte Muster je 5.66 % und 6.53 % ätherisches Öl.

Ein paar im Jahre 1908 geerntete Muster, welche im Frühjahre bei der Säesaatausstellung in Amsterdam prämiiert waren, stimmen wieder mehr mit der Ernte 1910 überein; das eine Muster, aus Zeeland stammend, enthielt 4.59 %, das andere, aus dem Waard- en Groetpolder, 5.07 % ätherisches Öl. Ein kleiner Posten Kümmel, für ein anzulegendes Versuchsfeld von einem Samenhändler bezogen, und ebenfalls im Jahre 1908 geerntet, besass nur 3.47 % Kümmelöl.

Bei den letzterwähnten Mustern zeigte sich deutlich, dass das äussere Aussehen und der Ölgehalt gar nicht miteinander in Beziehung stehen. Das letztgenannte Muster mit 3.47 % ätherisches Öl zeichnete sich z. B. durch sein tadelloses Äussere aus, wie schöne helle Farbe, frischen Geruch und sehr gleichmässige Körner, im Gegensatz zu den obenerwähnten Partien mit dem Ölgehalte 5.66 % resp. 6.53 %, welche ziemlich unschön aussahen und sehr dunkel gefärbt waren.

Dasselbe ergab sich auch bei der Untersuchung von wildwachsendem Kümmel, wobei es sich zudem herausstellte, dass auch die hier einheimischen wildwachsenden Kümmelpflanzen von ausgezeichneter Qualität sind, gleichwie, nach den Literaturangaben, der wildwachsende Kümmel des Auslandes. Es ist hier die Rede von zwei von mir auf dem Rheindeiche gesammelten Mustern; das eine wurde gesammelt beim Dorfe Randwijk, das andere bei Heteren; es waren sehr kleine, sehr dunkel, fast schwarz gefärbte Früchte. Das Muster von Randwijk lieferte 6.72 %, dasselbe von Heteren 5.75 % ätherisches Öl.

Ein anderes Muster von kultiviertem Kümmel [1]), eine Nachzucht von in der Schweiz wildwachsenden Pflanzen, und dem Äusseren nach, unserem einheimischen wilden Kümmel sehr ähnlich enthielt aber nur 3.03 % Kümmelöl.

§ 2. *Vergleichung ausländischer Kümmelsorten mit unserem einheimischen Kümmel, unter denselben Kulturverhältnissen.*

Im Obenstehenden haben wir gesehen, dass der Carvongehalt des ätherischen Öls aus den Mustern der einheimischen Ernte 1910 nur in geringem Grade schwankte, nämlich zwischen 47.0 % und 54.5 %, und demzufolge die Partien welche einen hohen Ölgehalt zeigten, auch einen hohen Carvonertrag lieferten.

Er war nun selbstredend der Mühe wert, in dieser Hinsicht auch die ausländischen Kümmelsorten zu untersuchen, von denen mehrere Literaturangaben solch hohen Ölgehalt erwähnen. Es könnte ja sehr wohl möglich sein, dass unter jenen Sorten sich welche finden würden, die sich erblich durch eine sehr hohe Ölproduktion auszeichneten. Sowohl aus einem botanischen wie aus einem landwirtschaftlichen Gesichtspunkte würde solches von Bedeutung sein.

Ich habe deshalb an erster Stelle mehrere ausländische Kümmelsamenmuster [2]) untersucht, deren einige auch wirklich einen hohen Ölgehalt besassen, während es sich auch hier zeigte, dass die Qualitäten der ausdestillierten Öle nur wenig von einander abwichen, und also einem hohen Ölgehalt auch ein hoher Carvongehalt der Früchte entsprach.

[1]) Dieses Muster war mir von Frln. Dr. Joh[a]. Westerdijk zugesandt, der ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank sage.

[2]) Diese Muster erhielt ich durch Vermittelung des Herrn Direktors der Samenkontrollstation in Wageningen, dem ich dafür bestens danke.

Nach der Feststellung dieser Tatsachen wurde ein Kulturversuch angestellt um das Verhalten der fremden Kümmelsorten, unter unseren gewöhnlichen Kulturbedingungen, mit dem einheimischen Kümmel zu vergleichen.

Die eben erwähnten, aus dem Auslande erhaltenen Kümmelmuster wurden alle in derselben Weise gereinigt und dann, genau wie die im Vorhergehenden besprochenen Muster der Ernte 1910, auf den Ölgehalt und die Ölqualität geprüft. Zum Vergleich wurden auch ein bei einer Samenhandlung bezogenes Muster unseres gewöhnlichen, einheimischen Kümmelsamens, sowie ein von Frln. Dr. Joha. Westerdijk gesandtes Muster auf dieselbe Weise untersucht. Das letztgenannte Muster war im Jahre 1911 in Amsterdam geerntet worden, als Nachzucht von im Jahre 1906 in der Schweiz gesammelten und seitdem in Amsterdam weiterkultivierten Samen.

Die Herkunft all dieser Muster und die Ergebnisse der Ölbestimmungen sind in unterstehender Tabelle wiedergegeben (pag. 323).

Ausser der Muster von russischer Herkunft, No. I und IX, zeichneten sich also die meisten wilden Sorten durch einen hohen Ölgehalt aus; zwei derselben sogar durch einen aussergewöhnlich hohen Gehalt, nämlich No. III und VI, die zudem einen hohen Carvongehalt besassen.

Inbetreff des No. IV, aus Nord-Bayern stammend, wo dieses Muster von wildwachsenden Pflanzen geerntet sein sollte, muss mitgeteilt werden, dass es gar nicht den übrigen wilden Samenmustern ähnlich war, sondern, dem äusseren Aussehen nach, völlig mit unseren einheimischen Kümmelsamen übereinstimmte. Ich vermutete denn auch sogleich, dass dieses Muster wahrscheinlich wohl irgendwo von einem Samenhändler gekauft und wohl in den Niederlanden kultiviert sein würde, welche Mutmassung später durch das Ergebnis der Ölbestimmung gestützt wurde.

Wenn sich hier also auch grosse Unterschiede im

Herkunft der Muster.	Ölgehalt.	Carvongehalt.	
		des ätherischen Öls.	der Früchte.
I. Moskau (aus der Samenhandlung Immer. Wahrscheinlich von wildwachsenden Pflanzen.	3.48%	50.5%	1.76%
II. Örebro. Schweden. Wild.	6.09	55.0	3.55
III. Hamar. Norwegen, (Provinz Hedemarken). Wild.	6.79	55.5	3.77
IV. Bamberg. Nord-Bayern. Wild (?)	4.26	53.0	2.26
V. Szénafüvek bei Kolozsvár. Siebenbürgen. Wild.	4.90	53.0	2.60
VI. N.-O.-Württemberg. (Jagstkreis) Wild.	7.17	53.0	3.80
VII. Ost-Norwegen. Wild.	5.53	49.5	2.74
VIII. Nachzucht schweizerischer Samen.	3.57	54.0	1.93
IX. Gouvernement Kasan. Russland. Wild.	3.36	50.0	1.68
X. Einheimische Kümmelsamen (aus der Samenhandlung Poortman in Rotterdam).	4.17	55.5	2.31

Ölgehalte zeigten, so schwankte jedoch die Qualität des ätherischen Öls nur wenig; der Carvongehalt des Öls betrug 49.5 % bis 55.5 %.

Von all den in obenstehender Tabelle genannten Mustern wurde nun das Verhalten unter unseren Kulturverhältnissen geprüft. Die ölreichsten Sorten waren selbstverständlich in dieser Hinsicht die bedeutendsten; aber es war doch erwünscht, auch die weniger ergiebigen in diesem Versuche aufzunehmen. Als Normalgewächs wurde No. X, die einheimische Kümmelsaat, gewählt.

Am 11. April 1912 wurden die Muster auf einem Versuchsfelde gesät, das in einem Kümmelfelde des Herrn K. A. Kaan im Anna Paulownapolder, angelegt

wurde [1]). Es wurde zu diesem Zwecke ein möglichst gleichmässiger Boden gewählt, und weil das Versuchsfeld ringsum durch das gewöhnliche, einheimische Kümmelgewächs des Herrn Kaan umgeben war, befanden sich die Versuchskulturen auch unter gewöhnlichen Bedingungen, auf einem Boden, der im Fruchtwechsel auch für ein Kümmelgewächs bestimmt war [2]). Es wurde zudem dafür Sorge getragen, dass das Versuchsfeld ein geschlossenes Ganze bildete mit dem umgebenden Gewächse. Der Boden bestand aus einem sandigen Lehm. Weil die Art der Anlage von der bis damals üblichen abweicht, möchte ich etwas näheres darüber mitteilen.

Die Länge des Versuchsfeldes war 100 m., die Breite 31 m. (nämlich 2 Äcker von 15.5 m.). Es wurde in 50 Parzellen gleicher Grösse verteilt, je 31 m. (also die Breite des ganzen Versuchsfeldes) lang und 2 m. breit. Die Kümmelreihen verliefen in der Länge der Parzellen, also quer über die beiden Äcker.

Ein jedes der 10 Samenmuster wurde nun auf 5 Parzellen ausgesät und dabei in der folgenden Weise über das Versuchsfeld verteilt: No. I wurde gesät auf der 1., 11., 21., 31., und 41. Parzelle; No. II auf der 2., 12., 22., 32., und 42. Parzelle u. s, w., bis No. X auf der 10., 20., 30., 40., und 50. Parzelle.

Die Quantität der Säesaat jeder Sorte wurde mit Rücksicht auf die Keimfähigkeit so gross genommen, dass auf alle Parzellen gleichviel keimfähige Saat gesät wurde. Vor dem Säen des Kümmels wurden kleine grüne Erbsen, die als Ueberfrucht dienen sollten (auch bei dem umgebenden Kümmelgewächse), mittels einer grossen Säemaschine, in quer über die beiden Äcker laufenden Reihen gesät, aber

[1]) Dieser Versuch wurde ausgeführt unter Mitwirkung der „Vereeniging tot Ontwikkeling van den Landbouw in Hollands Noorderkwartier".

[2]) Die Vorfrüchte waren: Flachs, Spinat, Weizen. Vor dem Säen des Kümmels war der Boden gedüngt mit 1000 KG. Superfosfat pro H. A.

nicht eingeeggt, sodass die Erbsenreihen (in Entfernungen von 40 cm.) gut sichtbar blieben. Danach wurde der Kümmel in den Erbsenreihen gesät, mittels einer einreihigen Handmaschine [1]), Weil die Reihenentfernung des Kümmels also auch 40 cm. betrug (eine in jener Gegend übliche Entfernung), bestand jede Parzelle aus 5 Reihen Kümmel.

Bei dieser Anlage befindet sich also jede Kümmelsorte auf 5 verschiedenen Teilen des Versuchsfeldes; es werden dadurch die Einflüsse stets vorkommender Unregelmässigkeiten des Bodens, der Düngung, kleine Säefehler u. s. w. (welche alle als, zufällige Abweichungen verursachende, Faktoren zu betrachten sind) ziemlich gut ausgeglichen. Jedenfalls werden die Beobachtungsfehler auf ein Minimum reduziert [2]). Für die Ausführung von Feldversuchen, bei welchen verschiedene Sorten eines Gewächses miteinander verglichen werden sollen, und wo nur kleine Unterschiede zu erwarten sind, kann eine solche Anlage nicht genügend empfohlen werden [3]). Indem man den Versuch in dieser Weise gleichsam fünfmal ausführt, auf einem möglichst gleichmässigen Boden, ist man genügend gesichert gegen Abweichungen, welche, ausserhalb der zu untersuchenden Gewächse liegenden, Ursachen zuzuschreiben sind. Wenn man dabei für jede zu untersuchende Sorte als Oberflächeneinheit 5 Ar. wählt, und diese Oberfläche gleichmässig in 5 Teilen über das Versuchsfeld verteilt, so darf man annehmen, dass der Beobachtungsfehler (mittlerer Fehler) des Ertrags der genannten Oberflächeneinheit ungefähr

---

[1]) Die amerikanische Maschine *Planet Jr. No. 3.*

[2]) Sehr bedeutend in Bezug auf die Anlage von Versuchsfeldern ist die Verhandlung von Mercer and Hall. The experimental Error of Field Trials. (The Journal of Agricultural Science IV, 1911/12, pag, 107 ff.)

[3]) Seit dem Jahre 1913 werden auch die Vergleichungsversuchsfelder des „Instituut voor Veredeling van Landbouwgewassen" nach diesem Prinzip angelegt.

2 % dieses Ertrags beträgt. Die Oberflächeneinheit grösser als 5 Ar. zu wählen, ist nach den Untersuchungen Mercer's und Hall's unzweckmässig, weil selbst eine bedeutende Vergrösserung den Beobachtungsfehler nur noch sehr wenig herabdrücken würde [1]). Ebensowenig hat man von einer Vermehrung der Parzellenanzahl eine bedeutende Erniedrigung des Fehlers zu erwarten. Es steht wohl genügend fest, dass die Oberfläche von 5 Ar. und die Anzahl von 5 Parzellen, in welchen diese Oberfläche verteilt wird, als die meist praktischen Einheiten zu betrachten sind.

Inzwischen darf man nicht aus den Augen verlieren, dass die nach dieser Methode ausgeführten Versuche sehr viele Sorge und Pünktlichkeit erfordern, so dass sie nicht einem Jeden anvertraut werden können.

Es war bei diesem Versuche ursprünglich meine Absicht, für jede Sorte eine Oberfläche von 5 Ar. und die Parzellen je 1 Ar. gross zu nehmen; es war jedoch die mir zur Verfügung stehende Säesaatmenge dazu nicht ausreichend, so dass ich mich mit einer Parzellengrösse von 0.62 Ar. begnügen musste. Indem nun die Oberflächeneinheit für jede Sorte 0.031 HA. betrug, darf man nach den oben erwähnten Untersuchungen Mercer's und Hall's annehmen, dass der mittlere Fehler des totalen Ertrags jeder Sorte nicht grösser ist als 3 % dieses Ertrags.

Die Behandlung des Versuchsfeldes war übrigens dieselbe, wie von dem gewöhnlichen Kümmel in jenen Gegenden, damit die zu untersuchenden Sorten gänzlich unter unsern gewöhnlichen Kulturverhältnissen wachsen würden. Nur bei der Ernte musste Rücksicht genommen werden auf die Tatsache, dass die verschiedenen Sorten nicht gleichzeitig reif wurden.

Die drei am frühesten reifen Sorten, No. III, VI und VII, wurden am 20. Juni 1913 abgemäht; darauf folgten

[1]) Mercer and Hall, l. c.

No. II, V und IX am 24. Juni, und schliesslich No. I, IV, VIII und X am 27. Juni.

Nach dem Abmähen wurden die Garben sogleich zu kleinen Diemen gestellt. Nachdem alles trocken geworden war, wurde jede Sorte einzeln gedroschen und die Samen, ohne vorherige Reinigung, mir zugesandt. Mittels einer kleinen Schwingmühle und eines Siebes habe ich dann alle Partien in derselben Weise reinigen lassen. Aus den gereinigten Partien wurde, nach tüchtiger Mischung, unter den nötigen Vorsichtsmassregeln je ein Muster von ungefähr 1 kg. Samen gezogen.

Die Untersuchung dieser Muster ergab nun das folgende:

Nummern der Sorten.	Ölgehalt.	Carvongehalt.	
		des ätherischen Öls.	der Früchte.
I. Moskau.	4.49%	52.5%	2.36%
II. Örebro.	4.65	55.0	2.56
III. Hamar.	4.15	55.0	2.28
IV. Bayern.	4.73	52.0	2.46
V. Siebenbürgen.	4.96	55.0	2.73
VI. Württemberg.	5.28	56.5	2.98
VII. Östl. Norwegen.	4.55	54.5	2.48
VIII. Nachzucht schweizerisch.	4.19	52.0	2.18
IX. Kasan.	4.11	54.0	2.22
X. Einheimisch.	4.53	52.5	2.38

Zur bequemen Vergleichung dieser Ergebnisse mit denen der Untersuchung der ursprünglichen Säesaat, habe ich dieselben sämtlich in der untenstehenden graphischen Darstellung zusammengestellt. *(Fig. 21).*

Es ergibt sich hieraus also, dass unter den obwaltenden Umständen die Unterschiede des Ölgehaltes, und dem-

entsprechend auch des Carvongehaltes, der Früchte erheblich kleiner geworden sind.

Es hat eine Art von Ausgleichung stattgefunden; der

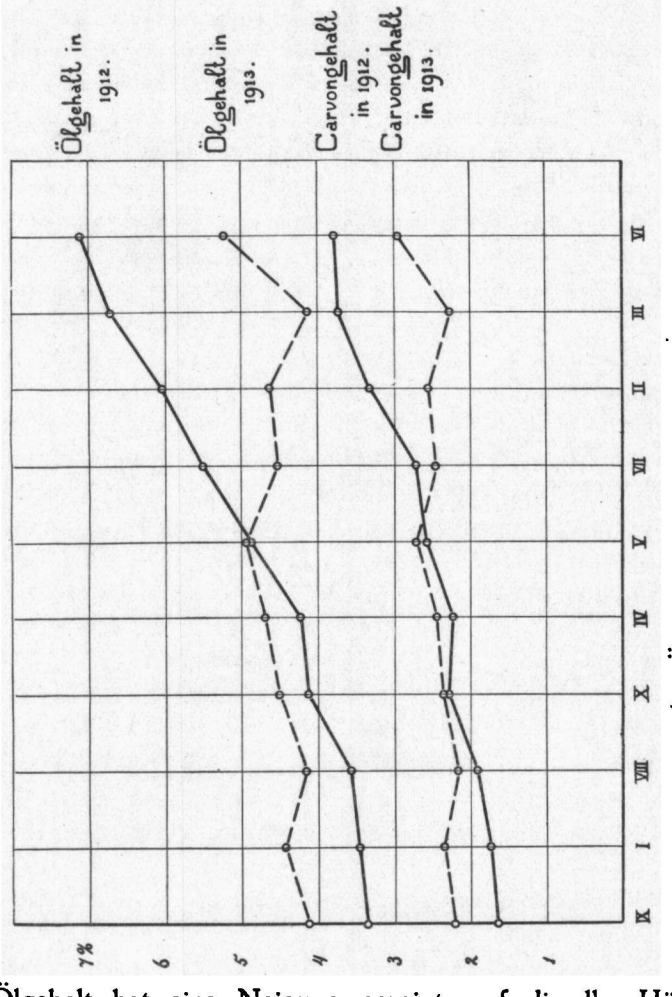


Fig. 21. Öl- und Carvongehalt von Saat und Ernte.

Ölgehalt hat eine Neigung gezeigt, auf dieselbe Höhe zu kommen, wie bei unserer gewöhnlichen, einheimischen, kultivierten Saat. Die schlechteren Sorten haben an Gehalt

zugenommen, nämlich all die Muster, welche einen Gehalt unter 4.90 % besassen; die besseren Sorten haben aber alle abgenommen.

Nur No. VI übertrifft noch immer all die anderen, obwohl auch diese Saat erheblich zurückgegangen ist.

No. V ist die einzige, welche nahezu gleich geblieben ist, insofern den Ölgehalt betrifft; der Carvongehalt dieser Sorte ist aber etwas gestiegen. Von No. X, dem einheimischen Kümmel, ist zwar auch der totale Ölgehalt ein wenig in die Höhe gegangen, jedoch nur infolge einer verhältnismässig reichlicheren Limonenproduktion, denn der Carvongehalt des ätherischen Öls zeigte einen Zurückgang.

Durch diesen Versuch wird also deutlich bewiesen, dass ein hoher Ölgehalt der ausländischen Säesaat sich unter unsern Kulturverhältnissen gar nicht erhält.

Inbetreff des Wertes dieser fremden Kümmelmuster für unsere Landwirtschaft ist aber aus diesem Versuche noch nicht viel zu schliessen. Wenn auch No. VI z. B. einen hohen Ölgehalt besitzt, so ist aber der Samenertrag pro HA. nur sehr gering. In dieser Hinsicht genügten nur No. IV und No. X. Die Erträge an gereinigten Samen betrugen nämlich:

Nummern der Sorten.	Samenertrag in kg.	Samenertrag pro HA. in Ballen von 50 kg.
I. Moskau.	17.95	11.6
II. Örebro.	30.29	19.5
III. Hamar.	19.47	12.6
IV. Bayern.	43.35	28.0
V. Siebenbürgen.	15.35	10.0
VI. Württemberg.	5.48	4.5
VII. Östl. Norwegen.	24.43	15.8
VIII. Nachzucht schweizerisch	28.87	18.6
IX. Kasan.	18.32	11.8
X. Einheimisch.	41.85	27.0

In der 3. Spalte dieser Tabelle habe ich den Ertrag in Ballen pro HA. ausgedrückt, weil dieses der übliche Massstab für Kümmelerträge ist.

Die meisten Sorten waren in dieser Hinsicht also sehr schlecht, wie zuvor auf dem Versuchsfelde auch schon deutlich zu sehen war. Nur die Nummern IV, VIII und X waren nahezu nicht von dem, das Versuchsfeld einschliessenden, gewöhnlichen Kümmelgewächse zu unterscheiden.

Am schlechtesten war der Stand der No. VI: es gab dort nur spärliche und ärmliche Pflanzen, deren viele überdies nicht blühten; diese Sorte blühte früher als die übrigen.

Die übrigen schlechten Sorten zeigten gleichfalls einen zu dünnen Stand, ohne dass dieses wieder durch reiche Verästelung und üppige Entwicklung der einzelnen Pflanzen ausgeglichen wurde. Die Pflanzen blieben überhaupt klein und ziemlich ärmlich.

Es war sehr auffallend, dass *alle 5 Parzellen einer jeden Sorte untereinander* gleich waren, wiewohl die verschiedenen Sorten selbst sich sehr deutlich voneinander unterschieden, namentlich im Frühjahre 1913 und während der Blütezeit. Diese Tatsache beweist den grossen Wert einer solchen Einrichtung des Versuchsfeldes, denn es konnte hier kein Zweifel bestehen, ob die Unterschiede vielleicht eine Folge wären von Ungleichmässigkeiten des Bodens oder zufälligen Abweichungen in der Behandlung des Versuchsfeldes. Die Unterschiede konnten nur innerlichen Differenzen der Säesaat zugeschrieben werden.

Die Ursache der schlechten Entwicklung der meisten Sorten lässt sich vorläufig nur vermuten. Untauglichkeit der Säesaat spielte hier keine Rolle, denn alle Nummern waren gut aufgegangen, die eine Sorte zwar später als die andere; am spätesten gingen die Nummern I, V, VI und VII auf. In der ersten Hälfte von August 1912, als die Ueberfrucht eben entfernt worden war, zeigten alle Parzellen einen guten Stand und unterschieden sich

die wilden Sorten nur durch den feineren Bau der Pflanzen.

Meiner Meinung nach, ist der Misserfolg der wilden Sorten dem Vorkommen verschiedener Formen in der Art *Carum Carvi L.* zuzuschreiben; wenn es hierunter welche gibt, die sich nicht unseren Verhältnissen anpassen können, unserm Klima z. B. nicht gewachsen sind, so wird infolgedessen eine Selektion stattfinden. Wenn nun eben jene Formen fehlschlagen, welche entweder einen ausserge-wöhnlich hohen, oder einen extrem niedrigen Ölgehalt zu produzieren im Stande wären, so würde dieses zudem erklären, weshalb bei diesem Versuche der Gehalt der ölreichen Sorten zurückgegangen, der ölarmen jedoch gestiegen ist.

Nur weitere Untersuchungen werden aber lehren können, ob diese Annahme richtig ist, und ob es möglich ist, unseren Verhältnissen angemessene, ölreiche Formen zu finden.

§ 3. *Einfluss des Standraumes auf die Ölproduktion.*

Wir haben bisjetzt gesehen, wie sowohl bei unserem einheimischen, kultivierten und wildwachsenden Kümmel, wie bei dem ausländischen von verschiedener Herkunft, grosse Unterschiede im Ölgehalte der Früchte gefunden wurden. Ueber die Ursachen dieser Differenzen wissen wir aber einstweilen noch nichts Bestimmtes.

Wenn wir dieser Frage aber etwas näher treten, so liegt es wohl auf der Hand, hier zwei Gruppen von beeinflussenden Faktoren zu unterscheiden, nämlich:

1. Innere Faktoren, infolge des eventuellen Vorkommens verschiedener Formen in der Art *Carum Carvi L.*, welche sich erblich voneinander unterscheiden könnten durch grössere odere geringere Fähigkeit, ätherisches Öl zu bilden, und

2. Äussere Einflüsse, wobei wir an erster Stelle denken mögen an die Bodenart, die Düngung und den Standraum.

Ueber die erste Gruppe, der inneren Faktoren, kann

ich vorläufig keine Befunde mitteilen, weil es mir noch nicht gelungen ist Genotypen zu isolieren, wiewohl ich Gründe habe um anzunehmen, dass solche, oder deren Kombinationen, bestehen. Auf diese Möglichkeit habe ich bereits im vorhergehenden Paragraphe hingewiesen.

Etwas günstiger steht es mit der zweiten Gruppe, bei der ich mich inzwischen bis dahin beschränken muss auf den Faktor: Standraum, über dessen Einfluss ich hier Einiges mitteilen werde.

Von vornherein glaubte ich eine Hinweisung in diese Richtung zu sehen in den Ergebnissen meiner Untersuchung der Ernte 1910. Es ergab sich dabei ja, dass der nordholländische Kümmel im allgemeinen den höchsten Ölgehalt besass, und weil ich nun den Eindruck bekommen hatte, dass in Nord-Holland der Stand des Kümmelgewächses gewöhnlich etwas weniger dicht war als in anderen Kümmelbauenden Gegenden, so könnte, meiner Meinung nach, hierin die Erklärung zu finden sein.

Diese Erwägung wurde Anlass zu einem Kulturversuche, bei dem eine und dieselbe Kümmelsorte in *vier verschiedenen Weisen*, hinsichtlich des Wachsraumes, der den Pflanzen zur Verfügung stand, angebaut wurde [1]).

In einem zum Kümmelbau bestimmten Felde [2]) des Herrn D. C. Rezelman im Anna-Paulownapolder, wurde ein Versuchsfeld angelegt auf einem möglichst gleichmässigen, sandigen Lehmboden. Es wurde dafür Sorge getragen, dass das Versuchsfeld überall durch das gewöhnliche Kümmelgewächs des Herrn Rezelman eingeschlossen war. Uebrigens fand die Anlage nach denselben Grundsätzen

---

[1]) Auch dieser Feldversuch wurde, wie der im vorigen Paragraphe besprochene, unter Mitwirkung der „Vereeniging tot Ontwikkeling van den Landbouw in Hollands Noorderkwartier" ausgeführt.

[2]) Die Vorfrüchte waren: Flachs, Spinat, Weizen. Vor dem Säen des Kümmels war der Boden gedüngt mit 1000 KG. Superfosfat pro HA.

statt, wie beim oben beschriebenen Versuchsfelde mit den ausländischen Sorten.

Die Säesaat war gewöhnliche einheimische, von der Samenhandlung Poortman in Rotterdam bezogene Kümmelsaat.

Es ergab sich, dass dieselbe 4.17 % Kümmelöl enthielt, welches zu 55,5 % aus Carvon bestand; der Carvongehalt der Saat war also 2.31 %.

Das 96 m. lange und 24 m. breite (2 Acker von 12 m. Breite) Versuchsfeld wurde nun in der folgenden Weise eingerichtet. Es wurde verteilt in 20 gleichen Parzellen, je 24 m. lang (die Breite des Versuchsfeldes) und 4.8 m. breit. Die Kümmelreihen liefen in der Länge der Parzellen, also quer über die beiden Aecker.

Das Gewächs wurde nun in 4 verschiedenen Weisen kultiviert.

A. Auf den Parzellen No. 1, 5, 9, 13 und 17 wurden je 16 Reihen Kümmel gesät, mit einer Reihenentfernung von 30 cm.

B. Auf den Parzellen No. 2, 6, 10, 14 und 18 ebenfalls je 16 Reihen Kümmel, mit einer Reihenentfernung von 30 cm., aber *in den Reihen* wurde das Gewächs nachher gedünnt, so dass pro 30 cm. nur eine einzige Pflanze übrig blieb.

C. Auf den Parzellen No. 3, 7, 11, 15 und 19 je 8 Reihen Kümmel, mit einer Reihenentfernung von 60 cm.

D. Auf den Parzellen No. 4, 8, 12, 16 und 20 ebenfalls je 8 Reihen Kümmel mit einer Reihenentfernung von 60 cm., aber *in den Reihen* wurde das Gewächs nachher, gleichwie bei B, gedünnt, so dass pro 30 cm. nur eine einzige Pflanze übrig blieb.

Als Ueberfrucht wurden vorher kleine grüne Erbsen gesät mit einer Reihenentfernung von 60 cm.; diese Reihen ebenfalls quer über die beiden Aecker; danach wurde, am 10 April 1912, der Kümmel, mittels einer einreihigen Handsäemaschine [1]), zwischen den Erbsenreihen gesät.

---

[1]) Die amerikanische Maschine *Planet Jr. No. 3.*

Die Reihenentfernung von 60 cm. ist für den Kümmel zwar eine abnorm grosse, aber ich wählte dieselbe eben um Extreme zu erhalten, wodurch der Einfluss des Standraumes sich deutlicher offenbaren würde.

Die Behandlung des Gewächses war weiter dieselbe, wie im Anna-Paulownapolder üblich, mit Ausnahme selbstverständlich des Dünnens der Parzellen B und D, welches im August stattfand, nachdem die Erbsen entfernt worden waren. Es wurde dann zudem darauf acht gegeben, dass A und B in den Reihen überall einen gewöhnlichen dichten Stand hatten; in den Reihen von B und D wurden soviele Pflanzen ausgejätet, dass die übrig bleibenden ungefähr 30 cm. voneinander entfernt standen.

In der Mitte von Juni 1913, also eben vor dem Reifen der Samen, zeigte sich der Stand der Parzellen sehr verschieden. Alle Parzellen mit einer Reihenentfernung von 30 cm. und einem dichten Stand in den Reihen (die Parzellen A) trugen ein normal aussehendes Gewächs; auf den Parzellen B, wo also die Reihen gedünnt waren, war das Gewächs weniger gut. Die Reihenentfernung von 60 cm., mit normalem dichten Stand in den Reihen (die Parzellen C), hatte ein Gewächs gegeben, welches sich anscheinend nicht von demselben der Parzellen A unterschied; das Gewächs der Parzellen D aber, wo die Pflanzen den dünnsten Stand hatten, war entschieden schlecht.

Wir werden sehen, dass auch der Samenertrag hiermit ganz übereinstimmte. Gegen Ende Juli 1913 wurde der Kümmel geerntet und sogleich gedroschen und gewogen. Aus den Samenpartien A, B, C und D (nach Zusammenfügung der 5 Parzellen) wurde je ein Muster von etwa 1 kg. gezogen, welches zur Bestimmung des Ölgehalts und der Ölqualität dienen sollte.

Die Ergebnisse dieses Versuches waren die folgenden:

Standraum.	Ölgehalt.	Carvongehalt des ätherischen Öls.	Carvongehalt der Früchte.	Samenertrag in kg.	Samenertrag in Ballen von 50 kg. pro HA.
A. Reihenentfernung 30 cm., dichter Stand	4.89%	51.5%	2.52%	61.5 kg.	21.4
B. „ 30 cm., dünner Stand	5.14 „	52.0 „	2.67 „	44.5 „	15.5
C. „ 60 cm., dichter Stand	5.03 „	53.0 „	2.67 „	61.5 „	21.4
D. „ 60 cm., dünner Stand	5.44 „	53.0 „	2.88 „	35.5 „	12.2

An erster Stelle ergibt es sich also, dass der Ölgehalt dieser Ernte grösser ist als bei der Säesaat, welche, wie oben schon mitgeteilt wurde, nur 4.17 % Kümmelöl enthielt. Die Qualität des ätherischen Öls ist etwas zurückgegangen (von 55.5 % bis zu 51.5—53.0 % Carvon), aber nur in so geringem Grade, dass der Carvongehalt des Samens der Ernte noch höher ist als bei der Säesaat.

Deutlich zeigt sich hier nun der Einfluss des Standraumes auf die Qualität der Früchte. Diejenigen Pflanzen, welchen *der grösste Wachsraum* zur Verfügung stand, zeigen die *ausgiebigste Ölproduktion.*

Die Unterschiede sind aber nicht gross, wie leicht einzusehen ist, wenn man den Beobachtungsfehler der Ölbestimmungen in Betracht zieht. Wir können nur mit Bestimmtheit sagen, dass A den niedrigsten und D den höchsten Ölgehalt besitzt, während aber B und C nicht hinreichend voneinander abweichen um darüber mit genügender Wahrscheinlichkeit ein Urteil aussprechen zu dürfen.

Auch die Qualität des ätherischen Öls ist bei A am schlechtsten.

Die Samenerträge bieten ein überraschendes Ergebnis dar, weil A und C gleichviel eintrugen, obwohl die Anzahl der Pflanzen von C nur die Hälfte von A betrug.

Die Erträge von B und D waren so gering, dass hierdurch endgültig erwiesen ist, dass eine solche Anbaumethode für die Praxis unbrauchbar ist; der Methode C, — Reihenentfernung 60 cm., mit dichtem Stande in den Reihen — ist, diesem Versuche nach, der Vorzug zu geben, wenn der Carvonertrag am ausgiebigsten sein soll.

§ 4. *Unterschiede in der Ölproduktion einzelner Pflanzen.*

Die experimentellen Untersuchungen über den Gehalt an ätherischem Öle, deren Ergebnisse ich bisjetzt mitgeteilt habe, bezogen sich alle nur entweder auf ganze Gewächse — ohne Zweifel Populationen —, oder, wo von wildwachsenden Pflanzen die Rede war, auf wenigstens mehrere, vor der Untersuchung zusammengefügte Pflanzen. Ich bin mir dementsprechend denn auch wohl bewuszt, dass jene Untersuchungen nichts weiteres beanspruchen können, als eine vorläufige Orientierung in dem vorliegenden Materiale zu sein.

Ich glaube aber, dass dergleichen Untersuchungen an einem Gewächse als solchem gar nicht überflüssig zu sein brauchen; sie können eben einen Beitrag liefern zur besseren Kenntnis einer Landrasse, als wie auch der einheimische kultivierte Kümmel aufzufassen ist. Wenn man auch die Einwendung machen könnte, dass solches Material doch sehr ungleich beschaffen sein kann, so glaube ich jedoch nicht, dass dafür im gegebenen Falle genügende Gründe anzuführen sind. Wenn wir hier wirklich mit einem Gemische vieler, genotypisch verschiedener, Formen zu tun haben, so wird doch diese Landrasse, welche schon seit

langem unter nahezu denselben Verhältnissen in den Niederlanden angebaut worden ist, keine bedeutende Veränderungen in ihrer Zusammensetzung mehr erleiden.

Wenn wir aber über das Vermögen der Pflanzen, ätherisches Öl zu bilden, Näheres zu wissen verlangen, oder versuchen wollen, genotypische Unterschiede ausfindig zu machen, so müssen wir herabsteigen zu den zusammensetzenden Elementen dieses Gewächses, also zu den einzelnen Pflanzen. Es tut sich dann von selbst die Frage auf, wie gross die Unterschiede in der Ölproduktion bei einzelnen Pflanzen sind, und weiter, ob die Unterschiede nur der fluktuierenden Variabilität zuzuschreiben, oder aber genotypischer Natur sind.

Ich habe schon längst in diese Richtung Versuche anzustellen beabsichtet, aber dieser Vorsatz musste bis dahin scheitern an der Bedingung der verhältnismässig grossen Quantität der Früchte, die zu einer einigermassen sicheren Ölbestimmung erforderlich ist; es war mir nicht möglich, eine genügende Menge reifer Früchte einer einzelnen Pflanze zu gewinnen. Eine Menge von gut 30 g. Früchte wird erstens nur durch die kräftigsten Pflanzen produziert, und dann wird das Sammeln der reifen, während des trockenwerdens so leicht abfallenden, Früchte bei unter natürlichen Verhältnissen wachsenden Pflanzen sehr beschwerlich.

Schliesslich aber ist es mir doch gelungen, Pflanzen zu bekommen, die eine solche Untersuchung mit den gegebenen Mitteln zulassen. Es betrifft hier nämlich Kümmelpflanzen, welche die Eigenschaft besitzen, die Früchte nicht fallen zu lassen. Es war bei diesen Pflanzen möglich, die Früchte auf natürliche Weise reif und trocken werden zu lassen und dennoch alle zu behalten.

Solche Pflanzen kommen ab und zu in der Kultur vor, sind aber selten. Auch unter wildwachsenden Kümmelpflanzen finden sie sich; so habe ich einige mit dieser

Eigenschaft gesammelt auf dem Rheindeich in der Nähe des Grebbebergs bei Wageningen [1]).

Ölbestimmungen an einzelnen Pflanzen habe ich nun ausgeführt bei aus einer meiner Kulturen stammendem Material, nämlich bei 8 kräftigen Pflanzen. Die Kultur, der diese Pflanzen entnommen wurden, hat im Jahre 1909 angefangen, aus Säesaat, welche ich aus dem Botanischen Garten der Universität Utrecht empfangen hatte. Seitdem habe ich diese Sorte stets gesondert weiterkultiviert, eben weil sich darin Pflanzen fanden, deren Früchte bei der Reifung weder spalteten, noch nach völliger Trocknung abfielen. Erst im Jahre 1914 entwickelten sich in dieser Kultur einige Pflanzen mit dieser Eigenschaft so kräftig, dass sie je eine genügende Menge Früchte lieferten um eine Ölbestimmung möglich zu machen.

Diese Pflanzen haben sich unter denselben normalen Verhältnissen entwickelt und sind somit ohne weiteres untereinander vergleichbar. Nur eine der betreffenden Pflanzen ist eine gewöhnliche, insofern die Früchte bei der Reifung spalten und abfallen; dieselbe war aber sehr kräftig entwickelt und bei grosser Sorgfalt gelang es mir, alle Früchte in reifem Zustande zu sammeln.

Die Früchte aller Pflanzen wurden an einer sehr trocknen Stelle aufbewahrt und vor den Ölbestimmungen sorgfältig von allen fremden Beimischungen, wie Teile von Fruchtstielchen, Blättern u. s. w. gereinigt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen finden sich hier in der unterstehenden Tabelle.

Die Pflanzen unterscheiden sich also untereinander ziem-

[1]) Diese wildwachsenden Pflanzen waren nicht kräftig entwickelt und lieferten nicht genug Früchte zur Ölbestimmung der einzelnen Pflanze. Die Früchte einiger Pflanzen zusammen wurden untersucht; der Ölgehalt betrug 5.84 %; der Carvongehalt des ätherischen Öls war 55.0 %, der Carvongehalt der Früchte also 3.21 %.

Nummer der Pflanze.	Ölgehalt.	Brechungskoeffizient des ätherischen Öls.	Carvongehalt des ätherischen Öls.	Carvongehalt der Früchte.
094	2.36 %	1.4861	56.0 %	1.32 %
096	2.80 „	63	57.0	1.60
0116	3.06 „	59	55.5	1.70
083	3.47 „	54	54.5	1.89
0162	3.55 „	37	46.5	1.65
052	3.85 „	48	51.0	1.96
0123	3.98 „	55	54.0	2.15
0156	4.10 „	65	58.0	2.38

lich stark; der niedrigste Ölgehalt ist hier 2.36 %, der höchste 4.10 %. Die Qualität des Öls schwankt nur wenig; nur eine Pflanze, No. 0162, hatte ein ätherisches Öl mit einem abnorm niedrigen Brechungskoeffiziente. Ausser dieser Pflanze entspricht einem höheren Gehalt an ätherischem Öle auch ein höherer Carvongehalt der Früchte.

Bei der Betrachtung der gefundenen Ölgehalte müssen wir nun wieder den Beobachtungsfehler ($\pm$ 0.056) beachten, welcher der Ölbestimmung anhaftet. Wenn wir also wiederum als äusserste Grenzen des tatsächlichen Ölgehaltes den gefunden Wert $\pm 3 \times 0.056$ betrachten, so dürfen wir schliessen, dass die Pflanze 094 sicher den niedrigsten Ölgehalt besitzt.

Die Pflanzen 096 und 0116 können von gleichem Gehalte sein, haben aber beide weniger ätherisches Öl produziert als all die folgenden der Tabelle.

Auf diese Weise können wir noch weitere Gruppen bilden, nämlich [083 und 0162]; [0162 und 052]; [052, 0123 und 0156].

Die Pflanzen 083 und 0162 können nach Ölgehalt wohl gleich sein, besitzen aber, was 083 betrifft sicher, was

0162 betrifft höchstwahrscheinlich, weniger Öl als die Gruppe [052, 0123 und 0156].

Die 3 letztgenannten Pflanzen sind möglicherweise gleich; 0123 und 0156 besitzen aber sicher mehr Öl, als eine jede der ersten 5 Pflanzen der obenstehenden Tabelle.

Es hat sich also gezeigt, das anscheinend gleichartige Pflanzen einer Kultur, welche sich unter gleichen Bedingungen entwickelt haben, eine sehr verschiedene Fähigkeit zur Bildung von ätherischem Öle besitzen. Durch die hier angewandte Methode ist es nun möglich, aus einem bestimmten Kümmelgewächse mehrere Pflanzen zu isolieren, die sich durch eine grössere oder geringere Ölproduktion auszeichnen. Die Frage aber, ob man hier nur mit einer fluktuierenden Variation oder mit Unterschieden genotypischer Natur zu tun hat, muss ich vorläufig dahingestellt sein lassen; die Beantwortung wird erst nach eingehenden weiteren Untersuchungen möglich sein.

Wageningen, Dezember 1916.

ABBILDUNGEN IM TEXTE.

Seite.

Fig. 1. Medianer Längsschnitt durch ein Gynaeceum 176
„ 2. Gynaeceum der Blüte im ♂ Stadium . . . 177
„ 3. „ „ „ „ ♀ „ . . . 177
„ 4. Blütendiagramm 179
„ 5. Reife trockne Frucht vor der Spaltung . . 179
„ 6. Querschnitt durch eine unreife Frucht . . 180
„ 7. Keim aus einem gequollenen Samen . . . 181
„ 8. Querschnitt durch ein reifes Mericarp . . 191
„ 9. Optische Längsschnitte durch zwei Vitta-Abteilungen einer reifen Frucht. 193
„ 10. Epithelzellen einer Vitta. Flächenansicht und Längsschnitt 195
„ 11. Gefässbündelverlauf in der Frucht 199
„ 12. Medianer Längsschnitt durch die Spitze eines reifen Mericarps 207
„ 13. Medianer Längsschnitt durch ein reifes Mericarp 211
„ 14. Endospermzellen und Aleuronkörner . . . 212
„ 15. Florentiner Flasche 248
„ 16. Teile von drei jungen Ölstriemen mit langgestreckten Öltropfen 254
„ 17. Destillationsröhre 284
„ 18. Brechungskoeffizientenkurve der Carvon-Limonen-Gemische 290
„ 19. Abgeänderte Florentiner Flasche 292

Seite.
Fig. 20. Ölgehalt, Carvongehalt und Länge der Teilfrüchte. (Graphische Darstellung) 316
„ 21. Öl- und Carvongehalt von Saat und Ernte. (Graphische Darstellung) 328

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

Tafel IX. Blühende kultivierte Pflanze; bei Beginn des Blühens. Hauptachsendolde schon abgeblüht.

Tafel X. Fig. 1. Photogr. eines Döldchens einer Hauptachsendolde bei Beginn des Blühens. Vergrösserung $\frac{5}{1}$.

Fig. 2. Photogr. eines Döldchens im ♂ Stadium, nach Entfernung vieler Blüten; nur die in der Medianfläche des Döldchens stehenden Blüten übrig geblieben. Vergrösserung $\frac{5}{1}$.

Fig. 3. Photogr. eines Döldchens im ♀ Stadium, ebenfalls nach Entfernung der nicht in der Medianfläche stehenden Blüten. Vergrösserung $\frac{5}{1}$.

Fig. 4. Photogr. einer Blüte im ♂ und einer im ♀ Stadium. Von der ersten schon 3 Staubfäden abgefallen; 3 der Blumenblätter entfernt. Zwischen beiden Blüten ein Discus mit den beiden noch gekreuzten Griffeln, von oben gesehen. Vergrösserung $\frac{5}{1}$.

Fig. 5. Mikrophotogr. eines Streifens der Fruchtwand einer reifen Frucht, mit einer Vitta. Vergrösserung $\frac{420}{1}$.

K. Zijlstra phot.

Fig. 1.

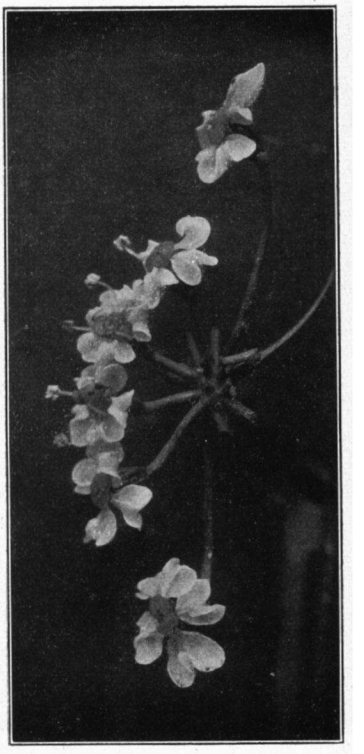


Fig. 2.

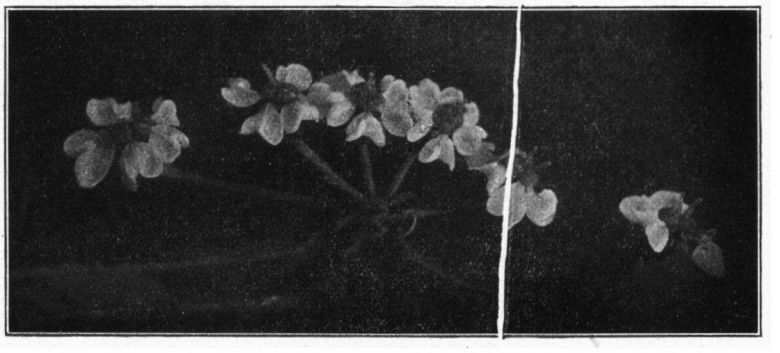


Fig. 3.

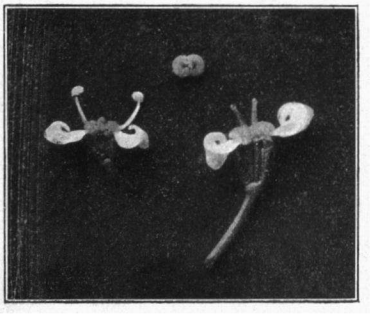


Fig. 4.

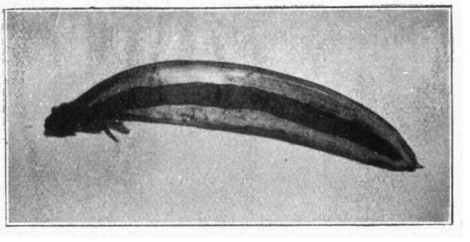


Fig. 5.

K. Zijlstra phot.

INHALT.

Seite.

Einleitung 159
I. Kapitel. Beschreibung der Pflanze 163
II. Kapitel. Der mikroskopische Bau der Frucht . . 183
III. Kapitel. Das Blühen und die Bestäubung . . . 219
IV. Kapitel. Das ätherische Kümmelöl 246
§ 1. Gewinnung des ätherischen Öls und die Bestandteile desselben 246
§ 2. Ueber die Entstehung des ätherischen Öls . 251
§ 3. Gehalt der Kümmelfrüchte 260
§ 4. Bestimmung der spezifischen Depression. Behandlung des Gefrierapparates 269
V. Kapitel. Die Dampfdestillation 282
§ 1. Verbesserung der Methode 282
§ 2. Bestimmung der Beobachtungsfehler 299
VI. Kapitel. Einige mittels der Ölbestimmungsmethode ausgeführte Untersuchungen 311
§ 1. Gehaltsunterschiede beim niederländischen Kümmel eines und desselben Erntejahres. Äusseres Aussehen und Qualität 311
§ 2. Vergleichung ausländischer Kümmelsorten mit unserem einheimischen Kümmel, unter denselben Kulturverhältnissen 321
§ 3. Einfluss des Standraumes auf die Ölproduktion 331
§ 4. Unterschiede in der Ölproduktion einzelner Pflanzen 336