

Physiologische Merkmale der Pflanzen, ihre Variabilität und ihre Beziehung zur Evolutionstheorie.

Von

Sergius Ivanow, Moskau.

Die vorliegende Arbeit enthält eine Reihe von Untersuchungen in systematischer Hinsicht einander nahe stehender pflanzlicher Arten. Ihre Aufgabe ist, ähnliche Merkmale im inneren Leben der Pflanzen anzuführen und zu zeigen, daß neben den morphologischen bei Pflanzen noch physiologische Merkmale existieren. Der Systematiker baut das Pflanzensystem auf Grund morphologischer Merkmale auf; es gibt aber auch viele innere Merkmale physiologischen Charakters, welche zur Erklärung des genetischen Zusammenhanges zwischen verschiedenen Arten sehr tauglich sind. Ihre Beziehungen zu morphologischen sind sehr einfach. Die Form der Pflanzen verändert sich, und beim Anpassen an die Bedingungen des Daseins bilden sich neue Arten. Mit der Zeit gehen die Veränderungen der Form immer tiefer, und bald unterscheidet der Systematiker neue Arten von einem anderen Genus oder einer anderen Familie. Andererseits findet in jeder Pflanze ein spezifischer Stoffwechsel statt, sie bildet bestimmte Produkte; der Zusammenhang zwischen pflanzlicher Art und ihrer physiologischen Funktion ist ohne weiteres klar. Der Stoffwechsel ist eine Funktion der Art; verändert sich die Form, so verändert sich auch der Stoffwechsel, und in weit voneinander stehenden Arten finden wir auch keine Ähnlichkeit der Produkte mehr. Wenn aber der Stoffwechsel bei entfernt stehenden Arten verschieden ist, so entsteht die Frage, wie es mit dieser Funktion bei verwandten Arten steht. Vielleicht wäre es möglich, Übergänge von einer Art zur anderen zu finden, und folgen die Veränderungen der inneren Merkmale der Formen-evolution?

Die pflanzlichen Arten bilden eine Evolutionstreppe. Es scheint, daß die Evolution des Stoffwechsels ein einfacher logischer Schluß aus der Evolutionstheorie sein müsse. Nehmen wir be-

stimmte Produkte, z. B. die Öle, welche viele Pflanzen beim Reifen der Samen bilden, und verfolgen wir den Ölbildungsprozeß. Die Öle bestehen aus komplexen Glyzeriden gesättigter und ungesättigter Fettsäuren. Die quantitativen Verhältnisse verschiedener Säuren erscheinen uns zufällig; die Natur der Pflanze reguliert wahrscheinlich diese Verhältnisse. Wir kennen aus unseren früheren Arbeiten schon einige Seiten des Ölbildungsprozesses und wissen, daß ungesättigte Säuren sich aus den gesättigten bilden; je weniger die Säure gesättigt ist, desto später bildet sie sich beim Reifen der Samen. Die Fettsäurebildung bei diesem Prozesse kann schematisch in folgender Weise dargestellt werden:



Wir beobachten in der Tat, daß das Öl unreifer und reifer Samen nicht gleich ist. Das Öl aus unreifem Leinsamen unterscheidet sich von dem aus reifem Samen durch eine kleinere Jodzahl und durch langsameres Trocknen.

Wir wählten zu unserer Untersuchung ein so kompliziertes Produkt wie das Pflanzenöl, weil wir dabei auch einen so sehr komplizierten Apparat mit einem ganzen Komplex von Fermenten, wie das der Ölbildungsapparat ist, mit untersuchen konnten.

Beim Vergleichen von Ölen zweier verwandter Arten schließen wir, wenn wir letztere ähnlich finden, daß die Apparate, welche bei dem Ölbildungsprozeß Anteil genommen haben, bei diesen Arten ähnlich sind. Weil der Ölbildungsapparat sehr kompliziert ist, ist zu erwarten, daß bei verschiedenen Arten verschiedene Verhältnisse zwischen gesättigten und ungesättigten Fettsäuren auftreten können; die Jodzahlbestimmung kann diese Veränderungen sofort kontrollieren. Untersuchen wir eine ganze Reihe von verwandten Pflanzen, so können wir eine Reihe von Übergängen beobachten sowie eine Vereinfachung oder Komplikation des „Ölmoleküls“ u. s. f.

Wenn zwischen der Form der Pflanze und ihrem Ölbildungsapparat kein Zusammenhang existieren sollte, so wäre es selbstverständlich, daß wir keine Übergänge beobachten könnten, und die Idee der Evolution des inneren Apparates wäre im Grunde falsch. Vorliegende Untersuchungen sollen die Richtigkeit einer solchen Idee zeigen. Die Methodik der Öluntersuchungen ist verhältnismäßig einfach und genau. Die Säurezahl, die Verseifungszahl, die Jodzahl, die Hexabromid- und Tetrabromidproben geben eine genaue Charakteristik vom Öl und kontrollieren einander. Wenn die Jodzahl bei verschiedenen Ölen ähnlich ist und sie aus Fettsäuren verschiedener Natur bestehen, so sind die Hexa- oder Tetrabromidproben dieser Öle verschieden. Sind alle 5 Untersuchungselemente gleich, so sind auch die Öle ähnlich. Wir können auf Grund dieser Elemente nicht nur die Verhältnisse zwischen den Fettsäuren, sondern auch einige von letzteren genau unterscheiden (und zwar Linolen- und Linolsäure und sehr oft auch Oleinsäure nach ihrem flüssigen Dibromid).

Das Öl hat noch andere Vorteile vor anderen komplizierteren Substanzen voraus, z. B. vor Proteinen und Kohlenhydraten; denn

wir kennen den Ölbildungsprozeß beim Reifen der Samen besser, als viele andere Prozesse. Die Fähigkeit der Pflanzen, bestimmtes Öl zu bilden, nennen wir ein „physiologisches Merkmal“ der Pflanze.

Die Ähnlichkeit einiger Substanzen, welche verwandte Arten bilden, hat schon seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf sich gelenkt. In der Arbeit von J. Wiesner¹⁾ fanden wir, daß in der Geschichte der Botanik die Idee von dem Zusammenhang der Ähnlichkeit der Substanzen mit der Verwandtschaft der produzierenden Pflanzen schon längst bestanden hat. Wie groß die praktische Bedeutung dieser Idee ist, lesen wir in der Abhandlung von J. Wiesner (Greshof): „Der Phytochemiker kann dem Systematiker doch wertvolle Beiträge liefern für die Aufstellung eines Pflanzensystems, und oft wird er in zweifelhaften Fällen, wo die botanischen Methoden im Stiche lassen, durch seine vergleichende Analyse imstande sein, eine Entscheidung zu treffen über die systematische Zusammengehörigkeit der Pflanzen.“

J. Wiesner hat mehrere Euphorbiaarten (*Euphorbia Cyparissias*, *E. Esula*, *E. platyphylla* var. β *stricta* und *E. lactiflua*) folgenderweise charakterisiert:

1. Durch das Auftreten von Kautschuk, welcher Körper aber nur in sehr geringer Menge vorkommt;
2. durch das Auftreten von Harzen, welche in sehr großer Menge an der Zusammensetzung des Milchsaftes Anteil nehmen;
3. durch das Auftreten von „Euphorbon“.

Dr. Tine Tammes²⁾ charakterisiert die Familie der *Dipsacaceae* durch das Auftreten von „Dipsacan“, ein Chromogen, welches nur bei *Dipsacaceae* sich bildet.

Wir meinen, daß diese Beobachtungen einzelne Fälle einer allgemeinen Erscheinung, der Evolution der Formen sind und daß jedes Pflanzengenus seine spezifischen Substanzen bildet; das Euphorbon ist eine solche bei Euphorbiaarten, Dipsacan in der Familie der *Dipsacaceae*.

Nennen wir die Fähigkeit der Pflanzen, ein bestimmtes Öl zu bilden, ihr physiologisches Merkmal und operieren wir mit ihm analog den morphologischen Merkmalen, so müssen wir uns überzeugen, daß diese Fähigkeit sich fest in den Grenzen der Art hält und nur in den Grenzen des Genus, der Familie u. s. w. variieren kann.

Um festzustellen, ob sich das physiologische Merkmal in den Grenzen der Art verändert, wählten wir die Samen von *Pinus*

¹⁾ Wiesner, J., Über die chemische Beschaffenheit des Milchsaftes der Euphorbiaarten nebst Bemerkungen über den Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und der systematischen Stellung der Pflanzen. (Sitzb. d. K. Akad. d. Wissensch. Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. 121. 1912. Abt. I. p. 79.)

²⁾ Tammes, Tine, Dipsacan und Dipsacotin, ein neues Chromogen und ein neuer Farbstoff der *Dipsacaceae*. (Rec. d. travaux botan. Néerland. 1908.) (S. auch Molisch, H., Mikrochemie der Pflanzen. 1913.)

silvestris, welche Pflanze sehr weit verbreitet ist. Bei der Untersuchung des Öls dieser Samen könnten wir die Abhängigkeit seiner Zusammensetzung von Klima und Boden feststellen und hiermit die Frage von der Beständigkeit des physiologischen Merkmals entscheiden.

Übersicht der Objekte von *Pinus silvestris*.

Gouvernement	Samenprüfungszeit	Keimfähigkeit während 20 Tagen in %
1. Wilna	11. III. 1913	76
2. Witebsk	1. III. 1913	90
3. Wiatka	21. III. 1913	36
4. Kazan	26. II. 1913	95
5. Kiew	28. II. 1913	84
6. Lomscha	1. III. 1913	81
7. Minsk	21. III. 1913	76
8. Orenburg	28. II. 1913	76
9. Poltawa	27. II. 1913	91
10. Saratow	21. III. 1913	97
11. Suwalki	21. III. 1913	76
12. Ufa	28. II. 1913	93

Das Öl wurde durch dreimalige Digestion (jedesmal 3 Tage) des zerriebenen und zermahlenden Samens gewonnen. Nach der Abdestillation des Äthers wurde das Öl im Wasserstoffstrom oder im Vakuum bei 96 - 98° bis zu konstantem Gewicht getrocknet. Das Öl war hellgelb; seine Quantität schwankte unbedeutend, bei verschiedenen Objekten zwischen 17,5—19%.

Tabelle I. *Pinus silvestris*. Ölcharakter.

Gouvernement	Säurezahl	Verseifungszahl	Jodzahl	Hexabromidprobe	Tetrabromidprobe
1. Wilna	2,4	185	162,3	+	+
2. Witebsk	2,1	186,5	160,8	+	+
3. Wiatka	1,8	186,2	160,1—171	+	+
4. Kazan	2,8	182,1	161	+	+
5. Kiew	1,4	185,7	163,7—164,2	+	+
6. Lomscha	2,6	182,2	160,2—160,4	+	+
7. Minsk	4,3	186,6	162,4—163,4	+	+
8. Orenburg	5,06	187,2	163,6—163,8	+	+
9. Poltawa	2,4	185,1	160—160,5	+	+
10. Saratow	1,7	182,6	162,5—162,9	+	+
11. Suwalki	3,6	186,1	165	+	+
12. Ufa	1,9	182,4	162,8	+	+

Die Positiven Hexa- und Tetrabromidproben zeigen, daß das Öl von *Pinus silvestris* Linolen- und Linolsäure enthält. Die Schmelzpunktbestimmung der Hexabromide fällt überall genau zu-

sammen. Reine Hexabromide zeigten den Schmp. = 176—178° C, was der Linolensäure entspricht. Einige Ziffern zeigen die Menge der Hexabromide in verschiedenen Objekten, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht:

Hexabromidmenge im Öl von <i>Pinus silvestris</i>					
	die Samen aus Witebsk gaben 19%				
"	"	"	Lomscha	"	24,3%
"	"	"	Saratow	"	20,0%
"	"	"	Suwalki	"	23,0%

Nach der Hexamidprobe wurde abfiltriert und der Äther abgetrieben. Der Rückstand wurde mit Petroläther vermischt. Nach 2 Stunden wurde eine kleine Menge eines weißen, kristallinen Niederschlags von Tetrabromid mit dem Schmp. = 110—113° C ausgefüllt. Dieses Tetrabromid entsprach also der Linölsäure. Nach dem Abtrennen der Tetrabromidkristalle bekommen wir eine große Menge einer ölartigen Flüssigkeit, welche dem flüssigen Oleinsäuredibromid sehr ähnlich war. Folglich enthält das Öl von *Pinus silvestris* wenigstens drei ungesättigte Säuren; von welchen zwei Linolen- und Linolsäure sind. Die Schwankungen der gefundenen Zahlen sind unbedeutend.

Die Mittelzahl für freie Säuren ist	2,9	gleich	(1,4—5,06)
" " " die Verseifungszahl	184,9		(182,1—187,2)
" " " die Jodzahl	162,5		(160—165)

Man darf hierbei nicht vergessen, daß wir volle Übereinstimmung der Zahlen unter den verschiedenen Bedingungen nicht erwarten können; jedenfalls überschritten aber in unseren Untersuchungen die Schwankungen der Zahlen die Grenzen der Versuchsfehler. Aus diesen Untersuchungen können wir schließen, daß das Öl von *Pinus silvestris* unter allen Bedingungen identisch bleibt und daß der Ölbildungsapparat von äußeren Bedingungen nicht abhängig ist.

Einen ähnlichen Schluß können wir auch aus den Untersuchungen des Öls einer anderen Konifere, *Picea vulgaris*, ziehen. Die Keimfähigkeit der Piceasamen betrug 8% für das Gouvernement Wiatka und 7% für Kowno. Das Klima von Wiatka ist kontinental, wogegen Kowno im Meeresklima liegt.

Tabelle II. *Picea vulgaris*. Ölcharakter.

Gouvernement	Säurezahl	Verseifungszahl	Jodzahl	Hexapromidprobe	Tetrabromidprobe
Wiatka	26,5	186,1	158,7	+	+
Kowno	18,7	187,55	157,2	+	+

Das Öl ist hellgelb. Die Menge beträgt 15—19%; das Hexabromid besitzt einen Schmp. von 177—113°. Die Tetrabromidprobe ist positiv mit Schmp. 113° C. Das Öl enthält Linolen- und Linolsäure. Eine große Menge von öartiger Flüssigkeit, welche vom Tetrabromid abgesondert und durch Petroläther abdestilliert wird, zeigt, daß das Piceaöl auch eine 3. ungesättigte Fettsäure vom Oleinsäuretypus enthält. Also ist das physiologische Merkmal des Piceaöls auch dauerhaft und von äußeren Bedingungen unabhängig. Wir beobachteten schon früher ähnliche Erscheinungen an *Linum usitatissimum*, *Brassica Napus oleifera* u. s. w.

Wir sehen also, daß das physiologische Merkmal in der Pflanze unverändert bleibt; wir wollen jetzt einen weiteren Schritt machen und die Frage lösen, ob das physiologische Merkmal bei verschiedenen Arten desselben Genus verschieden ist. Wir haben *Tilia*, *Ulmus* und Oleaarten untersucht. Die Früchte von *Tilia americana*, *T. argentea*, *T. europaea parvifolia* und *T. macrophylla* haben wir von Haage & Schmidt bezogen. Das Öl von *Tilia* ist hellgelb und beträgt 13,95% des Trockengewichts der Samen.

Tabelle III. Tiliasamenöl.

	Säurezahl	Verseifungszahl	Jodzahl	Hexabromidprobe	Tetrabromidprobe
<i>Tilia americana</i>	16,9	191,2	{ 162,5 163,5	} 0,0	+
„ <i>argentea</i>	28,6	197,5	{ 160,9 161,9	} 0,0	+
„ <i>europ. parvifolia</i>	22,4	198,1	{ 162,0 162,2	} 0,0	+
„ <i>macrophylla</i>	16,3	197,9	{ 160,7 160,7	} 0,0	+

Das Öl der Tiliasamen enthält keine Spuren von Linolensäure. Zur Charakteristik des Tiliaöls ist die Tetrabromidprobe besonders wichtig. Schmp. des Tetrabromids 112—113° C.

Die Menge der Linolsäure bei *Tilia* beträgt

bei <i>Tilia argentea</i>	9,89%	Linolsäure
„ „ <i>americana</i>	12,5%	„
„ „ <i>europaea parvifolia</i>	5,4%	„

Die größte Menge ungesättigter Säuren bildet Oleinsäure, doch können wir infolge seiner hohen Jodzahl vermuten, daß das Tiliaöl irgendeine mehr ungesättigte Säure, vielleicht Isolinensäure enthält.

Verschiedene Tiliaarten haben eine ähnliche Ölcharakteristik. Während die morphologischen Merkmale sich sehr scharf unterscheiden, bleiben die physiologischen bei allen Arten fast konstant. Diese Erscheinung ist bedeutungsvoll, sie zeigt, daß die Variabilität des pflanzlichen Organismus unter äußeren Bedingungen sehr lang-

sam vor sich geht. Erst entstehen äußere Veränderungen, auf Grund deren der Systematiker neue Arten unterscheiden kann, doch behalten diese Arten noch lange Zeit denselben Stoffwechsel und bilden Reservestoffe, welche ihre Vorfahren gebildet haben.

Untersuchen wir ferner das Ulmusöl. Ganz frische Samen von *Ulmus pedunculata* und *Ulmus campestris* der Ernte von 1913 habe ich aus dem Landwirtschaftl. Institut zu Moskau bezogen. Das Öl ist dunkelgrün, wird leicht fest und hat, nach Pawlenko, eine Schmp. von 5,7° C.¹⁾

Tabelle IV. Ölcharakteristik der Ulmusarten.

	Säurezahl	Verseifungszahl	Jodzahl	Hexabromidprobe	Tetrabromidprobe
<i>Ulmus pedunculata</i>	—	—	22,4	0,0	0,0
<i>Ulmus campestris</i>	24,4	—	22,7	0,0	0,0

Ungesättigte Säuren bilden einen gleichen Teil der Glyzeride; Linolen- und Linolsäure fehlen. Die Hauptmasse besteht aus gesättigter Säure. Pawlenko hat 52,6% Kaprilsäure gefunden.

Olea europaea ist eine bekannte, ölliefernde Pflanze. Ihre Früchte enthalten bis zu 30% Öl. *Olea ilicifolia*, ein Zierbaum, enthält 4—5% Öl.

	Jodzahl	Hexabromid	Tetrabromidprobe
<i>Olea europaea</i>	90	0,0	0,0
<i>Olea ilicifolia</i>	89,9—90,7	0,0	0,0

Es ist bekannt, daß *Olea europaea* nur eine ungesättigte Säure, die Oleinsäure bildet, deren Dibromid bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist, was auch für das Öl aus *Olea ilicifolia* charakteristisch ist.

Gehen wir nun von unseren eigenen Untersuchungen zur Literatur über, so können wir viele ähnliche Resultate finden; folglich reguliert derselbe physiologische Apparat den Ölbildungsprozeß. Die Öle von *Cucurbita pepo* und *C. citrullus*²⁾ sind identisch. Sie enthalten gesättigte Palmitin- und Stearinsäure und ungesättigte Olein- und Linolensäure.

	Säurezahl	Verseifungszahl	Jodzahl
<i>Cucurbita pepo</i>	3,4	190,2	(119,7) 120,5
<i>Cucurbita citrullus</i>	3,9	189,7	(118) 121,1

Die Öle von *Citrullus colocynthis* und *Cucumis melo* haben fast gleiche Konstanten mit dem Öl von *Cucurbita*, und so finden

¹⁾ Pawlenko, Mitteil. Südruss. Technol. Gesellsch. 1911. No. 12. [Russisch.]

²⁾ Power, Fr., u. Salvay, A., Chem. Unters. des Kürbissamens. (Journ. Amer. Chem. Soc. Vol. 32. 1910. p. 346 u. 360.)

wir dasselbe physiologische Merkmal bei verschiedenen Gattungen aus der Familie der *Cucurbitaceae*.

A. Diederichs¹⁾ fand, daß das Öl der verwandten Arten *Vaccinium myrtillus* und *B. vitis Idaeae* identisch sind. Die Menge des Öls beträgt 32—33,3 %; seine Jodzahl = 167—169. Beide Arten enthalten Linolen- und Linolsäure.

Sehr viele Prunusarten besitzen ein Öl, welches mit dem bekannten Öl aus *Amygdalus communis* identisch ist, nämlich *Prunus communis* (*Amygdalus com.*), *P. Persica*, *P. Armeniaca*, *P. domestica*, *P. Cerasus*. Das Amygdalin, welches beim Pressen in das Öl von *Prunus cerasus* übergeht, verdirbt dieses Öl sehr leicht, indem es durch Emulsin zersetzt wird und dem Öl einen bitteren Geschmack verleiht.

Aus den obenerwähnten Beispielen ergibt sich als allgemeine Erscheinung, daß sich der Apparat, der beim Reifen der Samen den Ölbildungsprozeß reguliert, von einer Art zur andern in den Grenzen des Genus oder der Familie vererbt.

Die Variabilität der äußeren Merkmale strebt dahin, neue Arten zu schaffen; diese Arten aber bewahren ihre allgemeinen inneren Merkmale, die noch Jahrhunderte fortbestehen und für die Abstammung der Arten zeugen. Innere physiologische Merkmale stellen eine Kraft dar, welche die Grundmerkmale des pflanzlichen Organismus konstant zu bewahren bestrebt.

Die Identität der physiologischen Merkmale kann aber nicht unendlich sein; es ist a priori klar, daß wir bei systematischen Untersuchungen solche Arten finden müssen, bei denen physiologische Merkmale sich verändert haben. Bei vielen krautartigen Pflanzen finden wir dies wirklich.

Linum ist in dieser Beziehung sehr charakteristisch.

Ich habe folgende Arten untersucht: *Linum alpinum*, *L. austriacum*, *L. catharticum*, *L. flavum*, *L. perenne* und *L. usitatissimum*. Das Öl des angebauten *Linum usitatissimum* ist genau bekannt; es besteht nach Hazura²⁾ aus Glyzeriden von 4 ungesättigten Fettsäuren, Olein-, Linol-, Linolen- und Isolinolensäure. Der Gehalt an gesättigten Säuren ist ganz unbedeutend. Das Öl hat bestimmte Zahlen, welche immer dieselben bleiben, wenn wir eine bestimmte Art (oder Sorte) unter ähnlichen Bedingungen kultivieren. Seine wichtigste Konstante, die Jodzahl, ist ca. 185—190 gleich. Das ist eine der höchsten Jodzahlen, welche in der Pflanzenwelt bekannt sind. Bei der Untersuchung wilder Arten beobachteten wir aber Jodzahlen, die noch viel höher waren und die Zahl 225 erreichten.

Es ist dabei zu bemerken, daß Linolen- und Isolinolensäure, welche in den Linumsamen sich bilden, die am wenigsten gesättigten bekannten Pflanzenölsäuren sind; ihre Anwesenheit bestimmt die Jodzahl. Stellen wir uns Öl vor, welches ausschließlich aus Glyzerin von diesen Ölen besteht, so wäre die Jodzahl eines solchen Öles

¹⁾ Diederichs, A., Über Samen und Samenöle der Heidel- und Preiselbeere. (Zeitschr. f. Unters. d. Nahrgrs.- u. Genußm. Bd. 24. 1912. p. 575.)

²⁾ Hazura, Zeitschr. f. angew. Chem. 1888. I. p. 312.

250—260 gleich. Wir finden also, daß in den wilden *Linum*arten die Jodzahl sich sehr wenig vom höchsten theoretischen Wert unterscheidet.

Tabelle V. Ölcharakteristik der *Linum*arten.

	Oel %	Säure- zahl	Versei- fungs- zahl	Jodzahl	Hexa- bromid- probe	Tetra- bromid- probe
<i>Linum alpinum</i>	26,8	3,7	180,5	224,6—225,7	+	+
<i>Linum perenne</i>	11,83	4,1	197,5	221,2	+	+
<i>Linum austriacum</i>	19,4	6,4	193,4	218,1—219,4	+	+
<i>Linum catharticum</i>	24,626	—	193,2	179,9	+	+
<i>Linum flavum</i>	27,7	6,7	188,6	171,6	+	+
<i>Linum usitatissimum</i>	35,04	5,65	186,8	175,3	+	+

Das *Linum*öl ist hellgelb. Hexabromidprobe (mit Ausnahme von *L. catharticum* und *L. flavum*) sehr bedeutend. Schmp. 177—178° C. Tetrabromidprobe bei allen Arten sehr reich. Die Mengen der Linolensäure (nach der Hexabromidprobe) sind:

<i>Linum alpinum</i>	31,95%	Linolensäure
<i>Linum austriacum</i>	27,77%	„
<i>Linum perenne</i>	16,08%	„
<i>Linum usitatissimum</i>	15,8%	„

Wir finden in allen Ölen noch einen ölartigen Dibromid der Oleinsäure.

Je höher die Jodzahl ist, desto größeren Anteil nehmen die ungesättigten Säuren im Öl und desto kleineren die gesättigten. Nach Hazura enthält das Öl von *Linum usitatissimum* kleine Mengen gesättigter Säuren, während die wilden Arten fast keine besitzen. Die schwache Hexabromidprobe bei *Linum catharticum* und *L. flavum* zeigt deutlich, daß die ungesättigste Fettsäure wahrscheinlich Isolinolensäure ist, welche ein in Äther lösliches Hexabromid bildet.

Wir finden also in den Ölen von wilden und kultivierten *Linum*arten ähnliche Fettsäuren, nämlich Olein-, Linol-, Linolen- und Isolinolensäure. Es verändern sich dabei nur die quantitativen Verhältnisse der Säuren; die wilden Arten bilden mehr Linolen- und Isolinolensäure, die kultivierten bilden diese Säuren in kleineren Mengen; statt der ungesättigtesten Linolen- und Isolinolensäure enthält die angebaute Art weniger ungesättigte Oleinsäure. Das ganze System des Ölbildungsprozesses verschiebt sich zur Oleinsäure hin. Die Qualität der Säuren bleibt dieselbe. Die Bedingungen, welche die Linolen- und Isolinolensäurebildung begünstigen, sind bei *Linum usitatissimum* ungünstiger.¹⁾

¹⁾ Die Jodzahl von *Linum usitatissimum* schwankt sehr stark; wir treffen sogar in der Literatur Zahlen für Samen aus Nordrußland von 190—195 und für Samen aus Kalkutta oder La Plata 160. Wir müssen jedoch diese Zahlen mit großer Vorsicht betrachten, denn wir wissen nicht genau, ob die Samen wirklich von *Linum usitatissimum* stammen und ob die untersuchten Samen vollständig reif waren. (Fahrion, Chemie der trocknenden Öle. 1913.)

Das Öl von *Linum perenne*, *L. alpinum* u. s. w. ist vom technischen Standpunkte aus besser als das Öl von *Linum usitatissimum*, denn es trocknet schneller als jenes.

Das Öl von *Cannabis* ist auch bei verschiedenen Arten (Varietäten) nicht ähnlich. Die Samen von *Cannabis* habe ich von Haage & Schmidt bezogen. Keimfähigkeit bis 90%.

Tabelle VI. Ölcharakteristik von Cannabisarten.

	Säurezahl	Verseifungszahl	Jodzahl	Hexabromidprobe	Tetrabromidprobe
<i>Cannabis pyramidales</i>	8,5	197,4	195	+	+
<i>Cannabis gigantea</i>	—	—	184,6—185,4	+	+
<i>Cannabis saliva</i>	—	—	156,1	+	+

Die Hexabromidprobe ist positiv. Schmp. der Hexabromide 176—177°. Die Menge der Linolensäure nach dem Hexabromid beträgt bei

<i>Cannabis pyramidalis</i>	ca. 8%
„ <i>gigantea</i>	5,09%
„ <i>sativa</i>	3,6%

Die Tetrabromidprobe sehr reichlich. Schmp. des reinen Tetrabromids 112—113° C. Das Öl aller 3 Cannabis enthält also Linolen- und Linolsäure. Es existiert aber auch eine dritte, ungesättigte Säure, welche bei gewöhnlicher Temperatur flüssiges Bromid bildet; *Cannabis sativa* enthält bekanntlich Oleinsäure.

Die letzte Gattung, welche ich untersucht habe, war *Papaver*.

Tabelle VII. Ölcharakteristik von Papaverarten.

	Öl %	Säurezahl	Verseifungszahl	Jodzahl	Hexabromidprobe	Linolensäure %
<i>Papaver Rhoeas</i>	38,37	17,6	184,1	176	0,0	33,9
„ „ <i>japonic.</i>	32,1	12,1	189,3	168,5	0,0	26,6
„ <i>monstrosum</i>	32,8	8,8	193,4	172,9	0,0	22,87
„ <i>laevigatum</i>	33,7	5,1	195,7	171	0,0	29,6
„ <i>pavonicum</i>	25,9	4,0	181,8	171,9	0,0	—
„ <i>giganteum</i>	40,50	7	192,4	167,6	0,0	33,8
„ <i>umbrosum</i>	—	8,5	184,1	164,4	0,0	17,66
„ <i>somniferum</i>	48	6	185	157	0,0	55

Das Öl von *Papaver somniferum* enthält bis 6% gesättigte Säuren — Palmitin- und Stearinsäure. Die ungesättigten sind Olein- und in großer Menge Linolsäure; von Linolensäure bilden sich nur Spuren. *Papaver Rhoeas* enthält genau dieselben Fettsäuren. Die übrigen untersuchten Arten bilden aber keine Linolensäure.

Es verdient bemerkt zu werden, daß die Variabilität des Öls bei *Linus*, *Cannabis* und *Papaver* in einer Richtung erfolgt; die kultivierten Arten verlieren nach und nach die Fähigkeit, die am wenigsten gesättigte Linolensäure zu bilden. Aus unseren früheren Untersuchungen¹⁾ wissen wir schon, daß diese Fettsäure sich in den letzten Stadien des Reifens der Samen bildete. Was für Elemente, welche die Bildung der Linolensäure in der Pflanze besonders begünstigen, bei kultivierten Arten fehlen, ist sehr schwer zu sagen. Entweder sind es Elemente der anatomischen Struktur des Samens, oder es treten Veränderungen physiologischer Art ein, was wir aber nicht wissen. Niedere Pflanzen, Algen, Pilze u. s. w. bilden keine Linolensäure; letztere finden wir nur bei höheren Organismen. Die Fähigkeit, Linolensäure zu bilden, bekommen die Pflanzen durch die lange Evolution. Die Variabilität des Öls bei verschiedenen Arten desselben Genus tritt in der Bildung derselben Linolensäure hervor. Wir können noch eine Stufe in dem Ölbildungsprozesse konstatieren. Nehmen wir zwei Genera aus derselben Pflanzenfamilie, *Robinia pseudocacia* und *Caragana arborescens*.

Das Öl der ersteren besteht aus Stearin, Eruca, Olein, Linol- und Linolensäure-Glyzeriden.

Das Öl von *Caragana* enthält Stearin, Eruka, Olein und Linolsäure; den letzteren fehlt nur die Linolensäure.

An diesem Beispiele sehen wir, daß die Bedingungen (Fermente), welche die Bildung der Linolensäure bei *Robinia* begünstigen, bei *Caragana arborescens* verschwinden. Die Veränderungen des physiologischen Merkmals äußern sich in dem Wegfallen eines Gliedes.

Wir konstatieren also drei Erscheinungen in der Pflanzenwelt: Die verwandten Arten haben ähnliche Ölbildungsapparate, ihre physiologischen Merkmale sind gleich; solche Verhältnisse haben wir bei *Pinus abies*, *Tilia*, *Ulmus*, *Olea*, *Cucurbita* u. s. w. beobachtet. In einer anderen Reihe der Fälle finden wir, daß das physiologische Merkmal sich von am meisten ungesättigten Fettsäuren zu den gesättigten verschiebt. Linum-, Cannabis- und Papaverarten zeigen solche Verhältnisse. Die letzte Stufe, das Verschwinden eines Elementes des Öls, finden wir in weit voneinander stehenden Arten, in verschiedenen Genera derselben Familie, bei *Robinia pseudocacia* und *Caragana arborescens* (*Leguminosae*).

Wir haben für unsere Untersuchungen das Öl ausgewählt. Natürlich, jede Substanz, Proteine, Kohlehydrate, Glukoside, Alkaloide u. s. f., können ähnliche Verhältnisse zeigen, und vielleicht könnten wir auch bei diesen Substanzen drei Stufen von Variabilität konstatieren. Solche Untersuchungen wurden noch nicht unternommen.

¹⁾ Ivanow, Sergius, Über den Stoffwechsel beim Reifen ölhaltiger Samen, mit besonderer Berücksichtigung der Ölbildungsprozesse. (Beihefte z. Bot. Centralbl. Abt. I. Bd. XXVIII. 1912. p. 159.)

Die erste von unseren drei Stufen der Variabilität, und zwar die Ähnlichkeit des physiologischen Merkmales bei verschiedenen Arten desselben Genus, kann als Mittel zur Kontrolle der Verwandtschaft zweifelhafter Organismen dienen. Wenn verschiedene Pflanzen durch Wasser oder Wind, durch Vögel oder das Eis der Eisperiode sehr weit auf der Erdoberfläche verbreitet werden, so verändern sich die morphologischen Merkmale sehr stark, und es ist oft sehr schwer, die Stelle der Pflanze im natürlichen Pflanzensystem zu finden. Die Untersuchung des physiologischen Merkmals kann diese Frage lösen.

So bilden die Pflanzen der Familie der *Dipsacaceae* ein besonderes Chromogen, das Dipsacan, welches andere Pflanzen nicht bilden. Das zweifelhafte Genus *Morina* enthält aber dieses Chromogen in keinem Stadium seiner Entwicklung. Tine Tammes¹⁾, welchem wir ausführliche Untersuchungen dieses Chromogens in der Pflanze verdanken, schließt daraus, daß *Morina* nicht zu den *Dipsacaceae* gehört, sondern zu einer besonderen Familie abzutheilen sei. Dieser phytochemische Schluß stimmt mit dem rein morphologischen Schluß von van Tieghem überein, der große Unterschiede in der Struktur der Blüten, Früchte und Samen zwischen *Morina* und *Dipsacaceae* gefunden hat. Wir haben uns schon überzeugt, daß die physiologischen Merkmale sich viel langsamer wie die morphologischen verändern. Stellen wir uns vor, daß jeder Organismus viele hunderte und tausende solcher physiologischer Merkmale besitzt. Mit der Zeit verändern sich einige von ihnen, andere bleiben noch lange Zeit konstant und zeugen von der „Blutsverwandtschaft“ verschiedener Arten und Genera. Es ist nicht immer leicht, solche für ein ganzes Genus gemeinsame Stoffe u. s. w. zu finden, doch vermuten wir, daß solche Substanzen in jedem Genus existieren. Wenn mit der Zeit solche Substanzen gefunden werden, werden wir ein natürliches Pflanzensystem besitzen, welches auf sicherem Facta begründet sein wird.

Die untersuchten Tiliaarten stehen miteinander in naher Verwandtschaft. Die Verwandtschaft der Linumarten geht weiter. Unsere phytochemische Methode stimmt genau mit der Kreuzungsmethode überein. Dr. Tine Tammes²⁾ hat Kreuzungen zwischen *Linum perenne* und *L. austriacum* und *L. usitatissimum* mehrmals untersucht, aber jedesmal erfolglos. Die wilden Arten können nicht mit der kultivierten gekreuzt werden. Die Kreuzung von *Linum angustifolium* und *L. usitatissimum* gelingt vollkommen.

Es ist bekannt, daß die Befruchtung, welche eine gesunde Nachkommenschaft gibt, in der Natur in sehr engen Grenzen stattfindet. Nur sehr nahe verwandte Arten geben negative Resultate. Es wäre sehr wünschenswert, Bastarde von *Linum perenne* \times *L. usitatissimum* zu bekommen. Bei der Bastardierung vererbt die Nachkommenschaft die Merkmale beider Eltern und es wäre sehr

¹⁾ Tine Tammes, Notiz über das Vorkommen von Dipsacan bei den *Dipsacaceae*. (Rec. des trav. botan. Neerland. 1911. p. 369.)

²⁾ Tine Tammes, Das Verhalten fluktuierend variierender Merkmale bei der Bastardierung. (Rec. d. trav. bot. Neerland. 1911. p. 201.)

wichtig, der kultivierten Art die Fähigkeit, ein besseres Öl zu bilden, welche ihr während der Evolutionszeit verloren gegangen ist, wieder beizubringen.

Die Versuche von Prof. Baur mit der Kreuzung von *Antirrhium glutinosum* Boiss. \times *A. majus* sind höchst interessant. Diese Arten sind morphologisch verschieden, die physiologischen Merkmale sind aber ähnlich. Die Kreuzung gelingt, doch sind die morphologischen Merkmale so mannigfaltig, daß die Nachkommenschaft mehrere hunderte von Formen bildet. Diese Bastarde lehrten bekanntlich Lotsy die große Bedeutung der Kreuzung für den Prozeß der Artbildung erkennen.

Wir sind der Ansicht, daß das Gelingen oder Nichtgelingen der Kreuzung sehr stark von der Ähnlichkeit der physiologischen Merkmale der gekreuzten Organismen zusammenhängt. Beide gekuppelten Kerne haben bestimmte Merkmale und bestimmte Tendenzen zum Stoffwechsel. Diese Tendenzen sind mannigfaltige.

Wir haben schon gesehen, daß das physiologische Merkmal einem ganzen Apparate mit einem Komplex von Fermenten entspricht, welches bestimmte Prozesse im Leben der Pflanze hervorruft. Wenn die physiologischen Merkmale einer Art, also ganze Komplexe von Bedingungen, den anderen entsprechen, gelingt die Kreuzung, und die Nachkommenschaft ist gesund; sind die physiologischen Merkmale, also die chemischen Tendenzen der Organismen verschieden, so bekommen wir keine Nachkommenschaft. Es genügen nur kleine Unterschiede in der Tendenz zum Stoffwechsel der gekreuzten Organismen, damit die Fermente nicht koordiniert arbeiten; der Stoffwechsel hat keinen bestimmten Plan und die befruchtete Zelle kann sich unter solchen Bedingungen nicht entwickeln.

Die Änderung der physiologischen Merkmale macht den künstlichen und natürlichen Kreuzungen ein Ende.

Während seiner Reise durch Mittelasien hat S. Korschinsky¹⁾ eine hochinteressante Hybride (*Cucumis Melo* L. \times *Citrullus vulgaris* Schrad.) beobachtet. Oben haben wir gesehen, daß die physiologischen Merkmale der Genera sehr ähnlich sind. Beide haben gleiche Apparate, welche beim Reifen der Ölbildungsprozesse regulieren. Vom Standpunkte der Ähnlichkeit der physiologischen Merkmale sind solche bigenere Hybriden daher möglich.

Der Stoffwechsel der Pflanzen regelt sich nach einem streng bestimmten Plane. Jede Pflanze bildet spezifische Fermente, welche in ihrem Leben eine große Rolle spielen. Die Pflanze assimiliert nicht fremde Substanzen, welche wir künstlich in ihre Zelle einführen. Es sind dafür in der Literatur mehrere Beispiele zu finden. So können Blätter, welche in der Dunkelheit Stärke verloren haben, sie nicht aus willkürlichen Alkoholen wieder bilden. Die Blätter der *Oleaceae* bilden Stärke aus Mannit und nicht aus

¹⁾ Korschinsky, S., Über eine neue Hybride (*Cucumis Melo* L. \times *Citrullus vulgaris* Schrad.). (Bull. de l'Acad. Imper. d. Scienc. de St. Petersburg. 1897. p. 321—324.)

Dulcitolösungen; die Blätter der *Rosaceae* bilden sie aus Sorbit und nicht aus Mannit oder Dulcit.¹⁾

Die Blätter von *Adonis vernalis*²⁾ können zu diesem Zwecke Adonit verarbeiten, nicht aber Mannit oder Glyzerin.

Der Zusammenhang zwischen dieser Erscheinung und dem gewöhnlichen Stoffwechsel der Pflanzen ist klar: die *Rosaceae* bilden den sechswertigen Alkohol Sorbit (*Sorbus Aucuparia*); *Oleaceae* bildet ihr Öl aus Mannit und *Adonis* enthält den spezifischen Alkohol Adonit. Alle diese Substanzen nehmen Anteil an gewöhnlichem Stoffwechsel der entsprechenden Pflanzen; andere Alkohole sind der Pflanze fremd; sie hat keine Kräfte (Fermente), um sie selbst beim Hungern zu assimilieren.³⁾ Ich möchte zum Schluß die Beziehungen unserer Untersuchungen zur Evolutionstheorie erwähnen.

Die Evolutionstheorie von Darwin erkennt nur die langsame Entwicklung der pflanzlichen Organismen an. Durch die Anhäufung von kleinen, wenig bemerkbaren Veränderungen bilden sich neue Arten in der Natur.

Hugo de Vries⁴⁾ lehrt, daß neue Arten plötzlich als Mutanten erscheinen. Könnten wir uns vorstellen, daß die physiologischen Merkmale sich auch plötzlich bilden? Solche Prozesse können meiner Meinung nach in der Natur nicht existieren. Wir haben schon gesehen, daß die Evolution der physiologischen Merkmale viel langsamer erfolgt als die der morphologischen. Wir konstatierten auch eine sehr wichtige Erscheinung, nämlich daß die physiologischen Merkmale sehr beständig sind. Diese Erscheinung steht in Widerspruch mit der Idee der Mutaten. „Physiologische“ Mutanten existieren nicht.

Die Arten als Komplexe morphologischer und physiologischer Merkmale bilden sich durch langsame Evolution. Die Variabilität und Evolution der physiologischen Merkmale ist leichter vom Darwinschen Standpunkte aus zu begreifen als von dem von H. de Vries.

Ist unsere Idee richtig und haben die physiologischen Merkmale die Evolution analog der Evolution der morphologischen durchgemacht, so hoffen wir, daß die vergleichende Untersuchung der pflanzlichen Arten für jede Gruppe der Pflanzen gemeinsame Substanzen entdecken wird; diese gemeinsamen Substanzen können einem neuen Pflanzensystem zu Grunde gelegt werden, welches sich dann auf feste, sichere Merkmale stützen wird. Der genetische Zusammenhang der Arten wird dann in voller Klarheit zu

¹⁾ Treboux, Stärkebildung aus Sorbit in der Familie *Rosaceae*. (Ber. d. d. b. Ges. 1909. p. 507.)

²⁾ Treboux, Stärkebildung aus Adonit bei *Adonis vernalis*. (Ber. d. d. Ges. 1909.) — Frankland, E., Armstrong. Die einfachen Zuckerarten und die Glukoside. 1913. p. 96.

³⁾ Der Gedanke, daß Mannit und andere Stoffe nur den Pflanzen assimiliert werden, in welchen sie sich gewöhnlich bilden, wurde zuerst von A. Meyer ausgesprochen.

⁴⁾ Hugo de Vries, Arten und Varietäten und ihre Entstehung durch Mutation. 1905.

Lichte kommen; was jetzt im Stoffwechsel zufällig spezifisch für jede einzelne Pflanze erscheint, wird bei systematischen Untersuchungen in einem neuen Lichte hervortreten und als Glied einer bestimmten Kette der Stoffwechselprozesse seinen richtigen Platz finden.

Resumé.

1. Es gibt in den Pflanzen zweierlei Merkmale, die morphologischen und die physiologischen. Das physiologische Merkmal besteht in der Fähigkeit der Pflanzen, bestimmte Substanzen zu bilden.
 2. Das physiologische Merkmal bildet einen sehr komplizierten Apparat mit einem Komplex von Fermenten. Dieser Apparat entwickelt sich während des Lebens der Pflanze und kann als Prozeß studiert werden.
 3. Die physiologischen Merkmale sind von äußeren Bedingungen weniger abhängig als die morphologischen. Erstere streben, die Art unverändert zu bewahren, die zweiten verändern sie und bilden neue Arten.
 4. In den Grenzen bestimmter Genera verändern sich die physiologischen Merkmale sehr langsam und quantitativ, aber nicht qualitativ. Untersuchen wir die Fähigkeit der Pflanzen, Öl zu bilden, so finden wir, daß die Variabilität der Fähigkeit in dem Verschwinden der Bedingungen, die am wenigstengesättigte Linolensäure begünstigen, hervortritt.
 5. Statt ein zufälliges muß ein natürliches System der pflanzlichen Öle aufgestellt werden.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [BH_32_1](#)

Autor(en)/Author(s): Ivanow Sergius

Artikel/Article: [Physiologische Merkmale der Pflanzen, ihre Variabilität und ihre Beziehung zur Evolutionstheorie. 66-80](#)