

Die allgemein großen Schwankungen, die in dem Prozentsatz der Pflanzen mit vervielfältigten Chromosomen auftreten, können dadurch erklärt werden, daß neben der Grasart auch die Herkunft der Samen, ihre Triebkraft und vor allem die Temperaturbedingungen im Glashaus eine große Rolle spielen.

Bei der folgenden Zuchtarbeit ist es wichtig, alle unveränderten Pflanzen möglichst früh auszuschalten. Zwecks Auszählung der Chromosomen während der somatischen Teilungen werden die in Kästchen oder Tontöpfen wachsenden Pflanzen dicht über der Erde abgeschnitten, wonach die Präparate aus dem meristematischen Gewebe am basalen Ende des Sproßes angefertigt werden. Die beschnittenen Pflanzen regenerieren sich sehr schnell, so daß bei mißlungenen Präparaten die Operation nach bestimmter Zeit wiederholt

werden kann. Wichtig ist es indessen, daß gute Wachstumsbedingungen im Glashaus die somatische Teilung der Zellen sichern.

Zusammenfassung

Es wird eine neue Methode der Colchicinanwendung beschrieben, die sich für die Gräser eignet. Gleichzeitig wird ein Verfahren zur Anfertigung der zytologischen Präparate dargestellt, das eine frühzeitige Auslese der mit Colchicininlösung behandelten Sämlinge gestattet.

Literatur

1. DOUWES, H.: Colchicine treatment of young Cotton seedlings as a means of inducing polyploidy. *Journ. of Genetics* 51, 7—25 (1952) — 2. ESSER, K.: Eine Eintauchmethode zur Colchicinbehandlung. *Der Züchter* 23, 148—150 (1953).

Aus dem Institut für gärtnerische Pflanzenzüchtung der Technischen Hochschule Hannover
(Direktor: Prof. Dr. H. Kuckuck)

Die Züchtung von Heilpflanzen

(Sammelreferat*)

Von EWIS-RUTH SCHICK und RAINER REIMANN-PHILIPP

Mit 1 Textabbildung

Einleitung

Die Verwendung von Heilpflanzen beruht auf ihrem Gehalt an bestimmten Wirkstoffen, wie z. B. den Glykosiden, Alkaloiden und ätherischen Ölen, und ist so alt wie die der Nutzpflanzen für die menschliche Ernährung. Von den Bemühungen, die Nutzpflanzen durch Züchtungsmaßnahmen zu verbessern, blieben die Heilpflanzen jedoch lange Zeit ausgeschlossen, obwohl auch sie feldmäßig angebaut wurden; die Notwendigkeit ihrer züchterischen Bearbeitung wurde sogar bestritten. Beispielsweise besteht bei den Homöopathen die Überzeugung, daß nur der wildwachsenden Pflanze die heilenden Kräfte innewohnen, und daß die Heilpflanzen nur dann im Besitz der therapeutischen Wirkung seien, wenn sie ohne irgendeinen Einfluß durch Kulturmaßnahmen oder bei einem regelrechten Anbau zumindest als „unbehandelte“ Pflanze, d. h. ohne Mineraldüngergaben etc., verwendet werden würden. Nach Ansicht der Homöopathen ist es der ganze Stoffkomplex, der die Drogenpflanzen in ihrer Wirkung auszeichnet und dessen einzelne Komponenten bei jedem Eingriff durch irgendwelche Kulturmaßnahmen so verändert werden, daß die gewünschte Wirkung nicht mehr erzielt werden kann. Die Homöopathen übersehen hierbei, daß auch die verschiedenen geographischen Herkünfte derselben Heilpflanzenart einen unterschiedlichen Gehalt nicht nur an den arzneilich interessierenden Stoffen, sondern auch an allen anderen aufweisen. Diese Unterschiede sind teilweise umweltbedingt und daher nicht erblich, teilweise aber auch erblich bedingt. Die wild vorkommenden Herkünfte unserer Arzneipflanzen stellen, sofern sie sich sexuell (amphimiktisch) vermehren, Populationen verschiedener Genotypen dar, auf die

die verschiedenen Umweltbedingungen eine unterschiedliche Selektion ausüben. Auch die Fähigkeit zur Stoffproduktion ist erblich fixiert, was zur Folge hat, daß die einzelnen Genotypen auf die Umweltbedingungen unterschiedlich bezüglich der Stoffproduktion reagieren. Wenn quantitative Unterschiede im gesamten Stoffhaushalt der Arzneipflanzen einen entscheidenden Einfluß in der homöopathischen Therapie haben sollten, dann müßten alljährlich neue Arzneimittelprüfungen durchgeführt werden, da der Stoffgehalt einer Arzneipflanze in seiner quantitativen und qualitativen Zusammensetzung nicht nur nach der geographischen Herkunft verschieden ist, sondern auch alljährlich bei derselben Herkunft infolge unterschiedlicher Klimaverhältnisse schwanken kann. Dies geschieht aber unseres Wissens nicht. Der Züchter ändert aber durch seine Maßnahmen nicht die gesamte Konstitution einer Arzneipflanze, sondern ändert nur das Genotypenverhältnis einer bestehenden Population, wie es ebenfalls durch den Einfluß der natürlichen Selektion an den verschiedenen Standorten in der freien Wildbahn geschieht, aus der die Homöopathen ihr Ausgangsmaterial zur Herstellung der Arzneimittel beziehen.

Die Allopathie dagegen sucht in der pflanzlichen Droge ganz bestimmte, einzelne Stoffe und benötigt dazu Pflanzen, die von diesem bestimmten Wertstoff einen möglichst hohen Gehalt aufweisen, wobei der Gehalt an anderen Stoffen weniger bedeutend ist. Einer züchterischen Verbesserung der Arzneipflanzen, vor allem durch Auslese von Genotypen mit einem möglichst hohen Wertstoffgehalt, werden daher von seiten der Allopathie keine Bedenken entgegengebracht. Ihre Vordringlichkeit wurde von TSCHIRCH (1922), dem eigentlichen Begründer der Pharmakognosie, wie auch von ERWIN BAUR (1917) bereits zu Anfang des 20. Jahrhunderts betont. Auch von RUDORF gingen 1935 Anregungen für eine Entwicklung der Heil-

* Für die Anregung zu vorliegendem Referat sowie für die ständige Förderung und Mithilfe möchten wir Herrn Prof. Dr. Kuckuck an dieser Stelle unseren aufrichtigen Dank sagen.

pflanzenzüchtung aus. Daß dennoch seither die Versuche zur Verbesserung der Drogenpflanzen, im besonderen ihre züchterische Bearbeitung, nur in einem relativ kleinen Rahmen blieben, ist einmal dadurch bedingt, daß die notwendigen Wertstoffanalysen mit großen Schwierigkeiten verbunden sind, zum anderen dadurch, daß gerade um die Jahrhundertwende die pflanzlichen therapeutischen Stoffe im steigenden Maße synthetisch hergestellt wurden und daher eine Bearbeitung des pflanzlichen Ausgangsmaterials als wenig reizvoll erschien. Wenn auch heute die Pflanzen selbst in sehr vielen Fällen von chemischen Mitteln in der Medizin verdrängt worden sind, so hat die Drogenpflanze doch für die Therapie, z. T. eigentlich wieder, eindeutig ihre Bedeutung erlangt. Beispielsweise ist die Wirkung der Herzglykoside einiger Pflanzen, besonders von *Digitalis*, mit synthetischen Mitteln nicht zu erreichen, und bei den verschiedenen Antibiotika wie auch bei stoffwechselregulierenden Mitteln wird heute der Drogenpflanze der Vorzug gegeben (RIPPENBERGER 1938). Die Bemühungen um die züchterische Verbesserung der Heilpflanzen bleiben also aktuell, und, wie eine Reihe von Versuchsergebnissen zeigt, ist bei einigen Pflanzenarten wie z. B. Pfefferminze, Kümmel u. a. m. die Umwandlung von der Wildpflanze zur intensiv bearbeiteten Kulturpflanze bereits begonnen worden (HEEGER-BRÜCKNER 1950). — Die Literaturangaben, die dem Heilpflanzenzüchter bei seiner Arbeit dienen können, sind in den verschiedensten Fachzeitschriften verstreut, wobei neben den vielen medizinischen, pharmazeutischen und botanischen die der Pflanzenzüchtung nur zum geringsten Teil vertreten sind.

Es ist daher Aufgabe dieses Referates, Angaben über die wichtigsten Versuchsergebnisse zu sammeln, die für eine züchterische Bearbeitung von Heilpflanzen von Bedeutung sein können.

Die Einteilung dieser Übersicht ist nach den Hauptwirkstoffgruppen der Pflanzen vorgenommen worden, wobei sich vor allem 5 Pflanzenfamilien als Lieferant eines dieser Wirkstoffe oder auch mehrerer auszeichnen (*Solanaceen*, *Kompositen*, *Scrophulariaceen*, *Labiaten* und *Umbelliferen*). Innerhalb der Arten dieser Pflanzenfamilien sind häufig in den verschiedensten Herkünften beträchtliche Gehaltsunterschiede beobachtet worden, so daß in kurzen Angaben die bisher untersuchten, den Wirkstoffgehalt modifizierenden Einflüsse behandelt werden sollen.

Auf die Wirkstoffbestimmungsmöglichkeiten kann hier im einzelnen nicht näher eingegangen werden; sie sind in den entsprechenden Methodenbüchern eingehend beschrieben und interessieren in diesem Referat nur so weit, wie sie sich für Massenanalysen eignen. Dagegen soll über alle bisher durchgeführten Bastardierungen, Ausleseverfahren, Polyploidiesierungen usw. ausführlich berichtet werden, wobei abschließend versucht wird, Konsequenzen zu ziehen und Möglichkeiten für Verbesserungen in der Züchtungsmethodik aufzuzeigen.

1 Pflanzen mit Glykosiden als Hauptwirkstoff

Unter Glykosiden versteht man eine Stoffgruppe, die nahezu ausschließlich von Pflanzen produziert wird. Sie bestehen aus einer Verbindung von Zuckern mit einer oder mehreren andersartigen Komponenten (Genine oder Aglykone), die an die Karbonylgruppe

anlagerungsfähig sind und eine oder mehrere alkoholische bzw. phenolische OH-Gruppen aufweisen (GESSNER 1953). Entsprechend der Natur der Genine sind die Glykoside sehr vielgestaltig, sowohl in ihrer Konstitution als in ihrem Wirkungsbereich. In unserem Rahmen interessiert nun speziell die Gattung *Digitalis* mit ihren herzwirksamen Glykosiden.

II Digitalis

III Die *Digitalis*glykoside und die wertstofftragenden Organe

Die in der Therapie als „*Digitalis*glykoside“ bekannten β -Glykoside, die sowohl chemisch konstitutionell als auch pharmakologisch eine einheitliche Gruppe bilden (GESSNER, 1953) sind in verschiedenen Pflanzenarten und -gattungen enthalten. Sie kommen aber bevorzugt aus einigen Arten der Gattung *Digitalis* zur Anwendung, deren Glykosidzusammensetzung eingehender identifiziert wurde.

Die *Digitalis*glykoside sind durch ihren Geninanteil charakterisiert, der, obwohl vom Zuckeranteil gespalten bedeutend weniger wirksam, die spezifische Wirkung auslöst. Diese Genine besitzen 23 C-Atome, von denen 17 dem charakteristischen Grundkörper Cyclopentenoperhydrophenanthren angehören. Für die *Digitalis*wirkung ist dabei noch eine Laktongruppe ausschlaggebend, die fast immer an C₁₇, selten an C₁₄ hängt und in β -Struktur ungesättigt, meist 5gliedrig einfach ungesättigt, seltener 6gliedrig und zweifach ungesättigt, vorliegt (GESSNER 1953).

Aus den am meisten zur Anwendung gelangenden Arten *Digitalis purpurea* und *Digitalis lanata* lassen sich die drei wichtigsten Aktivglykoside in folgende Gruppen einteilen:

I. Digitoxingeninglykoside

II. Gitoxingeninglykoside

III. Digoxingeninglykoside

Die bei der Hydrolyse gewonnenen Spaltprodukte geben dann genaueren Aufschluß über die einzelnen Zusammensetzungen innerhalb dieser 3 Gruppen. Wenn für das Ergebnis bei einem biologischen Test (Frosch oder Katze) auch die ganze Zusammensetzung des Glykosidkomplexes verantwortlich zu machen ist, so hat sich doch das Digitoxin, das erste Spaltprodukt aus dem Digitoxigenin-*Purpurea*-Glykosid A, als die wirksamste Komponente erwiesen. Dieses wird aus den Blättern gewonnen und kommt isoliert-extrahiert zur Anwendung oder man verwendet das ganze Blatt in getrocknetem und gepulverten Zustand als *Folia digitalis purpureae* bzw. *lanatae*. Auch der Samen enthält *Digitalis*glykoside, die aber noch nicht näher erforscht sind und in der heutigen Therapie keine Verwendung finden. Nach JARETZKY und ULRICI (1938) enthalten auch die Blüten größere Mengen der Wirksubstanz.

Die Bewertung der Herzwirksamkeit von *Digitalis* erfolgte früher fast ausschließlich und erfolgt auch heute noch zum großen Teil auf rein biologischer Grundlage mit Fröschen, Katzen, Lupinenkeimlingen und anderen lebenden Objekten. Da aber diese Methoden sehr aufwendig sind und wegen der unterschiedlichen Beschaffenheit der einzelnen Individuen nicht ganz genaue Werte erlangt werden, geht man heute immer mehr zur chemischen Bestimmung der einzelnen Wirkstoffe, vor allem von Digitoxin, über. Eine restlos befriedigende Methode wurde aber noch nicht gefunden. GSTIRNER (1955) gibt eine Übersicht für die in Betracht kommenden chemischen Bestimmungen für *Folia Digitalis*.

112 *Digitalis*-Arten

Die Gattung *Digitalis* ist mit 26 Arten (LINNÉ) vertreten. HEEGER-POETHKE (1946) gruppieren einen Großteil dieser Arten in Hinsicht auf ihre Herzwirksamkeit wie folgt:

1. sehr starke Wirkung: *D. dubia* (Balearen);
2. starke Wirkung: *D. mariana* (Südspanien), *D. orientalis* (Bulgarien), *D. obscura* (S/O-Europa), *D. Thapsi* (Spanien), *D. lanata* (S/O-Europa), *D. sibirica* (Sibirien);
3. mittelstarke Wirkung: *D. amandiana* (S/O-Europa), *D. parviflora* (S-Europa), *D. viridiflora* (S/O-Europa), *D. lanciniata* (Spanien), *D. lutea* (Mittel- und Süd-Europa), *D. ciliata* (S/O-Europa), *D. nervosa* (Kaukasus), *D. athoa* (S/O-Europa), *D. leucophaca* (Balkan), *D. ferruginea* (S/O-Europa);
4. schwache Wirkung: *D. ambigua* (Mittel- und Süd-Europa), *D. purpurea* (S/W-Europa), *D. canariensis* (Kanarische Inseln);
5. sehr schwache Wirkung: *S. sceptrum* (Madeira), *D. minor* (Spanien), *D. laevigata* (Balkan), *D. erostachya* (Orient).

Allerdings widersprechen sich häufig die Angaben verschiedener Autoren über den Wirkungswert der einzelnen Arten, da entweder mit verschiedenen Testmethoden, die in ihren Ergebnissen nicht identisch sind, gearbeitet wurde, oder es sich um unterschiedliche Herkunft, Erntedaten, Trocknungsarten oder auch um verschiedene Anbaubedingungen handelte. Um in dieser Hinsicht zu klaren Ergebnissen zu kommen, untersuchten JARETZKY und ULRICI (1938) verschiedene *Digitalis*-Arten, die unter denselben klimatischen und edaphischen Bedingungen gewachsen waren. Ihre Blätter wurden gleichzeitig geerntet, scharf getrocknet, unter luftdichtem Verschluss aufbewahrt und mit Froschen, und zwar mit *Rana esculenta*, nach der „zeitlosen Froschmethode“ auf ihre Wirksamkeit hin geprüft.¹ Zu verschiedenen Zeiten getestet, ergaben sich unterschiedliche Ergebnisse innerhalb einer Art. Folgende Bewertung wurde aber nach Bestimmungen ermittelt, die etwa gleichzeitig erfolgten. Da *D. lutea* die geringste Wirksamkeit zeigte, wurde seine Wirkung gleich 1 gesetzt und alle anderen Werte danach ausgerichtet.

<i>D. lutea</i> L.	1,0
<i>D. fulva</i> LINDL.	1,1
<i>D. ambigua</i> MUR.	1,3
<i>D. viridiflora</i> , LINDL.	1,5
<i>D. ferruginea</i> L.	2,1
<i>D. sibirica</i> LINDL.	2,1
<i>D. purpurea</i> VAR. <i>gloxiniifl.</i> hort.	2,3
<i>D. purpurea</i> VAR. <i>peloria</i>	2,3
<i>D. miniana</i> Samp.	3,0
<i>D. laevigata</i> WALD.	3,1
<i>D. minor</i> , L.	5,3
<i>D. orientalis</i> , Lam.	6,9

¹ Bei der „zeitlosen Froschmethode“ wird die Vergiftungswirkung konstant 4 Stunden nach der Drogenextrakt-Injektion berücksichtigt, also nicht die Vergiftungsdauer. Aus der geringsten, regelmäßig noch tödlich wirkenden Menge Extrakt wird dann nach RICH-WASICKY errechnet, welcher Bruchteil eines Grammes Droge genügt, um 1 g Lebendgewicht Frosch mit systolischem Herzstillstand innerhalb 4 Stunden zu töten; diese Menge bezeichnet man als „eine Froschdosis“, FD. Daraus läßt sich weiter errechnen, wieviel Froschdosen in einem Gramm Droge enthalten sind (MADAUS 1938).

Der Rote Fingerhut, *Digitalis purpurea*. Bisher war *Digitalis purpurea* bei uns die gebräuchlichste Art, wohl auf Grund seiner weiten Verbreitung in Westeuropa und im westlichen Mitteleuropa. Die Unterarten *floribus* und *gloxiniiflora* finden sich in Gärten.

Von STOLL (1940) wurden verschiedene Herkünfte auf ihren Digitoxin- und Gitoxingehalt hin geprüft, also mit chemischen Analysen, und ergaben oft beachtliche Unterschiede. Bei der folgenden Tabelle 1 ist allerdings zu berücksichtigen, daß das zur Untersuchung gelangende Material aus verschiedenen Erntejahren stammte.

Tabelle 1. Ausbeute an Digitoxin und Gitoxin von *Digitalis purpurea* verschiedener Herkunft (1936—39) (Rohkristallisation in g aus 1 kg trockener Blätter, nach STOLL 1940).

Standort	Digitoxin	Gitoxin
Thüringen	0,005	0,42
Schwarzwald	0,50	0,20
Vogesen	0,63	0,0
Schw. Jura (kult.)	0,50	0,70
Vogesen	0,49	0,05
Harz	0,13	0,26
Unbekannte Handelsware	0,27	0,13
Unbekannte Handelsware	0,18	0,54
U.S.A. (kult.)	0,33	0,29
Unbekannte Handelsware	0,21	0,70

Gehaltsbestimmungen verschiedener Varietäten, die von DIEKMANN (1950) durchgeführt wurden, ergaben, daß bei einem durchschnittlichen Glykosidgehalt von 0,1—0,2% einiger Wildherkünfte die Spielarten einen höheren Gehalt aufweisen, wie Tabelle 2 zeigt:

Tabelle 2. Gehaltsbestimmungen mehrerer Varietäten von *Digitalis purpurea* (nach DIEKMANN 1950).

Varietät	Vegetationsjahr	Glykoside % (Geninbestimmungsmethode)
<i>Lutzii</i>	2.	0,29
	3.	0,28
<i>foxglove</i>	2.	0,23
	3.	0,20
<i>rosea</i>	2.	0,20
	3.	0,25
<i>alba</i>	2.	0,17
	3.	0,27
<i>isabellina</i>	2.	0,26
	3.	0,38
Oberlausitz	2.	0,16
Niederlausitz	3.	0,39
<i>gloxiniiflora</i>	2.	0,08

Leider läßt sich an Hand dieser Angaben nicht sagen, inwieweit evtl. Kultureinflüsse hier eine Rolle spielen.

Häufig treten bei *Digitalis purpurea* Pelorien auf. Pflanzen mit diesen anormalen Blütenbildungen zeigen eine wesentlich schwächere pharmakologische Wirkung als die normalblütigen. Äußere Einflüsse haben keine Einwirkung auf die Pelorienbildung (HEEGER 1939). Bei Kreuzungsexperimenten von KEEBLE und PELLEW (1911) hat sich die Pelorienbildung als ein rezessives Merkmal erwiesen.

Innerhalb der Art *D. purpurea* gibt es Individuen mit roten Blüten und roten Flecken auf der Unterlippe und auf den Antheren, Individuen mit weißen Blüten

und rotfleckigen Unterlippen und Antheren und Individuen mit weißen Blüten und gelbgrünen Flecken auf der Unterlippe. Nach SCHWANITZ (1957) kommen diese Farbunterschiede durch das Zusammenwirken zweier Gene, C und P, zustande. Dabei ist C ein Grundfaktor für die Anthocyanbildung, in dessen Gegenwart das Gen P die typische, rote Blütenfarbe von *D. purpurea* hervorruft. Pflanzen vom Typ Cp haben weiße Blüten mit roten Flecken, solche vom Typ cP oder cp sind weißblütig und gelbflechtig. Da nach Kreuzung von weißblütigen *D. purpurea* mit *D. lanata* oder mit dem amphidiploiden Bastard *D. ambigua* × *D. lanata* eine rotblühende F₁ entstand, nimmt SCHWANITZ an, daß das Gen P auch in anderen Digitalisarten, zum mindesten in *D. lanata*, vorhanden ist.

Zusammenhänge zwischen der Blütenfarbe und dem Alkaloidgehalt wurden bisher noch nicht festgestellt.

Digitalis purpurea enthält nach GESSNER (1953) die Digitoxigeninglykoside *Purpurea*-Glykosid A, Digitoxigenin, das Gitoxigeninglykosid *Purpurea*-Glykosid B, Gitoxin, aus dem Gitoxinglykosid das Spaltprodukt Digitalin, Gitalin und zwei weitere herzwirksame Stoffe mit bisher unbekannter Zusammensetzung. Im getrockneten Blatt finden sich auch freie Genine. Allerdings ist es noch nicht sicher, ob diese evtl. erst beim Trocknen entstehen und sie in der Frischpflanze überhaupt neben den Glykosiden vorkommen. DIEKMANN (1950) fand auch in den getrockneten Blättern keine freien Genine vor.

Der Wollige Fingerhut *Digitalis lanata*. In den letzten Jahren hat sich der Anbau von *Digitalis lanata* im Vergleich zu *Digitalis purpurea* immer stärker durchgesetzt. Seine Heimat ist im Pontischen Florengebiet, Süd-Ost-Europa, aber im Anbau ist der Wollige Fingerhut in ganz Europa verbreitet.

Die von HEEGER (1939) und EBERT (1949) in *D. lanata*-Beständen beobachtete phänotypische Unausgeglichenheit wird von EBERT als Hinweis dafür betrachtet, daß möglicherweise *D. lanata* durch Bastardierung von *D. purpurea*, *ambigua* und *lutea* entstand.

Die steigende Nachfrage nach *Digitalis lanata* hängt mit seinem Wirkstoffgehalt, der 4—6mal höher als der von *D. purpurea* ist, zusammen. Seine Hauptwirkstoffe Digilanid A, B und C entsprechen im Hinblick auf ihren Geningehalt den Digitoxigenin-Gitoxigenin- und Digioxygeninglykosiden und weisen in ihrer chemischen Zusammensetzung mit den *Purpurea*-Glykosiden eine nahe Verwandtschaft auf.

Auch bei einer Verabreichung der Gesamtglykoside ist *Digitalis lanata* durch eine bessere Verträglichkeit und größere therapeutische Breite *Digitalis purpurea* überlegen (OETTEL 1939; SACHS 1937). Untersuchungen von DAFERT und ENGLISCH (1925/26) ergaben, daß einjährige *D. lanata* wirksamer als zweijährige sind.

Der Gelbe Fingerhut *Digitalis lutea*. *Digitalis lutea* hat sein Verbreitungsgebiet in Mittel- und Südeuropa und ist auch in Süd- und Südwestdeutschland zu finden. Seine Hauptwirkstoffe sind nach Natur und Menge noch nicht genauer geklärt. Unter seinen *Digitalis*-Glykosiden befindet sich auch Digitoxin (GESSNER 1953).

Der Großblütige Fingerhut *Digitalis ambigua* = *grandiflora* = *ochroleuca*. Bei *Digitalis ambigua* liegen die Wirkstoffverhältnisse ähnlich wie bei *Digitalis lutea*. Seine Heimat ist Süd- und Mitteleuropa und Asien. In Deutschland ist er nur im Süden und Westen vertreten.

Digitalis ferruginea, der Rostfarbene Fingerhut, der in Süd- und Süd-Osteuropa beheimatet ist und auch Digitoxin enthält (GESSNER 1953), soll wesentlich wirksamer als *Digitalis purpurea* sein.

Digitalis Thapsi, der in Spanien arzneilich verwendet wird, hat in qualitativer Hinsicht dieselbe Wirkung wie *Digitalis purpurea*, ist aber dreimal so gehaltreich wie dieser (BORIANI 1940). Nach FOCKE (zit. n. SWIRLOWSKY 1939) ist *Digitalis Thapsi* als eine südliche Rasse von *D. purpurea* aufzufassen.

Digitalis micrantha wird in Italien neben dem Gelben Fingerhut gebaut und ist in Südeuropa beheimatet (BORIANI 1940).

Digitalis canariensis, der auf den Kanarischen Inseln beheimatet ist, soll in seinem Wirkstoffgehalt gleich dem *D. purpurea* sein (BIERNACKI 1923).

Digitalis orientalis erwies sich in einem Froschversuch sowohl dem *D. purpurea* als auch dem *D. lanata* weitaus überlegen. Bei der chemischen Analyse seiner Glykoside wurden neue Komplexe (Origidin, Digorid A und B als kristallisierende *Digitalis*-Glykoside) aufgefunden (MANNICH u. SCHNEIDER 1941).

Von diesen genannten *Digitalis*-Arten wurde bisher *D. purpurea* in Deutschland am meisten in der Therapie angewendet. Die Ursache liegt wohl darin, daß *D. purpurea* in Deutschland das stärkste Wildvorkommen aller *Digitalis*-Arten hat und so auch am frühesten bezüglich seiner Wirkung und Inhaltsstoffe näher identifiziert wurde. Da bei der starken Nachfrage nach der *Digitalis*-Droge das Sammeln der freien Bestände nicht mehr ausreichte, kam es auch zum Anbau von *D. purpurea*.

In den letzten Jahren hat sich der Wollige Fingerhut, *D. lanata*, als bedeutend gehaltreicher und wirksamer erwiesen und verdrängt heute mehr und mehr *D. purpurea* aus dem Anbau, so daß *D. purpurea* vor allem durch Wildsammeln in den Handel kommt. Auch im Vergleich zu allen anderen *Digitalis*-Arten wird *D. lanata* für die entrale *Digitalis*-Therapie heute als die günstigste aller *Digitalis*-Arten angesehen (zit. n. GESSNER, 1953).

Die weiter als sehr gehaltreich bekannten Arten, wie *D. orientalis*, *D. dubia*, *D. Thapsi*, *D. obscura*, *D. sibirica* und *D. mariana* (nach HEEGER-POETHKE 1946) sind in ihrer therapeutischen Wirksamkeit und chemischen Konstitution wohl noch nicht so genau untersucht, als daß sich ein endgültiges Urteil über die wirksamste Art fällen ließe.

Weiter werden auch bei diesen bei uns nicht einheimischen Arten noch die Fragen der Anbaumöglichkeiten zu lösen sein. Nicht zuletzt wird es züchterischen Maßnahmen überlassen bleiben, mit diesen Arten zu arbeiten, um zu wertvollen Sorten zu gelangen.

113 Ursachen der Gehaltsschwankungen

Bei der Blattentnahme zur Wertstofftestung ist zwischen den Stengel- und Rosettenblättern der zweijährigen Pflanzen zu unterscheiden, die nach DIEKMANN (1950) einen unterschiedlichen Gehalt an Wirksubstanz und auch an Aschebestandteilen aufweisen. Nach DAFERT und ENGLISCH (1925/26) übertreffen die Stengelblätter die Rosettenblätter an wirksamer Substanz. In den Stengelblättern tritt von den jungen zu den alten Blättern hin eine Wirkstoffabnahme ein.

Verschiedene Untersuchungen über den Gehalt in unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten und in verschiedenen Altersstadien der Pflanzen stimmen in ihren Ergebnissen nicht immer überein. Die letzte Ausgabe des DAB (Deutsches Arzneibuch, 6. Bd. 1928) fordert noch eine Blattware von kurz vor der Blüte stehenden Pflanzen; es wird allgemein empfohlen, die Ernte nachmittags vorzunehmen, um die reichste Wirkstoffausbeute zu erzielen. Auch die Witterung soll den Gehalt beeinflussen, wobei Sonneneinstrahlung wirkstoffsteigernd wirken soll. Mit der Annahme, daß der Glykosidgehalt mit dem Kohlehydratstoffwechsel und mit der Assimilation in enger Verbindung steht, lassen sich Schwankungen aus den erwähnten Ursachen erklären. (Nach BOSHAERT 1938, geht die Glykosidbildung im eigentlichen Assimilationsgewebe vor sich und ist direkt an den Assimilationsvorgang geknüpft.)

Einer neueren Veröffentlichung von NEUWALD (1951) zufolge, ergeben sich zu verschiedenen Jahreszeiten aber keine Unterschiede im Gehalt an herz-wirksamen Glykosiden. Auch hat sich nach neueren Untersuchungen erwiesen, daß die Rosettenblätter (BOSHAERT 1938) schon nach 3 Monaten, nach ihrer vollen Entwicklung (August), bereits im ersten Jahr den maximalen Gehalt erreichen.

Nach GESSNER (1953) soll eine höhere Sonneneinstrahlung den Wirkstoffgehalt bei *Digitalis lanata* fördern, doch in alpinen Lagen fand BOSHAERT (1938) einen geringeren. Düngungsversuche ergaben vor allem mit Phosphor und Mangan eine Steigerung des Wirkstoffgehaltes, Kaligaben eine Minderung (DAFERT und ENGLISCH 1925/26). Eine Volldüngung mit N, P und K oder auch verstärkte N- und K-Gaben bewirkten wohl ein freudigeres Wachstum, ein direkter Zusammenhang zwischen Ertragssteigerung und pharmakologischer Wirkung wurde aber nicht beobachtet (BOSHAERT 1938).

114 *Digitalis*-Bastarde und züchterische Maßnahmen

Schon seit Jahren werden mit *Digitalis* häufig Bastardierungen, vor allem unter den verschiedenen Arten, vorgenommen. Doch dienen diese Versuche nur selten Untersuchungen über eine Glykosidgehaltsveränderung, sondern vielmehr dem Interesse für die verschiedenen Sterilitätserscheinungen, zytologischen und morphologischen Veränderungen. Diese Studien können für züchterische Arbeiten schon einen allgemeinen Einblick in die Kombinationsmöglichkeiten innerhalb der Gattung *Digitalis* vermitteln und sollen deshalb auch an dieser Stelle angeführt werden.

Wie aus Tabelle 3 zu entnehmen ist, sind Unterschiede in der Chromosomenzahl zwischen verschiedenen Arten häufig, so daß die betreffenden Bastarde in der Regel nur als Amphidiploide fertil sind. Unterschiedliche Angaben verschiedener Autoren über die Chromosomenzahl bestimmter Arten (z. B. *Digitalis purpurea* $n = 28$, $n = 24$ und *Digitalis lutea* $n = 48$, $n = 56$) erklären sich vermutlich dadurch, daß infolge der relativ großen Zahl und geringen Größe der *Digitalis*-Chromosomen genaue Zählungen erschwert werden.

Nach LINNERT (1950) beträgt die Chromosomengrundzahl der Gattung *Digitalis* $x = 7$. In der Chromosomentafel von TISCHLER (1950) werden die

Arten *D. purpurea*, *D. ambigua* und *D. lutea* als polyploide Arten angegeben.

Tabelle 3. Chromosomenzahlen aus der Gattung *Digitalis*.

Art	Chromosomenzahl	Verfasser
<i>D. purpurea</i>	$n = 28$	JAKAR (1945) BUXTON-NEWTON (1928) REGNART (1935) LINNERT (1950)
	$n = 24$	HAASE-BESSELL (1921)
<i>D. lutea</i>	$n = 48$	HAASE-BESSELL (1921)
	$n = 56$	LINNERT (1950) BUXTON-DARLINGTON (1927)
<i>D. ambigua</i>	$2n = 96$	MICHAELIS (1931)
	$2n = 28$	BUXTON-NEWTON (1928)
<i>D. lanata</i>	$2n = 56$	BUXTON-DARLINGTON (1927)
	$n = 24$	HAASE-BESSELL (1921)
	$n = 28$	LINNERT (1950)
<i>D. ferruginea</i>	$n = 24$	HAASE-BESSELL (1921)
<i>D. micrantha</i>	$n = 35$	JAKAR (1945)
<i>D. dubia</i>	$n = 24$	HAASE-BESSELL (1921)
<i>D. dubia</i>	$2n = 56$	REGNART (1935)
<i>D. viridiflora</i>	$n = 28$	BUXTON-NEWTON (1928)

Bastardierungen und Polyploidieversuche mit *Digitalis purpurea*

In der „Arten- und Sortenkunde von Arzneipflanzen“ von HEEGER-BRÜCKNER (1950) sind bei *Digitalis purpurea* die Gruppensorten „Erfurter Roter Fingerhut“ und „Oberlausitzer Roter Fingerhut“ aufgeführt. Der Beschreibung nach handelt es sich dabei um durch Auslese gewonnene Formen, bei denen Winterhärte und Blattertrag gesteigert wurden.

Über *Digitalis purpurea* wurden bereits mehrere Studien veröffentlicht, die sich mit der Kreuzung mit *Digitalis ambigua* beschäftigen (KOTUKOV 1953, BUXTON-DARLINGTON 1931, BUXTON-NEWTON 1928, OXINK 1939, NEILSON 1914, HAASE-BESSELL 1916/22/26, SWIRLOWSKY 1939). Hinsichtlich morphologischer Eigenschaften wird mehrfach auf eine intermediäre Vererbung hingewiesen, wobei aber NEILSON (1914) doch ein Übergewicht der mütterlichen Merkmale fand. Als dominant erwiesen sich die Fleckenausbildung an den Antheren und die die Blattdicke beeinflussenden Gene (NEILSON). Die Kreuzungen gelingen leichter mit *Digitalis purpurea* als Mutter (MICHAELIS 1931). Auf Grund eigener Versuche nimmt MICHAELIS (1931) an, daß die sowohl von ihm als auch von den zitierten anderen Autoren gefundenen, sich oft widersprechenden Unterschiede nach reziproken Kreuzungen vor allem durch Rassenunterschiede der Eltern sowie durch den Einfluß des jeweiligen Entwicklungsstadiums erklärt werden können. Darüber hinaus hält MICHAELIS das Vorhandensein von Plasmonunterschieden für möglich. In mehreren Fällen der Kreuzungen wurde auch eine fertile Bastardgeneration erhalten (BUXTON-DARLINGTON, SWIRLOWSKY). BUXTON-DARLINGTON (1931) wählte für den von ihnen erhaltenen Bastard einen Artnamen: *Digitalis mertonensis*. Mit $2n = 112$ besaß er die doppelte Chromosomenzahl der Eltern,

war gut fertil und zeigte in der F_2 -Generation keine Aufspaltung in die elterlichen Merkmale. Rückkreuzungen gelangen nur mit dem Elter *Digitalis purpurea*. Auch der von BUXTON-NEWTON (1928) erhaltene Bastard war fertil und zeigte keine Aufspaltung in der F_2 -Generation. In beiden Fällen handelt es sich also um allotetraploide Formen. Auch OXINK (1939) berichtet über einen Bastard *Digitalis purpurea* \times *D. ambigua*, den er als amphidiploid bezeichnet.

Nur eine Bastardierung ist bekannt, in der auch der Wirkstoffgehalt berücksichtigt wurde (KOTUKOV 1953). Es handelt sich dabei um eine Rückkreuzung der F_1 *D. purpurea* \times *D. ambigua* mit *D. purpurea*. Aus Selbstung oder Bestäubung der Bastarde untereinander wurde kein Samenansatz erhalten. Die „Rosa Hybride“ wies nach einem Froschtest nicht die „kumulative Giftwirkung“ des *Digitalis purpurea* auf, sie soll aber einige andere wertvolle Eigenschaften gehabt haben, wie z. B. Mehrjährigkeit und Blütenbildung im Jahr der Aussaat. Später wird noch von einem klinischen Test berichtet, wobei durch einen Aufguß von Blättern mehrere Heilerfolge erzielt wurden. Diese in Rußland durchgeführte Anwendung und Untersuchungsweise ist hier aber nicht bekannt, und so können diese Ergebnisse nicht direkt verglichen werden.

Über Bastardierungen mit *Digitalis lutea* liegen keine Angaben vor, die für eine züchterische Bearbeitung von Bedeutung wären. Nach HAASE-BESSELL (1916)

Nach den Beschreibungen der Polyploidieversuche mit *Digitalis purpurea* von FROESCHEL und CLAYS (1949) zeigten tetraploide Pflanzen von *Digitalis purpurea* Gigaswuchs. Von WERMANN (1955) wurden tetraploide *Digitalis purpurea* biologisch getestet, wobei die tetraploiden Formen gegenüber den diploiden eine geringere Wirksamkeit zeigten. Dieser Test wurde aber nur einmal mit frisch colchiziniertem Material durchgeführt, und es wurden keine chemischen Analysen des Wirkstoffkomplexes der Tetraploiden gemacht.

Bastardierungen und Polyploidieversuche mit *D. lanata*

Die von HAASE-BESSELL (1916, 1922, 1926) durchgeführten Bastardierungen von *Digitalis lanata* mit *Digitalis lutea*, *D. ambigua*, *D. purpurea* und *D. micrantha* ergaben meist intermediäre Formen. Abweichungen davon, von HAASE-BESSELL als „Falsche Bastarde“ (Elterngleichheit) bezeichnet, werden von MICHAELIS (1931) als Versuchsfehler gedeutet oder auch eine Entwicklung durch Parthenogenesis in Betracht gezogen.

Der Bastard *D. lanata* \times *D. ferruginea* (und reziprok), der phänotypisch sehr stark dem *ferruginea*-Elter ähnelt, wird von CAYEUX (1950) als *D. ferruginea major* bezeichnet. Eine amphidiploide Form aus *D. lanata* \times *lutea* wurde durch Kreuzung und anschließendes Colchiziniieren gewonnen. Dieser Bastard, der $2n = 168$ hatte, erhielt den Artnamen *D. santacatalinensis* (OLAH 1952).

Tabelle 4. Die bisher erzeugten *Digitalis*-Artbastarde, ihre Chromosomenzahl und Fertilität.

Bastarde	Chromosomenzahl	Angaben über Fertilität der F_1 - bzw. F_2 -Generationen	Verfasser
<i>D. purpurea</i> \times <i>D. ambigua</i>	$n = 28$	guter Samenansatz wenn <i>D. ambigua</i> ♀	BUXTON-NEWTON (1928)
F_2 <i>D. purpurea</i> \times <i>D. ambigua</i> aus künstlicher Bestäubung der F_1	$2n = 56 - 112$	Samenansatz bis 75%	BUXTON-NEWTON (1928)
F_2 <i>D. purpurea</i> \times <i>D. ambigua</i> aus offener Befruchtung der F_1	$2n = 48$	absolut steril	BUXTON-NEWTON (1928)
<i>D. purpurea</i> \times <i>D. ambigua</i> = <i>D. mertonensis</i>	$2n = 112$	guter Samenansatz bei freier Bestäubung	BUXTON-DARLINGTON (1927)
<i>D. purpurea</i> \times <i>D. ambigua</i>	$2n = 56$	(keine Mitteilung)	MICHAELIS (1931)
<i>D. purpurea</i> \times <i>D. ambigua</i>	$2n = 48$	absolut steril*	HAASE-BESSELL (1921)
<i>D. purpurea</i> \times <i>D. lanata</i>	$n = 72$	absolut steril*	HAASE-BESSELL (1916)
<i>D. purpurea</i> \times <i>D. lutea</i>	$2n = 76$	(keine Mitteilung)	MICHAELIS (1931)
<i>D. lanata</i> \times <i>D. lutea</i>	$2n = 168$	allopolyploid, guter Samenansatz	OLAH (1951)
<i>D. lanata</i> \times <i>D. lutea</i>	$n = 72$	absolut steril*	HAASE-BESSELL (1921)
<i>D. lanata</i> \times <i>D. micrantha</i>	$2n = 48$	absolut steril*	HAASE-BESSELL (1921)
<i>D. lutea</i> \times <i>D. micrantha</i>	$2n = 36$	absolut steril*	HAASE-BESSELL (1921)
<i>D. lutea</i> \times <i>D. ambigua</i>	$2n = 76$	(keine Mitteilung)	MICHAELIS (1931)
<i>D. purpurea</i> \times <i>D. dubia</i>	$2n = 56$	absolut steril	REGNART (1935)

* HAASE-BESSELL berichtet von „echten“ Bastarden, die stets absolut steril sind und von „falschen“, die z. T. guten Samenansatz zeigten.

ist die auch wild vorkommende Art *Digitalis purpurascens* durch Wildeinkreuzung von *Digitalis purpurea* \times *D. lutea* entstanden.

Ein steriler Bastard, der durch Einkreuzung mit *Digitalis dubia* erhalten wurde, zeigte einen auffallenden Heterosiseffekt und wurde von REGNART (1935) lediglich zytologisch untersucht und beschrieben.

Von *D. lanata* wurden von WERMANN (1955) polyploide Formen biologisch getestet. Diese zeigten aber wie *D. purp.* gegenüber den diploiden Formen eine verminderte Wirkung.

Außer diesen genannten Kreuzungen wurden von SWIRLOWSKI (1939) noch verschiedene andere (z. B. *D. lutea* \times *D. ambigua* und reziprok, *D. lutea* \times *D. la-*

nata und reziprok, *D. ferruginea* × *D. lanata*) beschrieben, wobei aber nur die äußere Erscheinungsform berücksichtigt wurde und sich im Vergleich zu den schon erwähnten Kombinationen keine wesentlichen neuen Merkmale ergaben.

Angaben über züchterische Maßnahmen, welche die Beeinflussung des Wirkstoffgehaltes berücksichtigen, finden sich also lediglich bei KOTUKOV (1953) und WERMANN (1955). Die Kreuzung (*D. purpurea* × *D. ambigua*) × *D. purpurea*, die „Rosa Hybride“ von KOTUKOV, ergab eine Herabsetzung der Wirksamkeit, zeichnete sich aber durch Fruchtbarkeit im ersten Jahr und Mehrjährigkeit aus, der Bastard *D. purpurea* × *D. lanata* durch besondere Winterhärte. Die tetraploiden *Digitalis lanata* und *D. purpurea*-Drogen erwiesen sich gegenüber dem diploiden Ausgangsmaterial im biologischen Test als weniger wirksam

12 Der Medizinalrhabarber

121 Die Wirkstoffe des Medizinalrhabarbers

Der Medizinalrhabarber ist eine Wurzeldroge, die als Radix, bzw. Rhizoma Rhei sinensis bezeichnet wird. Ihre abführende Wirkung wurde bislang dem Gehalt an Anthrachinonen, den sog. Emodinen, zugeschrieben, die in frisch geernteten Rhabarberwurzeln und -rhizomen nach sorgfältiger Aufbereitung nur in glykosidischer Bindung, meist mit Glukose (PAECH 1950), aber in der Droge auch in freier Form vorliegen (GESSNER 1953). WALLACH (1941) wies aber bereits darauf hin, daß die Anthrachinone selbst keine abführende Wirkung besitzen, sondern vielmehr die Produkte, die durch Oxydation in Anthrachinone übergehen. Nach einer Übersicht der neuesten Ergebnisse von GSTIRNER (1955) besitzen die glykosidisch gebundenen, reduzierten Anthrachinonderivate, die Anthranon- und Anthranolderivate, die größte Wirksamkeit. Bei einer schwankenden Zusammensetzung aller Anthrachinonderivate wird deren Gehalt in Rhabarberwurzel bzw. -rhizom bei 3—5% liegen (GSTIRNER 1955).

Da diese Ergebnisse sich aber noch häufig widersprechen, ist nicht zuletzt einem bestimmten Synergismus von Wirkstoffen von z. T. noch unbekannter Natur Rechnung zu tragen (AUTERHOFF 1951). Damit sind die chemischen Analysen zur Bestimmung der Wirksubstanz sehr erschwert und es hat sich unter den verschiedenen, von GSTIRNER (1955) zusammengestellten Methoden noch keine herausgestellt, die der biologischen Bestimmung gleichwertig ist. (Neuere biologische Bestimmungen siehe H. HAAS und H. HOLTZEM 1949 und J. W. FAIRBAIRN 1951). Quantität und Qualität des Wirkstoffgehaltes der Rhabarberwurzel sind auch in den verschiedenen Vegetations- bzw. Altersstadien der Wurzeln und Rhizome unterschiedlich.

Während der Winterruhe liegen die Anthracenderivate fast zu 100% als Anthronglykosid vor (SCHMID 1951). Mit Beginn der Vegetationsperiode nimmt der Gehalt von Anthrachinonglykosiden zu. Bei der Lagerung tritt eine Spaltung ein, wobei freie Anthrachinonderivate entstehen und die Wirkung langsam abnimmt (GSTIRNER 1955).

122 Verschiedene Arten mit abführender Wirkung

Die vom DAB als officinell anerkannte Rhabarberdroge stammt von *Rheum palmatum* L. var. *tanguticum*

Max., aus der Familie der *Polygonaceae*. Seine Heimat sind die Hochgebirge von Nord-Westchina und Osttibet. Bis vor nicht allzu langer Zeit wurde diese Droge nur durch den Import bezogen, wobei bei der Handelsware wiederum zwischen verschiedenen Herkünften unterschieden wurde und man die „Shensi-Droge“ (aus dem Kukunorgebiet) als die beste Qualität bezeichnete (FREUDENBERG 1954). Bei einem Anbau von Tibetherkünften in Bern erwiesen sich die Pflanzen in ihrer Wirksamkeit der Importdroge als gleichwertig, (HEEGER 1947), und damit begann die weitere Ausdehnung des Anbaues auch in Deutschland.

Auch der in Asien beheimatete *Rheum Rhaponticum* wird in Europa kultiviert und in Deutschland stellenweise angebaut. Er enthält ähnliche Wirkstoffe wie der officinelle Rhabarber, ist aber nur halb so wirksam wie dieser (GESSNER 1953).

Rheum undulatum L., der Gartenrhabarber, dessen Heimat ebenfalls in Zentralasien liegt, besitzt auch eine abführende Wirkung, soll aber in seinem Gehalt an Wirkstoffen nicht sehr zuverlässig sein (SCHÜRHOFF 1932).

Rheum australe wird nach GESSNER (1953) ähnlich wie *Rh. undulatum* bewertet.

Verschiedene Arten der Gattung *Rumex*, wie *R. alpinus*, *R. patiens*, *R. crispus* und *R. obtusifolius* enthalten ebenfalls abführende Wirkstoffe.

123 Die Bastardnatur des Medizinalrhabarbers und züchterische Maßnahmen

Über die Stammpflanze des aus Tibet eingeführten Medizinalrhabarbers herrscht bis heute noch Unklarheit (SCHRATZ 1949). TSCHIRCH (1932) beobachtete bei den Pflanzen aus Samenherkünften von Tibet eine starke Aufspaltung in rot- und weißblühende Pflanzen mit ganzrandigen und geschlitzten Blättern in vielen Übergängen. HIMMELBAUER (zit. nach TSCHIRCH) beobachtete weiter die Nachkommen der rot- und weißblühenden Pflanzen getrennt. Die rotblühenden ergaben Pflanzen mit roten und Pflanzen mit weißen Blüten und mit Blättern vom *undulatum*-Typ, aber in verschieden starker Ausbildung. Ihre Rhizomwüchsigkeit war schlecht und die Rhizome waren schwach gefärbt. Die weißblühenden Pflanzen ergaben vor allem Pflanzen mit Blättern vom *palmatum*-Typ, mit weißen Blüten und schwachen, aber gut gefärbten Rhizomen. Diese Untersuchungen brachten das Ergebnis, daß der „gute“ chinesische Rhabarber eine starke Verwandtschaft mit *Rheum palmatum* aufweist. Seine Eltern sind vermutlich *Rh. undulatum* und *Rh. palmatum*. Ihre Chromosomengarnituren blieben nicht als reine Komplexe erhalten, sondern es fand ein Austausch von Chromosomen oder Chromomeren der elterlichen Chromosomensätze statt (SCHÜRHOFF 1932). Nach eingehenden Untersuchungen von WALLACH (1941) haben sich Pflanzen mit tief geschlitzten Blättern und rötlichem Stiel von *Rheum palmatum* endgültig als die wirksamsten erwiesen. Nach SCHRATZ (1949) spielt allerdings die Stengelfarbe keine Rolle.

Infolge der starken Heterozygotie und großen Neigung zur Bastardierung ist es nach HEEGER (1950) schwer möglich, innerhalb von *Rheum palmatum* die Varietät *tanguticum* noch mit Sicherheit klar herauszufinden, wie es das DAB fordert, und er hält die Abtrennung der Varietät von der Art für nicht gerechtfertigt. Die von HEEGER geprüften Herkünfte sind

Formengemische, die im wesentlichen aus zwei verschiedenen Typen bestehen, deren morphologische Merkmale von HEEGER beschrieben werden.

Die züchterischen Arbeiten bei Medizinalrhabarber werden dadurch erschwert, daß sich seine Rhizome erst in drei Jahren so weit entwickelt haben, daß sie qualitativ beurteilt werden können. Die Auslese nach Eigenschaften oberirdischer Organe kann allerdings jedes Jahr erfolgen (FREUDENBERG 1954). WALLACH (1941) führte bereits Selbstungen der wirksamsten Pflanzen zur Weiterzucht durch. Ergebnisse darüber sind aber nicht bekannt geworden.

2 Pflanzen mit ätherischen Ölen als Hauptwirkstoff

21 Allgemeines über die ätherischen Öle

Ätherische Öle sind keine einheitlichen chemischen Verbindungen. Sie stellen ein Gemenge organischer Verbindungen dar, deren einzelne Komponenten oft sehr zahlreich, untereinander verwandt oder einander sehr fernstehend, meist flüchtig oder flüssig, selten fest sind. Die meisten ätherischen Öle zeichnen sich jeweils durch einen besonderen Stoff aus, der durch einen charakteristischen Duft wahrnehmbar ist, und werden deshalb auch häufig als Duftöle zusammengefaßt. Gemeinsam ist ihnen weiter ihre ölige Konsistenz. Auf Filterpapier bilden sie einen „Fettfleck“, der aber nach dem Verdunsten der Öle wieder verschwindet. Alle Duftöle enthalten Kohlen- und Wasserstoff, die meisten von ihnen auch Sauerstoff und einige Stickstoff und Schwefel (GESSNER 1953; MORITZ 1955).

Für die qualitative und auch quantitative Erfassung der ätherischen Öle ist die Kenntnis über die Zeit und die Organe, in denen der optimale Gehalt der Pflanze vorliegt, von größter Wichtigkeit. Wie einzelne Beispiele von PAECH (1950) zeigen, liegen hierfür bei den einzelnen ätherischen Öle enthaltenden Pflanzen große Unterschiede vor.

Pfefferminzpflanzen sind nach BODE und HEEGER (zit. nach KALITZKI 1954) morgens am gehaltreichsten.

Nicht zuletzt ist die Frage nach der Aufbereitung des Drogenmaterials für die Stoffbestimmung von Bedeutung. Bei Untersuchungen über den wirksamsten Zerkleinerungsgrad einer Droge stellen z. B. KOFLER und KRAEMER (1931) fest, daß Labiaten- und Kompositendrogen, bei denen das ätherische Öl vornehmlich in Drüsenhaaren gespeichert ist, in unzerkleinerter Form einen höheren Wert an Wirkstoffen liefern als in zerkleinerter. Sind dagegen die Ölbehälter in inneren Organen der Pflanze gelagert oder von derbwandigen Zellen geschützt, wurden bei einer zerkleinerten Droge höhere Werte erhalten.

Selbst bei den modernen Verfahren (zusammengefaßt bei GSTIRNER 1955) zur Gewinnung einer maximalen Ölausbeute treten noch Verluste unbekannter Größe auf, die durch die hohe Flüchtigkeit der ätherischen Öle, ihre schnelle Verharzung und die verseifende Wirkung bei der Wasserdampfdestillation bedingt sind (PAECH 1950).

So können nach GSTIRNER (1955) die Bestimmungsmethoden selbst nur als Konventionsmethoden angesehen werden, die niemals absolute Werte liefern. Um die bei verschiedenen Untersuchungen über den ätherischen Öl-Gehalt gewonnenen Werte untereinander wirklich vergleichen zu können, müssen

deshalb immer die einzelnen jeweiligen Bestimmungsmethoden angegeben werden.

Mit ihrer großen Mannigfaltigkeit sind die ätherischen Öle sehr stark im Pflanzenreich vertreten, unter den höheren Pflanzen besonders bei den Familien der Labiaten, Kompositen und Umbelliferen. Hier treten sie, wie kaum ein anderer Wirkstoff, in den verschiedensten Organen auf, in Blüten, Früchten, Blättern, im Kraut und in der Wurzel. Ebenso mannigfaltig wirkt sich ihre Anwendung aus, wobei sie durch ihren jeweils charakteristischen Geruch als Duft- und Gewürzpflanzen Verwendung finden, aber auch für rein therapeutische Zwecke in verschiedener Hinsicht gleichfalls unentbehrlich sind.

22 Pflanzen mit ätherischen Ölen aus der Familie der Labiaten

221 Die Gattung *Mentha*

Aus der Gattung *Mentha* ist in Deutschland nahezu ausschließlich die Pfefferminze, *Mentha piperita* var. *eupiperita* L. in pharmakologischer Hinsicht von Bedeutung. Ähnliche Hauptwirkstoffe wie die *M. pip.* weist noch die in Japan kultivierte Japanische Minze, *Mentha arvensis* var. *piperascens* Malinvaud et Holm, auf. Außerhalb dieser Gattung wurde Menthol, der wichtigste Bestandteil im Pfefferminzöl, nur noch in *Calamintha nepeta* und *Hyptis suaveolens* gefunden (PAECH 1950). In dem ätherischen Öl dieser genannten Arten findet sich als wirksames Agens der Pfefferminzkampfer = *l*-Menthol, $C_{10}H_{18}O$ (PAECH 1950). Das Menthol ist ein 1-Methyl-4-Isopropyl-Cyclohexanol und gehört zu den Terpenalkoholen (GESSNER 1953). Das in der Natur vorkommende *l*-Menthol ist wirksamer als das künstlich hergestellte. *l*-Menthol ist stets von Menthon begleitet, einem Keton, das wahrscheinlich aus Menthol hervorgeht (PAECH 1950). Das Menthol liegt in der Pflanze zum kleineren Teil in veresterter Form, zum größeren Teil in freier Form vor. Das veresterte Menthol wird durch Verseifen bestimmt, zur Ermittlung des freien Menthols wird dieses azetyliert und anschließend verseift (GSTIRNER 1955).

Der Sitz des ätherischen Öles in der Pflanze sind die Öldrüsen, die sich nach BAUER und POULHOUDEK (1934) auf allen Organen der Pflanze, bevorzugt aber auf der Ober- und Unterseite des Blattes befinden. Es besteht noch die Frage, wie weit evtl. qualitative Veränderungen des Öles erst im Blatt bzw. in oberirdischen Organen zur endgültigen Form des ätherischen Öles vonstatten gehen, nachdem STEINER und HOCHHAUSEN (1954) an Pflanzen von *Mentha crispa* somatische Mutationen von Kraus- zu Glattblättrigkeit fanden. Dabei enthielten die krausen Blätter Carvon, die glatten Menthol. Alle Blätter mit diesem unterschiedlichen Gehalt stammten aber aus einem Wurzelsystem.

Neuere Untersuchungen (KALITZKI 1954) ergaben, daß der Mentholgehalt, sowohl an freiem als auch an verestertem Menthol, bis zur Blüte zu-, der Menthon-gehalt dagegen abnimmt. Im Vorknospenstadium — hier liegt der höchste Gesamtgehalt an ätherischen Ölen vor — sind diese Veränderungen besonders stark. Beim Welkevorgang wurden dieselben Erscheinungen festgestellt: Mit zunehmendem Welken nimmt der Mentholgehalt zu, der Menthongehalt ab. Dichte, optisches Drehungsvermögen wie auch der Brechungs-

index nehmen beim Anwelken zu. Das in der Frischpflanze farblose Öl gewinnt mit fortschreitendem Welken immer mehr an Farbe.

Diese Änderungen in den ätherischen Ölen beginnen schon nach den ersten Stunden der Ernte. Sie sind vom Wassergehalt des Pflanzenmaterials unabhängig, hängen aber mit dem jeweiligen Welkezustand, also dem Stoffwechselgeschehen des jeweiligen Materials, eng zusammen. Reine Öle, die entsprechend den welkenden Pflanzen gelagert sind, ändern sich in ihrer Zusammensetzung dagegen kaum.

Für die Praxis ergaben diese Untersuchungen, daß für die Gewinnung eines mentholreichen Öles nicht Frischpflanzen im Vorknospenstadium zur Destillation gelangen sollen.

Als Versuchspflanzen dienten für diese Auswertung Blätter und Stengelspitzen der Sorte „Mitcham“ mit durchschnittlichem Gehalt an ätherischen Ölen von 1–2,5%. Der Mentholster wurde nach GILDEMEISTER und HOFFMANN¹ (1928), modifiziert nach HEGNAUER¹ (1948), bestimmt, das Menthon nach BENETT und SALMON¹.

Die Entwicklung der Öldrüsen findet schon sehr frühzeitig statt. Sie sind auf den Blattanlagen sofort ausdifferenziert und enthalten hier schon nennenswerte Ölmengen. Die Ausbildung der Öldrüsen geht der endgültigen Ausdifferenzierung des Blattes weit voraus (WEILING 1949). WEILING stellte weiterhin fest, daß die Labiatendrüsen bei gleichen Umwelteinflüssen eine weitgehend konstante Volumenausdehnung besitzen. Die Unterschiede, die sich innerhalb eines Blattes für die Drüsendichte und für das Drüsenvolumen ergeben, sind nicht gesichert. Im Mittel gleichen sich diese Unterschiede innerhalb eines Blattes aus, so daß die Drüsenverteilung auf dem ganzen Blatt als gleichmäßig angesehen werden kann.

Die Unterschiede in der Drüsendichte zwischen den verschiedenen Arten und Rassen der Gattung *Mentha* sollen nach WEILING (1949) durch polymer wirkende Faktoren zustande kommen, die — wie WEILING aus seinen Arbeiten zu erkennen glaubt — sich in ihren Wirkungen addieren. Dabei sollen alle Faktoren den gleichen Wirkungswert haben, so daß beispielsweise selbst vom 29. zum 30. Faktor noch ein linearer Anstieg der Gen-Wirkungskurve erfolgt. Zu dieser Interpretation seiner Versuche kommt WEILING dadurch, daß sich sowohl die in den einzelnen Arten und Rassen gefundenen Werte für die Drüsendichte (dargestellt als Quotient der Drüsendichte von Blattober-: Blattunterseite) als auch die Werte des mittleren Drüsenvolumens als ganzzahlige Vielfache bestimmter Grundzahlen erwiesen, wobei nach WEILING nicht festgestellt werden kann, ob diese Grundzahl den Wirkungswert des völlig rezessiven Genotyps repräsentiert. Die zur Stützung dieser Hypothese erforderlichen Kreuzungen und Nachkommenschaftsprüfungen wurden bisher noch nicht durchgeführt.

Nach WEILING lassen die Unterschiede im Drüsendurchmesser Unterschiede in der Chromosomenzahl vermuten, wie derartige Relationen z. B. von BERG (zit. nach WOTHKE 1939) bei den Nachkommen einer Kreuzung von ‚Mitcham‘ × ‚Thüringer Minze‘ festgestellt wurde. Nach bisherigen Untersuchungen konnten dadurch aber nicht mit Sicherheit Unterschiede in den

Chromosomenzahlen der Stammarten nachgewiesen werden (WEILING 1949).

Für die Pfefferminzöl- bzw. Mentholgewinnung kommen nur Arten oder Rassen in Frage, die einen möglichst hohen Gehalt an mentholreichem Öl aufweisen. Findet aber die ganze Droge Verwendung, sind auch noch Nebenwirkstoffe, wie Bitter- und Gerbstoffe, von Bedeutung, wie pharmakologische Untersuchungen mit der *Mentha piperita* ergaben (GESSNER 1953). Auch andere als die erwähnten *Mentha*-Arten enthalten geringe Mengen Menthol wie z. B. nach SCHÜRHOFF (1929/32) *Mentha aquatica*. Meistens interessieren aber bei allen anderen verwendeten Arten noch andere Aromastoffe, z. B. das Carvon, das vor allem bei verschiedenen Krauseminzen reichlich vorkommt, oder Linalool.

Für einen größeren Anbau dieser Arten besteht aber kein Interesse. Lediglich die Poleiminze, *Mentha Pulegium* L., liefert das Poleiöl, das noch in kleineren Mengen eine spezifische Verwendung findet.

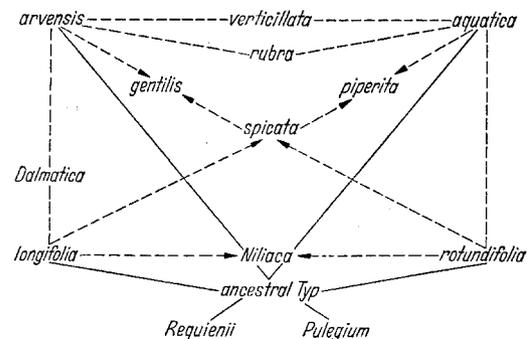


Abb. 1. Die mutmaßliche Entstehung der *Mentha*-Bastarde nach GAMS (zit. n. RUTTLE 1931)

Von den weiteren *Mentha*-Arten interessieren hier nur diejenigen, die als Ausgangsarten für *Mentha piperita*, die einen Bastard darstellt, eine Rolle spielen.

Die Verwandtschaften zwischen den *Mentha*-Arten sind in zytologisch-genetischer Hinsicht noch nicht eindeutig geklärt. Die Anzahl der verschiedenen, natürlich entstandenen Bastarde in dieser Gattung ist sehr groß, da sich die *Mentha*-Arten, außer *M. Pulegium*, leicht miteinander kreuzen und die z. T. sterilen Nachkommen sich stark vegetativ vermehren. Groß ist die Anzahl der verwilderten Typen, da der Anbau verschiedener Bastarde schon seit dem Altertum bekannt ist. Nicht zuletzt erleichtert auch eine die Selbstbestäubung verhindernde Komplikation, die bei allen Arten vorkommende Gynodiözie, die Bastardierung. Neben Pflanzen mit großen protandrischen Blüten kommen regelmäßig solche mit kleineren, oft blasser gefärbter Krone und verkümmerten Staubblättern vor (HEGI).

Die beiden Arten mit der größten Verbreitung, *M. arvensis* und *M. longifolia*, existieren in zahlreichen morphologischen Varietäten, und die Möglichkeit der Bastardkombination wird auch dadurch erhöht (HEGNAUER 1953).

Apogame Vermehrung und Pelorienbildung treten bei *Mentha* häufig auf (HEGI).

Die Krausblättrigkeit, die bei vielen Arten vorkommt, ist nach HEGI weniger ein Varietätenmerkmal, als vielmehr eine Bastardierungserscheinung (meist mit *M. rotundifolia*), wie andere Neubildungen bzw. Wachstumsstörungen.

¹ Zit. nach KALITZKY 1954.

Von den sog. „guten Arten“ soll es nach GAMS (zit. n. SCHÜRHOFF 1929) nur 4 geben, nach HEGI 10—15. Die bisherigen verschiedenen Untersuchungen über die Chromosomenzahlen der einzelnen Arten stehen mit ihren Befunden noch sehr im Widerspruch. Auch diese Tatsache läßt sich mit der ausgeprägten Bastardierungsfähigkeit in dieser Gattung erklären, wobei nun innerhalb der jeweiligen Ausgangsarten mannigfache Zwischenformen auftreten. Bis heute wird immer wieder auf die Darstellung von GAMS (nach RUTTLE 1931) über die mutmaßliche Entstehung der einzelnen Menthabastarde zurückgegriffen (Abb. 1).

Die Tabelle 5 bringt eine kurze Zusammenstellung der bisherigen Befunde über die Chromosomenzahl in der Gattung *Mentha*. (Genauere Angaben bei WELLING 1949.)

22 II Arten und Bastarde aus der Gattung *Mentha*

Mentha Pulegium L., die Poleiminze. Die Poleiminze ist in Mitteleuropa beheimatet. Der Hauptbestandteil ihres ätherischen Öles ist das Pulegon, das der Droge einen weinähnlichen Duft verleiht. Bis zu 9% liegt auch, zum größten Teil freies, Menthol vor. In der Volksheilkunde findet die Poleiminze ähnliche Verwendung wie die Pfefferminze. Über ihre Anwendung in der wissenschaftlichen Therapie liegen keine näheren Angaben vor. Pflanzen sizilianischer Herkunft besitzen 1% ätherisches Öl, italienische Herkünfte nur 0,3 bis 0,5% (GESSNER 1953). Nach HEGI enthält die in Südspanien beheimatete Varietät *M. Pulegium villosa* Benth. am meisten Poleiöl und wird in Nordamerika, England und auch in Deutschland kultiviert.

Mentha arvensis L., die Ackerminze. Die in Europa, Asien und Nordamerika heimische, weit verbreitete Ackerminze umfaßt sehr viele unterschiedliche Rassen, die aber zum großen Teil noch nicht näher oder von mehreren Autoren nicht übereinstimmend identifiziert wurden. Ihr Anteil an den vielen Artbastarden in der Gattung *Mentha* ist sehr groß (HEGI). Im Kraut enthält sie nach GESSNER 0,22% ätherisches Öl, u. a. mit Pulegon, aber kein Menthol.

Die Varietät *M. arvensis* var. *piperascens*, nach HEGI *M. arvensis* subsp. *haplocalyx* var. *piperascens* Malinvaud, ist die in Japan viel kultivierte Japanische

Tabelle 5. Zusammenstellung der Angaben verschiedener Autoren über die Chromosomenzahlen der Gattung *Mentha*.

Art	Chromosomenzahl		Autor	Bemerkungen
	n	2n		
<i>M. arvensis</i> L.	36		RUTTLE 1931 SCHÜRHOFF 1932 LIETZ 1930 JUNELL 1942 JUNELL 1942 NAGOA 1942 NAGOA 1941	nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950
	6 32 45, 46			
<i>M. arvensis</i> var. <i>piperascens</i> MALINVAUD	48		SCHÜRHOFF 1931	
<i>M. Pulegium</i> L.	10, 20		RUTTLE 1931 NAGOA 1941	nach TISCHLER 1950 Die Frage, ob n = 10 hier als diploid zu werten ist, kann nach TISCHLER endgültig erst dann entschieden werden, wenn keine Rassen mit n = 5 aufgefunden werden konnten.
	23			
<i>M. aquatica</i> L.	18		SCHÜRHOFF 1932 LIETZ 1930 RUTTLE 1931 JUNELL 1942	nach TISCHLER 1950
	48			
<i>M. spicata</i> (L.) HUDSON	18		SCHÜRHOFF 1932 NAGOA 1941	nach TISCHLER 1950
	24		RUTTLE 1931 NAGOA 1942	nach TISCHLER 1950
	42		NAGOA 1942	nach TISCHLER 1950
<i>M. piperita</i> HUDSON	18		SCHÜRHOFF 1932 RUTTLE 1931 GLOTOV 1940 GLOTOV 1940	
	34	36 64		
<i>M. longifolia</i> L.	9		SCHÜRHOFF 1927 LIETZ 1930 RUTTLE 1931 HEIMANNS 1938 JUNELL 1942 NAGOA 1941	nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950 Individuen mit n = 9 werden nach TISCHLER (1950) als triploid gewertet
	12			
	24			
<i>M. rotundifolia</i> (L.) HUDSON	9		HEIMANNS 1938 RUTTLE 1931 NAGOA 1941 JUNELL 1942 SCHÜRHOFF 1929	nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950 nach TISCHLER 1950
	12			
	27			
<i>M. niliaca</i> JACQUIN (BRIQ.)	12		RUTTLE 1931	
<i>M. verticillata</i> L.	27		SCHÜRHOFF 1932	
<i>M. canadensis</i>	27		SCHÜRHOFF 1932	nur aus einer Bastardverbindung erschlossen

Minze. Sie wird häufig mit der *Mentha canadensis* L. var. *piperascens* Malin. Hara identifiziert. Wie weiter unten noch näher gezeigt wird, ist aber die *Mentha canadensis* ein Bastard von *Mentha aquatica* × *M. arvensis*. TSCHIRCH (1932) stellte fest, daß die Japanische Pfefferminze nicht samenbeständig ist, und vermutete, daß sie aus einer Kreuzung von *M. arvensis* mit einer Form von *M. spicata* hervorgegangen ist.

M. arvensis var. *piperascens* besitzt einen starken Pfefferminzgeruch und enthält im Blatt 1—2% äthe-

rische Öle mit 80%, zum größten Teil freiem, Menthol. Von dieser Pflanze stammt vor allem das in den Handel gelangende natürliche Menthol. Kulturversuche mit der Japanischen Minze in Deutschland ergaben, daß sie hier die gleichen Erträge wie in Japan bringt.

In Japan wird das entölte Blattmaterial noch als Viehfutter verwendet (HEGI, GESSNER 1953).

Mentha aquatica L., die Bachminze. Die Bachminze hat ihr Verbreitungsgebiet in Europa, West- und Nordasien, Afrika, Amerika und Australien. Im Blatt sind nach GESSNER (1953) 0,85% ätherische Öle enthalten, mit 47% Gesamtalkoholen, die u. a. Linalool, einen aliphatischen Terpenalkohol, enthalten, auch Carvon, aber kein Menthol. SCHÜRHOFF (1932) berichtet über Literaturangaben, nach denen sich in Drüsen von *M. aquatica* Mentholkristalle finden. Auch 4,7% Gerbstoffe liegen hier vor.

Nach HEGI wird die schon in alten Kräuterbüchern und auch heute noch häufig genannte Krauseminze zum großen Teil mit der Varietät *M. aquatica* var. *crispa* zu identifizieren sein.

Mentha rotundifolia HUDSON, die Rundblättrige Minze. Die Rundblättrige Minze ist vor allem im Mittelmeergebiet verbreitet, auch in Nord- und Mittelamerika. In Deutschland findet sie sich fast nur am Rhein. Über ihren Gehalt an ätherischen Ölen ist weiter nichts bekannt, als daß sie nach HEGI einen unangenehmen Geruch aufweist.

Mentha longifolia HUDSON, die Langblättrige Minze. Die Langblättrige Minze hat ihr Verbreitungsgebiet in Mitteleuropa, auf den Kanaren, in Südafrika und in West- und Mittelasien. Die ätherischen Öle im Kraut, die Carvon enthalten, sind noch nicht weiter untersucht. Daneben ist der Gehalt von etwa 9% Gerbstoffen bekannt (VOLLMER 1934).

Mentha spicata L. em. HUDSON = *M. viridis* L., die Grüne Rossminze. Nach HEGI ist die Rossminze in Deutschland nicht beheimatet, sondern kommt hier nur verwildert vor. Ihre Heimat ist in Frankreich, Oberitalien und in den Dolomiten zu suchen. In England ist ihr Anbau schon seit dem 16. Jahrhundert bekannt.

Das *l*-drehende ätherische Öl, Oleum Menthae viridis, das im Blatt zu 0,17% enthalten ist, besteht aus 50% Carvon, enthält aber kein Menthol (GESSNER). BRÜCKNER (1928) fand bei den morphologischen Untersuchungen nur sehr selten Öldrüsen vor.

Bei HEGI wird *M. spicata* als selbständige Art geführt und auch WOTHKE (1939) beobachtete bei Selbstung keine Aufspaltung. Allerdings kann es sich hier nach HEGI auch um eine hybridogene Sippe handeln, deren Heimat in Mitteleuropa zweifelhaft ist. Im allgemeinen ist aber *M. spicata* nur als Bastard von *M. longifolia* × *M. rotundifolia* bekannt. Ihre Bastardnatur wird nach SCHÜRHOFF (zit. n. WEILING 1949) auch durch die Ausbildung von Zwergpollen und durch die Degeneration des weiblichen, oft auch des männlichen Gametophyten bestätigt.

Nach RUTTLE (1931) handelt es sich bei *M. spicata* weder um eine reine Art noch um einen einfachen Bastard. WEILING (1949) vermutet in *Mentha spicata* einen amphidiploiden Bastard, da er bei seinen Studien feststellte, daß das Gesamtdrüsenvolumen von *M. spicata* das der Stammarten in einem höheren Maße übertrifft, als bei natürlicher Transgression erwartet werden kann.

Die Varietät *M. spicata* var. *crispata* Schrader = *M. spicata* var. *crispa* Benth. dient häufig zur Gewinnung des „Krauseminzöls“, das in den Blättern zu 1—2% vorliegt. Es enthält vorwiegend *l*-Carvon, kein Menthol. Je nach Herkunft liegen unterschiedliche Zusammensetzungen dieses Öles vor. Von allen Krauseminzen wird diese Varietät sowohl in Nordamerika wie auch in Deutschland und England am meisten angebaut. TSCHIRCH unterscheidet weitere 5 krausblättrige Formen von *M. spicata* (HEGI und GESSNER 1953).

Mentha piperita HUDSON, die Pfefferminze. Die Pfefferminze ist nirgends wirklich heimisch, kommt aber vielerorts verwildert vor. In Westeuropa und Nordamerika finden sich große Anbauflächen mit *M. piperita* ssp. *eupiperita* var. *officinalis*. Diese Unterart enthält nach BAUER und POULHOUEK (1934) im Blatt 1,5% ätherisches Öl mit 50—86% *l*-Menthol, den Pfefferminzkampfer, daneben etwa 20% Menthon. Eine günstige Wirkung wird bei Verabreichung der ganzen Droge den Nebenwirkstoffen zuerkannt, die hier zu etwa 6—12% als Gerbstoff und in unbestimmten Mengen als Bitterstoff vorliegen (VOLLMER 1934).

In Mitteleuropa und in England wird die Form *rubescens* Camus = black mint, die sich durch einen von Anthocyan geröteten Stengel auszeichnet, bevorzugt, in Frankreich die Form *pallescens* Camus = white mint, die rein grün ist und einen noch feineren Geruch aufweisen soll (HEGI).

Mentha piperita ist ein Tripelbastard aus *M. aquatica* × *M. spicata* (= *M. longifolia* × *M. rotundifolia*). Die erste sichere Beschreibung von *M. piperita* stammt aus Herfordshire zu Ende des 17. Jahrhunderts. Danach ist die Pfefferminze in *Mentha spicata*-Beständen entstanden und nach TSCHIRCH haben sich daraus die Bestände in England, Deutschland und Amerika entwickelt (HEGI). Die heute in England und Deutschland am meisten gebaute Sorte „Mitcham“ kommt ebenfalls aus England und soll, wie auch die „Sorten“ Pfälzer und Thüringer Minze, aus Sproßmutationen entstanden sein (WEILING 1949).

Nach FREUDENBERG (1954) gibt es Zuchtsorten mit einem Ölgehalt von 2,5%. HEEGER-BRÜCKNER (1950) geben für die Mitcham-Pfefferminze, die zu der „Schwarzen Minze“ gehört, einen Gehalt von 1,7% und für die Pfälzer Pfefferminze, vom Typ *pallescens*, 1% an. Letztere ist aber massenwüchsiger als die Mitcham. Die zur Pfefferminze gehörige Krauseminze, *Mentha piperita* subsp. *eupiperita* var. *crispula* Briq. (= *M. crispa* aut. p.p.) enthält statt Menthol Carvon, und zwar amerikanische und russische Krauseminze bis zu 7%. STEINER und HOCHHAUSEN (1954) fanden an *M. crispa* häufig somatische Mutationen als Rückschläge zur Glattblättrigkeit neben krausen Blättern an einer Pflanze. Geruch und Brechungsindex ergaben, daß die krausen Blätter Carvon und die glatten Blätter Menthol enthalten.

Untersuchungen von HIMMELBAUER und HINDES (1928) zeigten, daß der weibliche Gametophyt bei *Mentha piperita* in fast allen Entwicklungsstadien Degenerationserscheinungen aufwies.

Die Bastardnatur von *Mentha piperita* wurde durch Studien in verschiedener Richtung immer wieder festgestellt. SCHÜRHOFF (1932) sieht in der Ausbildung zahlreicher Zwergpollen ein „Kennzeichen geschwächter Affinität der elterlichen Chromosomen“, ein Merk-

mal der Bastardnatur. *M. piperita* stellt aber keinen intermediären Bastard dar, sondern zeigt zwischen den Ausgangsformen alle Übergänge, und es ist anzunehmen, daß häufige Bastardierungen zwischen den beiden Elternformen, zwischen den Bastarden und zwischen den Elternformen und zwischen den Bastarden stattgefunden haben (SCHÜRHOFF 1932).

Verhältnismäßig selten wird bei *M. piperita* Samensatz beobachtet. HIMMELBAUER und HINDES (1928) konnten dennoch Aufspaltungen feststellen, in denen stets mehr *aquatica*- als *spicata*-Formen auftraten. Diese Erscheinung wurde damit erklärt, daß auch *M. spicata* bereits ein Bastard ist.

SCHÜRHOFF (1929) führte eine Synthese mit rein weiblichen *Mentha viridis* × *M. aquatica* durch. Das Ergebnis wurde aber nicht bekannt. Da nach SCHÜRHOFF *M. aquatica* Menthol enthält, *M. spicata* dagegen keines, wären reziproke Kreuzungen von großem Interesse. SCHÜRHOFF stellte weiter fest, daß die Unfruchtbarkeit der *M. piperita* immer stärker zunimmt, je mehr sie sich einer Elternform nähert. Es wird dabei die Möglichkeit offengelassen, daß, wie MICHAELIS (1929) (zit. n. WEILING 1949) bei *Epilobium* feststellte, die Hemmungserscheinungen, die evtl. durch Rückkreuzung ausgelöst werden, im Laufe der Generationen immer stärker zunehmen, je mehr artfremde Gene sich im mütterlichen Plasma anreichern.

BRUCKNER (1928) untersuchte die morphologischen und anatomischen Verhältnisse der *M. piperita* und ihrer Ausgangsformen und fand für *M. piperita* ein intermediäres Verhalten zwischen *M. spicata* und *M. aquatica*. Im Hinblick auf das Drüsenvolumen ergaben die Arbeiten von WEILING (1949), daß *M. piperita* als Resultante der Genwirkungen der Stammarten zu deuten ist und eine intermediäre Form darstellt. *M. spicata* weist ein größeres, *M. aquatica* ein kleineres Volumen auf. Verschiedene Herkünfte der *M. piperita* zeigten in vielen Merkmalen starke Abweichungen voneinander (SCHÜRHOFF 1929).

Mentha canadensis. *M. canadensis* wird von SCHÜRHOFF (1932) auf Grund ihrer Chromosomenzahlen ($n = 27$) als Bastard von *M. aquatica* ($n = 18$) × *M. arvensis* ($n = 36$) angesehen. Wie bereits erwähnt, soll *M. canadensis* mit *M. arvensis* var. *piperascens* identisch sein und wird auch von HEGI weder als Bastard noch als reine Art aufgeführt.

Mentha verticillata L. ($n = 27$) wird ebenfalls als Bastard von *M. arvensis* × *M. aquatica* angesehen. Da aber im Gegensatz zu *M. verticillata* *M. canadensis* Menthol enthält und sich *M. aquatica* außerdem im Mentholgehalt von *M. arvensis* unterscheidet, nimmt SCHÜRHOFF an, daß es sich hier um reziprok verschiedene Bastarde handelt. Dabei soll *M. canadensis* aus einer Kreuzung von *M. aquatica* × *M. arvensis* entstanden sein, aus der reziproken Kreuzung *M. verticillata*. Seine Annahme sieht SCHÜRHOFF einerseits dadurch unterstützt, daß auch *M. piperita* — ein Bastard, bei dem *M. aquatica* beteiligt ist — Menthol enthält, und andererseits dadurch, daß *M. canadensis* desto mehr Mentholgeruch aufweist, je mehr sie sich in ihren morphologischen Merkmalen der *M. aquatica*-Form nähert.

Mentha verticillata L. = *M. sativa* L. ist wie ihre Eltern sehr stark verbreitet. Bei den Drüsenvolumenmessungen von WEILING (1949) stellte sich *M. verticillata* auch in dieser Beziehung als eine intermediäre

Form von *M. arvensis* × *M. aquatica* heraus. Dabei besitzt *M. aquatica* ein größeres Drüsen-Volumen als *M. arvensis*. Nach HEGI ist die Russische Krauseminze eine Varietät von *M. verticillata*.

Mentha gentilis. *Mentha gentilis*, ein Bastard aus *M. arvensis* × *M. spicata*, ist in morphologischer Hinsicht der *M. spicata* sehr ähnlich. Die Form *M. gentilis* f. *cardiaca* Briq. scheint eine der ältesten Edelminzen zu sein und wird noch in Bauerngärten angebaut (HEGI).

2212 Ursachen der Gehaltsschwankungen

Über die Zusammenhänge zwischen dem Wachstum der Pflanzen und deren Ölproduktion geben folgende Untersuchungen Aufschluß: GRAHLE (1955) stellte fest, daß die Ölbildung nicht streng an das Wachstum gebunden ist, daß also Wachstum und Ölbildung nicht parallel laufen. (Sie bestimmte den Ölgehalt mit dem Apparat von MORITZ.) Ihre Untersuchungen über die Ölproduktion in den einzelnen Insertionshöhen stehen in guter Übereinstimmung mit den Untersuchungen über die Öldrüsenverteilung in den einzelnen Wirteln von WEILING (1949). WEILING fand im ersten Wirtel kaum Drüsen, mit zunehmender Insertionshöhe eine gleichzeitige Zunahme der Drüsendichte, die zur Spitze hin wieder abnahm oder gleich blieb. Im Vergleich zu den unteren Blattwirteln fand WEILING die Drüsen in den oberen Wirteln straffer gefüllt. Er teilt weiter noch mit, daß Pflanzen, die im Mittel eine höhere Drüsendichte und ein größeres Drüsenvolumen aufweisen, meist auch eine höhere Wirtelzahl besitzen.

In den ersten Versuchen von GRAHLE (es wurde dabei mit Klonpflanzen gearbeitet, die im Trockenzustand 3% Öl aufwiesen) ergab der 8. Wirtel stets die größte Blattfläche, während bei einer 2. Auswertung der 8. Wirtel nicht die größten Blätter lieferte, aber stets den höchsten Gehalt, obwohl in anderer Wirtelhöhe sich noch größere Blätter befanden. Vom 8. Wirtel ab trat stets eine langsame Abnahme zur Spitze hin ein. Zwischen den einzelnen Wirtelhöhen bestehen gesicherte Unterschiede im Ölgehalt. Die Seitenzweige brachten dagegen nur geringe Ölmengen.

Im allgemeinen wird als günstigster Erntetermin die Zeit kurz vor dem Blütenbeginn angegeben, da dann der Ölgehalt am höchsten sein soll. Nach FREUDENBERG (1954) ist das Ende Juni/Juli, wenn die Pflanzen voll ausgewachsen sind. Diese Angaben stimmen mit den eben erwähnten Ergebnissen gut überein, da kurz vor der Blüte einerseits die größte Insertionshöhe erreicht ist und andererseits die untersten Blätter noch nicht zu weit ausgebildet oder gar abgeworfen sind (WEILING 1949).

Aus Untersuchungen, welche die äußeren Einflüsse auf den Gehalt an ätherischen Ölen berücksichtigen, sind folgende Ergebnisse bekannt: Die Pfefferminze ist eine Langtagpflanze. GRAHLE (1955) berichtet über Studien, die über die photoperiodische Beeinflussung auf den Ölgehalt in Amerika gemacht wurden: Pflanzen, die mit 12 Stunden Belichtung im Kurztag standen, erbrachten kaum meßbare Ölmengen, ihre Drüsendichte hatte sich auch vor allem auf der Blattunterseite stark verringert. Pflanzen, die 18 Stunden unter Lichteinfluß standen, zeigten eine normale Ölbildung.

Versuche mit Störlicht ergaben in einem anderen Fall bei 9 stündiger Belichtung und 15 Stunden Dunkel keine normale Ölbildung, während bei 8 Stunden

Belichtung und einer Stunde Störlicht die Ölbildung als normal befunden wurde. Diese Erscheinungen konnten noch nicht näher erklärt werden. Hier bestand auch kein Zusammenhang zwischen der Blattgröße und der Ölproduktion, während nach WEILINGS Untersuchungen (1949) die kleineren Blätter im Mittel mehr Öldrüsen als die großen besitzen.

Der Einfluß der Witterung auf den Ölgehalt ist sehr stark (GRAHLE 1955). Bei einem Vergleich extrem verschiedener Standortbedingungen ergaben die Pflanzen, die Dürrebedingungen ausgesetzt waren (sonniger Standort und minimale Wasserzufuhr), ein größeres oder gleich großes Gesamtdrüsenvolumen/cm² Blattmaterial wie Pflanzen unter normalen Bedingungen. Pflanzen, die im Schatten auf sehr feuchtem Boden standen, wiesen das kleinste Gesamtdrüsenvolumen auf (WEILING 1949). Untersuchungen über die Drüsendichte von LVOV und JAKOVLEVA (1930) brachten damit übereinstimmende Ergebnisse.

Anbauversuche in Rußland (LVOV und JAKOVLEVA 1930) mit Klonen ergaben in nördlicheren Gebieten Pflanzen mit signifikant niedrigerem Gehalt als in südlicheren Gebieten. Das hier verwendete Pflanzenmaterial stammte aus England. In der Ukraine angebaut, brachte es einen gleich hohen Ölertrag wie in England, z. T. sogar einen höheren.

Die Ölverdunstung ist nach GRAHLE (1955) ganz minimal und nur zur Zeit der Blüte etwas höher.

Bei Düngungsversuchen zeigte Manganzufuhr einen günstigen Einfluß auf die Qualität des Öles (STEIGERWALD 1953).

Über die Trocknung teilten SCHLEMMER und SPRINGER (1938) mit, daß auf dem Speicher langsam getrocknetes Drogenmaterial unversehrte und prall gefüllte Öldrüsen aufwies. Dagegen zeigten die Drogen, die innerhalb von 8 Stunden in der Sonne getrocknet waren, stark geschrumpfte oder geplatze Öldrüsen und hatten 20% Ölverlust.

STEIGERWALD (1953) faßt seine Untersuchungsergebnisse dahingehend zusammen, daß die Ölausbeute 1. von der Art der Trocknung, 2. von der Höhe des Stengelanteils, 3. vom Zeitpunkt der Ernte und 4. von der Düngung abhängig ist, der Blattertrag von denselben Faktoren aber in umgekehrter Reihenfolge. Der Ölgehalt kann weniger leicht beeinflußt werden als der Ertrag.

2213 Züchterische Arbeiten mit der Pfefferminze

Das Ziel bei einer züchterischen Bearbeitung der Pfefferminze ist die Erzeugung eines Drogenmaterials von bester Qualität und hohem Ertrag. Für die Gewinnung von ätherischem Öl oder reinem Menthol wird nur der Gehalt dieses Wirkstoffes in Augenschein genommen. Bei einer Anwendung der ganzen Droge, *Folia Menthae piperitae*, spielen aber noch, wie schon erwähnt, bestimmte Nebenwirkstoffe, wie Bitter- und Gerbstoffe, eine Rolle.

Nach den Untersuchungsergebnissen von STEIGERWALD (1953) über den Ölgehalt der Stengel, der zwischen 0,0—0,25% schwankt, besitzt ein Drogenmaterial mit einem Stengelanteil von weniger als 10% 1,6% ätherisches Öl, mit mehr als 10% 0,6—1,3%. Der Ölgehalt ist also um so niedriger, je höher der Stengelanteil ist, und somit wird für eine Qualitätsbeurteilung der Stengelanteil der Pfefferminzdroge mit herangezogen. Es handelt sich bei diesen Unter-

suchungen stets um das gleiche Pflanzenausgangsmaterial, jedoch in bezug auf den Stengelanteil um verschiedene Aufbereitungsformen. Für züchterische Arbeiten geben diese Ergebnisse den Hinweis, daß blattreiche und stengelarme Pfefferminzdrogen zu bevorzugen sind.

Nach den Ergebnissen von WEILING (1949) sind Typen erwünscht, die eine hohe Wirtelzahl aufweisen, da einerseits die obersten Wirtel am gehaltreichsten sind, andererseits Pflanzen mit einer großen Drüsendichte und einem großen mittleren Drüsenvolumen meist eine hohe Wirtelzahl haben.

Nähere Anhaltspunkte über den Ölgehalt einer Pflanze fand WEILING (1949) durch volumetrische Bestimmungen des Öldrüsenanteiles eines Individuums. Diese Gehaltsbestimmung durch Drüsenmessungen stimmt zwar nicht vollkommen, aber doch weitgehend mit den Befunden der direkten Ölbestimmung durch Destillation überein und kann nach WEILING somit für eine erste grobe Auslese von Einzelpflanzen dienen. Allerdings bleibt dabei die Qualität des Öles unberücksichtigt.

Wie bereits erwähnt, kann die Drüsenverteilung auf dem ganzen Blatt als gleichmäßig und die Volumenausdehnung bei gleichen Umwelteinflüssen als konstant angesehen werden. Das mittlere Gesamtdrüsenvolumen pro 1 cm² Blattmaterial läßt sich nach WEILING durch Ermittlung der Drüsendichte auf Blattober- und -unterseite und Messung der Durchmesser der Labiatendrüsen berechnen. Im Untersuchungsgang wurden verschiedene Teile eines Blattes und verschiedene Blätter einer Pflanze von mehreren Rassen der *M. piperita*, wie ihrer Stammarten *M. aquatica*, *M. spicata*, *M. rotundifolia*, *M. longifolia* und der Arten *M. arvensis* und *M. verticillata* berücksichtigt.

Die Drüsendichte wurde mittels des mikroskopischen Kreuztisches bei 100 aneinandergereihten Blickfeldern ermittelt, wobei die auf dem rechten Rand der Blickfelder gelegenen Drüsen mitgezählt wurden. Im Durchschnitt entfiel eine Drüse auf ein Blickfeld. Der Berechnung des Volumens der einzelnen Labiatendrüsen wurde die Größenbestimmung eines Rotationsellipsoids mit $V = 4/3 \pi a b^2$ zu Grunde gelegt. $2a$ stellt dabei die kurze Rotationsachse des Rotationsellipsoids (= Höhe der Drüsenschuppe) dar, $2b$ den größeren Drüsendurchmesser des Rotationsellipsoids (= Durchmesser der Labiatendrüse in der Aufsicht). Die Höhe der Labiatendrüse läßt sich nach WEILING im Mittel als lineare Funktion von b auffassen, und es kann das Volumen der Öldrüsen als $V = 4/3 \pi c b^3$ angegeben werden, wobei c eine Konstante ist, die sich aus dem Verhältnis von Drüsenhöhe zu Drüsendurchmesser ergibt. Es genügt also zum Vergleich der Öldrüsenvolumina die Ausmessung des größeren Halbmessers. 50 Einzelmessungen erwiesen sich zur Bestimmung des mittleren Drüsendurchmessers in den meisten Fällen als ausreichend für einen Durchschnittswert.

Für die Blattware ist ferner das Aussehen des Drogenmaterials von Bedeutung. Ein frisches Grün, das auch noch nach dem Trocknen weitgehend erhalten ist, wird bevorzugt. Ein wesentliches Zuchtziel bildet neben der Winterfestigkeit die Rostresistenz. Die Pfefferminzkulturen können von *Puccinia menthae*, dem Pfefferminzrost, so stark befallen werden, daß die an sich 2—3jährige Kultur schon nach dem ersten Jahr umgebrochen werden muß. VERGOVSKY (1945)

(zit. n. KALITZKY 1954) teilt mit, daß Pflanzen, die mit Rost befallen sind, einen veränderten Öl- wie auch verminderten Mentholgehalt aufweisen.

Da dieser Pilz durch die übliche vegetative Vermehrung eine starke Verbreitung findet, tritt die Frage nach der Zweckmäßigkeit einer generativen Vermehrung von *Mentha piperita* auf. Bisheriges Handelssaatgut ergab nur ganz uneinheitliche Bestände, da ja *M. piperita* ein Tripelbastard ist. Eine generative Vermehrung wäre evtl. auch insofern wünschenswert, als in älteren, stets vegetativ vermehrten Beständen häufig minderwertige Formen infolge von Sproßmutationen auftreten und die vegetative Vermehrung außerdem sehr arbeitsaufwendig ist (GLOTOV 1940; LVOV und JAKOVLEVA 1930). Allerdings können auch wertvolle Abweicher durch Sproßmutationen entstehen; die in Deutschland am häufigsten gebaute Gruppensorte „Mitscham“ (1,7% Ölgehalt) die „Pfälzer Pfefferminze“ (1% Ölgehalt) sowie die Sorten „Thüringer“ und „Württemberg“ sind Beispiele dafür.

LANGERFELDT (1954), der seit 1950 mit den Gruppensorten „Mitscham“ und der „Grünen Pfefferminze“ vom „Pfälzer Typ“ arbeitet, führte einen Sortenvergleich mit 16 verschiedenen Herkünften aus verschiedenen Gebieten des Bundesgebietes in zweifacher Aufpflanzung durch. Die hier festgestellten großen Ertragsunterschiede sollen zum größten Teil auf echten Herkunftsunterschieden innerhalb dieses starken Formengemisches beruhen. Aus den 25 Stämmen, die LANGERFELDT durch Klonauslese für eine züchterische Bearbeitung erhalten hat, ermittelte er den niedrigsten Gehalt mit 2,06%, den höchsten mit 2,67%.

Um den „Abbauerscheinungen“ in den Pfefferminzkulturen entgegenzuarbeiten, wurden in Rußland Selektionsversuche durchgeführt (LVOV und JAKOVLEVA 1930). Aus der „Poltawa Minze“, die von einer 30 Jahre zuvor eingeführten englischen Minze abstammte, wurden einzelne Pflanzen, die sich durch morphologische Unterschiede, veränderten Blühbeginn und höheren Ölgehalt auszeichneten, ausgelesen und vegetativ vermehrt. Der Vergleichsanbau erfolgte in 4 Wiederholungen. Nach 3 Jahren wurden 25 Klone und 7 Populationen getestet und varianzanalytisch ausgewertet. Es konnten dabei Stämme mit relativ besonders hohem Ölgehalt ausgelesen werden. Über die Produktivität (gemeint ist damit wohl der Blattertrag) wurde noch kein klares Bild erhalten. Bei dieser Selektion unterschieden sich weiterhin deutlich frühe und späte Typen in verschiedenen Merkmalen. Die frühen Typen gaben im Vergleich zu den späten einen kleineren Blattertrag und geringeren Ölgehalt. Das ätherische Öl zeichnete sich aber gegenüber den späteren Typen mit einem höheren Anteil an Menthol und Mentholäther aus. Die frühen Typen waren außerdem weniger anfällig gegenüber Rost und Läuse. Im Vergleich zu den späten Typen wiesen sie eine hellere Farbe und eine stärkere Zahnung am Blattrand auf. Diese durch Auslese gewonnenen Stämme sollten dann für weitere züchterische Arbeiten, besonders Kreuzungen, dienen.

Von WOITKE (1939) sind einige Kreuzungsversuche bekannt. WOITKE versuchte, Klone von Pfefferminzpflanzen der Sorte „Mitscham“ durch Einschluß zur Selbstung bzw. gegenseitigen Bestäubung der einzelnen Pflanzen zu zwingen, erhielt aber keinen Samenansatz.

Die an sich hohe Sterilität der Pfefferminze wurde demnach innerhalb von Klonpflanzen noch erhöht. Bei freier Abblüte der Klonpflanzen konnten einige Samen erhalten werden. Diese Nachkommen unterschieden sich sowohl von ihren Ausgangsformen als auch untereinander sehr stark im Typus, im Öl- und Mentholgehalt und in der Chromosomenzahl. Bei freiem Abblühen der „Thüringer Minze“ wurde eine ähnliche Vielfalt in der Nachkommenschaft erhalten. Bei einer Kombination von „Mitscham“ und „Thüringer Minze“ — es wurden je 50 Pflanzen der beiden Sorten zusammen unter Verschuß mit einem Jungbienenvolk isoliert — wurde im Vergleich zu den beiden vorher erwähnten Versuchen guter Samenansatz erhalten. Die Nachkommen waren sich im Typus untereinander sehr ähnlich und entsprachen in ihren äußeren Merkmalen dem Typ der *Mentha piperita*. Sie zeigten also keine Aufspaltung in die Ausgangsformen der *M. piperita*, *M. aquatica* und *M. spicata*. Ein Vergleich zwischen den äußeren Merkmalen der Eltern und der F₁-Generation wurde nicht besprochen. Der Geruch dieser Nachkommen war einheitlich nach Menthol, der Ölgehalt lag bei den zur Untersuchung gelangenden F₁-Pflanzen etwas höher als bei den Eltern, der Mentholgehalt war im Durchschnitt gleich dem der Eltern. Bei diesen Untersuchungen ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Ernte verhältnismäßig spät vorgenommen wurde und sich damit auch das Menthol-Menthonverhältnis zu Gunsten des Mentholgehaltes verschoben haben kann.

Bei 3 von 4 zytologisch untersuchten F₁-Pflanzen war die Chromosomenzahl gegenüber der der Eltern verdoppelt. Es wird angenommen, daß hier im Vergleich zu den anderen Bestäubungsversuchen auf Grund dieser Chromosomenverdoppelung so viele Nachkommen erzielt wurden. WOITKE sieht nach diesen Ergebnissen neue Möglichkeiten für eine züchterische Bearbeitung der Pfefferminze.

TSCHIRCH (zit. n. LVOV und JAKOVLEVA 1930) schlägt vor, die Ausgangsformen der *M. piperita*, *M. spicata* und *M. aquatica* künstlich zu kreuzen um evtl. mit wiederholter Rückkreuzung zu Pflanzen mit hohem und gutem Ertrag zu kommen.

APPL (1936/37) erhielt durch Kombination von *M. niliaca* × *M. canadensis* in der F₁-Generation ein starkes Formengemisch, in dem sich eine Pflanze durch einen besonders reinen Mentholgeruch auszeichnete. Versuche, diese Pflanze vegetativ zu vermehren, mißlingen, da sie nicht genügend winterhart war.

Mehrere Autoren berichten über Untersuchungen, welche den Einfluß der Chromosomenvermehrung auf den Gehalt an ätherischen Ölen und die Sterilität der Pfefferminze klären sollten. Die Ergebnisse, die WEILING (1949) nach Colchizininieren von Sprossen (durch den Transpirationsstrom) und Samen erhielt, zeigten, daß das Gesamtdrüsenvolumen bei 2- und 4n-Pflanzen gleich war. Dabei hatte sich bei den 4n-Pflanzen das Einzeldrüsenvolumen vergrößert, gleichzeitig war aber die Dichte verringert. WEILING stellte den Grad der Polyploidie nicht durch Chromosomenzählung fest, sondern nach längerer Beobachtung an Hand der Gesamterscheinung der Pflanze und deren Drüsengrößenverhältnissen. Beobachtungen an diesen Merkmalen zeigten, daß z.T. Pflanzen mit stark polyploidem Charakter im darauffolgendem

Jahr völlig oder zum Teil wieder normal durchtrieben. WEILING nimmt an, daß es sich hier um eine besonders schnelle Rückregulierung der Chromosomenzahl handelt, die evtl. dadurch bedingt ist, daß *M. piperita* an sich schon eine polyploide Form darstellt und auf eine weitere Chromosomenvermehrung entsprechend reagiert. Es wird weiter der Einfluß einer Chimärenbildung in Betracht gezogen.

Über die Drüsendichteverhältnisse bei Polyploiden stellte WEILING im einzelnen keine weiteren Untersuchungen an, da bei dem verminderten Auftreten der Drüsen die Fehlerbreite zu groß würde.

Von einer amphidiploiden Form von *M. piperita*, die durch Colchizinbehandlung erzeugt wurde, berichtet GLOTOV (1940). GLOTOV ging ebenfalls von der Überlegung aus, eine fertile Pfefferminze zu schaffen, die auch nach generativer Vermehrung nicht aufspalten und gleichmäßig guten Ertrag bringen sollte. 2 cm lange Rhizomstücke wurden 72 Stunden lang in eine 0,8%ige Colchizinlösung gebracht und dann ausgepflanzt. Es wurden nach dem Anbau 2 morphologisch veränderte Sprosse erhalten, die fertil waren. Die Nachkommen dieser Pflanzen zeigten die für Polyploide üblichen morphologischen Veränderungen: die Blätter waren dicker, etwas gewellt, dunkler grün und stärker gezahnt, der Sproß verdickt, die Infloreszenzen kugelig und der Mentholgeruch stärker als bei den Kontrollpflanzen. Die Pollenkörner und die Spaltöffnungen waren vergrößert. Die Zahl der Spaltöffnungen sank pro Flächeneinheit auf die Hälfte herab. Die Zahl der Drüsen hatte sich nach dieser Mitteilung jedoch um 25% vermehrt. Im Gegensatz zur Ausgangsform waren diese Pflanzen winterfest. Mit der Chromosomenzahl $2n = 128$ wurden sie als amphidiploid bezeichnet.

RUTTLE (1931) erhielt nach Colchizinbehandlung eine tetraploide Form von einem sterilen Bastard, *M. aquatica* × *M. rotundifolia*, die fertil war. Jedoch nicht bei allen Minzerassen hatte die Colchizinbehandlung Erfolg. SCHENK (1941) konnte durch seine Behandlungen mit Colchizin und Acenaphthen keine polyploide Form erhalten. Abschließend sollen Fragen der Amphidiploidie-Züchtung bei *Mentha* in dem Kapitel: „Allgemeine Schlußfolgerungen für die züchterische Bearbeitung von Heilpflanzen“ besprochen werden.

222 Die Gattung *Salvia*

Der Salbei ist eine schon von alters her gebräuchliche Droge und findet auch heute als schweißhemmendes und desinfizierendes Mittel viel Verwendung. Nach dem DAB 6 kommt nur der Garten- oder Edelsalbei, *Salvia officinalis* L., zur Anwendung.

Die Heimat des Salbei ist Südeuropa. Er ist zweijährig, im Anbau steht er jedoch 3—4 Jahre. Vom zweiten Anbaujahr ab werden in einer Vegetationsperiode mehrmals die Blätter geschnitten (FREUDENBERG 1954). In Deutschland ist er am Rhein und auf der Alb eingebürgert. Der Anbau ist aber in Deutschland fast überall möglich, besonders in sonnigen Lagen und auf kalkhaltigen Böden (SCHRATZ 1949). Mediterrane Herkünfte sind durch graugrüne Blätter ausgezeichnet, griechische durch silbrige. Nach FREUDENBERG (1954) ist eine Droge mit graugrüner Färbung erwünscht.

Salvia officinalis L. enthält in allen Organen ätherische Öle, vor allem aber im Blatt mit 1,5—2,5%, das auch als Droge zur Verwendung gelangt. Den Hauptanteil im ätherischen Öl bildet zu etwa 50% das *d*- α -Thujon (= Tanacetol). Ferner sind *p*-Cymol, Terpene, 15% Eucalyptol, 14% Borneol und Linalool, saure Saponine und ein Glykosid im Öl enthalten. Vor allem spielt der Synergismus zwischen ätherischen Ölen und Gerbstoffen eine Rolle (HEEGER, POETHKE und BAUER 1947).

Die höchste Ölausbeute wird nach dem Abblühen im August gewonnen.

Nach BODE (1940) enthalten die „Schattenpflanzen“ häufig mehr ätherische Öle als „Sonnenpflanzen“, obwohl letztere etwa doppelt so viel Öldrüsen aufweisen als die „Schattenpflanzen“. Die Ölbestimmungen wurden dabei mit dem Apparat nach MORITZ durchgeführt (s. GSTIRNER 1953).

Studien von SCHLEMMER und SPRINGER (1938) an einem getrockneten Drogenmaterial von 5 untersuchten Pflanzen ergaben eine gute Übereinstimmung des mit dem Apparat nach MORITZ bestimmten Ölgehaltes mit dem prozentualen Anteil an unversehrten Drüsenköpfen. Bei einer züchterischen Bearbeitung von *Salvia officinalis* L. werden Winterhärte und Pflanzen mit hohem Blattanteil und reichem Ölgehalt (HEEGER-BRÜCKNER 1950) angestrebt. In der Sortenübersicht für Heilpflanzen (HEEGER-BRÜCKNER 1950) wird für *Salvia officinalis* L. der „Echte Salbei“ als Gruppensorte geführt. Über bisherige züchterische Arbeiten an Salbei sind nur Selektionsversuche von LANGERFELDT (1954) bekannt; es sind aber noch keine näheren Ergebnisse darüber veröffentlicht worden.

Von den verschiedenen anderen Salbeiarten, die als Arzneimittel im allgemeinen keine weitere Verwendung finden, ist hier noch der Muskateller-Salbei, *Salvia Sclarea* L., zu erwähnen. Seine Heimat ist ebenfalls in Südeuropa, in Deutschland ist er nur am Rhein eingebürgert. Er findet eine ähnliche Verwendung wie *Salvia officinalis* L., wird aber wegen zu geringen Wirkstoffgehaltes nicht angebaut. Sein lavendelduftartiges ätherisches Öl, das hauptsächlich in den Blüten enthalten ist, besteht vorwiegend aus Linalool (GESSNER 1953).

Nach HEEGER-BRÜCKNER (1950) hat sich die Gruppensorte „Erfurter frühblühender Muskateller-Salbei“ herausgestellt. Bei Herkunftsuntersuchungen ließen sich deutlich früh- und spätblühende Typen trennen, die sich auch in mehreren Merkmalen unterschieden.

223 Die Gattung *Lavandula*

Der Lavendel, *Lavandula officinalis* Caix et Vill = *L. Spica* L.p.p. = *L. vera* D.C., hat nicht nur für die Riechstoffindustrie große Bedeutung erlangt, sondern auch gerade in neuerer Zeit für die Therapie.

Er ist im Mittelmeergebiet und in Südfrankreich beheimatet und wird in vielen Ländern angebaut. In Deutschland kommt er stellenweise in südlichen Gebieten verwildert vor.

Die Blüten, die beim Lavendel die Droge liefern, besitzen 1—3% ätherisches Öl, das farblos bis schwach gefärbt ist (CLEVENGER 1932). Das Öl ist auch hier ausschließlich in den Drüsenhaaren enthalten. Das *l*-Linalylacetat, das sich im Öl zu etwa 50% findet, bildet den wertvollsten Bestandteil. Daneben finden sich noch andere Linalylester, freies Linalool und in

kleineren Mengen Geraniol, Borneol, Cumarin und neben anderen Stoffen als wichtiger Geruchsträger das Äthyl-n-Amylketon (GESSNER 1953). Im französischen Lavendel wurden neuerdings noch andere Bestandteile analysiert (SCHINZ u. SEIDEL 1942). Gerbstoffe sind bis zu 12% ermittelt worden (VOLLMER 1934). Stoffe, die Lavendel für die Therapie wichtig machen, sind noch nicht genauer bekannt (GESSNER 1953).

Lavendel ist mehrjährig. Als Einzelsorte hat sich der „Echte Frankfurter Oderlandlavendel“ herausgestellt (HEEGER-BRÜCKNER 1950).

Bereits BAUR (zit. nach RUDORF 1935) führte bei *Lavandula vera* eine erfolgreiche Individualauslese durch, wobei Habitus, Zahl der Blütenstiele und Blütenquirle und Blühzeit berücksichtigt wurden. Die ausgelesenen Stämme wurden vegetativ weiter vermehrt. Für eine züchterische Bearbeitung des Lavendels sind die Arbeiten von SCHRATZ (1947) über die Auslesemerkmale des Lavendels von großer Bedeutung. Ausschlaggebend ist nach SCHRATZ die Anzahl der Einzelblüten pro Pflanze, die von der Anzahl der Blüten pro Scheinquirl, der Anzahl der Scheinquirle pro Blütenschaft und weiter von der Häufigkeit der Blütenschäfte pro Pflanze abhängt. Bei einem Vergleichsanbau von vegetativ und generativ vermehrten Pflanzen stellte SCHRATZ fest, daß das starke Variieren, besonders bei der Häufigkeit der Blütenschäfte pro Pflanze, viel stärker genetisch bedingt ist als durch Umwelteinflüsse.

Für das Blütengewicht ist auch das Alter der Blüte sehr ausschlaggebend. Das höchste Blütengewicht liegt zu Ende der Blühperiode vor. Zu dieser Zeit wird auch der absolut höchste Gehalt pro Flächeneinheit erreicht, während der prozentuale Gehalt an ätherischem Öl mit dem Verblühen abnimmt und zu Beginn der Vollblüte am höchsten ist.

Auch LANGERFELDT (1954) arbeitete bei seinen Selektionsversuchen mit Lavendel außer mit der chemischen Gehaltsbestimmung mit den erwähnten Auslesemerkmalen.

SCHRATZ und SPANNING (1944, zit. n. WEILING 1949) fanden beim Lavendel, daß mit steigendem Anteil des Drüsenvolumens pro Pflanze auch der Ölgehalt zunahm. Für die Auszählung der Drüsen wurden dabei die beiden unteren Kelchblätter jeder Blüte berücksichtigt.

LASAK und SNEGIREW (1952) berichteten von Ertragsminderung bei Lavendel durch fortgesetzte vegetative Vermehrung. Durch neue Klonselktion und spätere Kreuzung der besten Pflanzen soll die Ertragsleistung wieder erhöht werden.

HEEGER-BRÜCKNER (1950) weisen noch auf den Spiklavendel, *Lavandula latifolia* (L.) Vill. hin, der oft mit *L. officinalis* verwechselt wird, aber neben anderen unterschiedlichen Merkmalen sich von *L. officinalis* durch geringeren Blütenanteil auszeichnet.

224 Die Gattung *Origanum*

2241 *Origanum vulgare* L., der Echte Dosten = Wilde Majoran

Origanum vulgare ist in Europa und Asien und im Süden und Osten Deutschlands als winterharte und mehrjährige Pflanze weit verbreitet. Als Droge, die vor allem als krampflösendes Mittel bei Husten Ver-

wendung findet, wird das blühende Kraut gebraucht. Es enthält 0,15—0,40% ätherisches Öl mit ca. 16% Thymol, Carvacrol, verschiedene Terpene und vermutlich Pulegon. Weiter wurden ca. 8% Gerbstoffe im Kraut gefunden (VOLLMER 1934). Untersuchungen von HEEGER-BRÜCKNER (1950) an verschiedenen Herkünften ergaben, daß es sich ausschließlich um starke Formengemische handelt. Sorten haben sich noch nicht herausgebildet.

2242 *Origanum majorana* L. = *Majorana hortensis* Moench., der Majoran

Origanum majorana ist in seiner Heimat, im Mittelmeergebiet und im Orient, zweijährig, im Anbau in Deutschland aber nicht winterhart und nur einjährig. Obwohl er ein ganz anderes Aroma hat als der Dosten, findet er außer als Gewürz eine ähnliche Verwendung in der Therapie wie der Dosten. Zur Anwendung gelangt ebenfalls das blühende Kraut, das nach WEHMER (1929) 0,7—3,5%, nach BAUER und POULHOUDEK (1934) 0,5—0,9% ätherisches Öl enthält. Dieses ist aus ca. 40% Terpenen und *d*- α -Terpineol-Origanol zusammengesetzt.

Weiter enthält das Kraut nach VOLLMER (1943) Bitterstoffe und ca. 9,5% Gerbstoffe.

Für den Anbau werden die beiden Gruppensorten „Blattmajoran“ = Französischer Staudenmajoran und der „Knospenmajoran“ = der deutsche Majoran unterschieden. Letzterer ist böhmischer Herkunft und stellt nach HEEGER-BRÜCKNER (1950) eine frühblühende Varietät des französischen Majorans dar. Obwohl der französische Majoran ertragreicher ist, eignet er sich für den Anbau in Deutschland nicht, da er in Deutschland nicht mehr zur Samenreife kommt.

Die Blatt- und Blütenmerkmale dieser beiden „Sorten“ variieren je nach Umwelteinflüssen sehr stark, während die Wüchsigkeit und Reife stets sortentypisch bleiben (HEEGER-BRÜCKNER 1950).

Beim Majoran sind drei verschiedene Geschlechtsformen bekannt: Pflanzen mit nur zwittrigen Blüten, Pflanzen mit zwittrigen und rein weiblichen Blüten und Pflanzen mit nur weiblichen Blüten. Dabei sind die beiden ersten Geschlechtsformen relativ stark modifizierbar: durch trockene Witterung wird die Bildung von Zwitterblüten gehemmt und durch feuchte gefördert. Von Pflanzen mit nur rein weiblichen Blüten wurden noch niemals Zwitter erhalten; nur selten treten in ihrer Nachkommenschaft neben wiederum rein weiblichen Pflanzen „intermediäre“ Formen auf, d. h. Pflanzen mit weiblichen und zwittrigen Blüten (APPL 1932). Über die Bestäubungsverhältnisse bei diesen Studien wurde nichts ausgesagt. Untersuchungsergebnisse über die Drüsenschuppen des Blattmajorans wurden von KOELLE (1953) veröffentlicht.

APPL (1928) teilt über eine spontan aufgetretene Kreuzung von *Origanum vulgare* \times *O. majorana* mit, daß sich der Bastard in allen Merkmalen intermediär verhielt. Der reine Duft des *O. majorana* ließ sich in diesem Bastard also nicht mit der sicheren Winterhärte des *O. vulgare* paaren. APPL (1930) berichtet weiter über die Faktorenaufspaltung in der F₂- und in der F₃-Generation. In der F₃-Generation wurden auffällige Degenerationserscheinungen festgestellt. Die F₂-Generation zeigte ein buntes Formengemisch in den äußeren Merkmalen wie auch im Aroma. Für das

Aroma entstanden auch ganz neue und z.T. sehr angenehme Formen. Da aber sowohl generative wie auch vegetative Vermehrungen schlecht gelangen (APPL 1936/37), ist anzunehmen, daß diese neuen Aromaformen nicht weiter erhalten werden konnten.

In seinen Selektionsversuchen erhielt LANGERFELDT (1954) nach zweijähriger Auslesearbeit aus *Origanum vulgare* × *O. majorana* eine Steigerung des Gehaltes an ätherischem Öl um 0,98%. Über die Kreuzung und den Bastard selbst sind keine näheren Mitteilungen bekannt.

KOELLE (1953) berichtet über den Gehalt an ätherischem Öl bei tetraploidem Blattmajoran. Nach einer Samenbehandlung in 0,2%iger Colchizinlösung wurden einige tetraploide Pflanzen ($4n = 48$) gewonnen, deren Blätter sich durch ein verändertes Längen-Breitenverhältnis und größere Spaltöffnungen gegenüber den diploiden Pflanzen ($2n = 24$) auszeichneten. An den Nachkommen, die durch vegetative Vermehrung erhalten wurden, machte man folgende Beobachtungen: Die Entwicklung der Drüenschuppen vom 2- zum 12-Zellstadium verlief bei den $4n$ -Pflanzen unregelmäßig und erreichte meist nur das 6-, 7- oder 8-Zellstadium. Der Drüsendurchmesser der Drüenschuppen war bei den $4n$ -Pflanzen 96μ , bei den $2n$ -Pflanzen 76μ . Da aber diese $4n$ -Pflanzen viel weniger Drüsen ausbildeten als die $2n$ -Pflanzen, konnte bei den Tetraploiden nur ein Ölgehalt von 0,8—0,9% gegenüber den $2n$ -Pflanzen mit 1,8—2% gemessen werden. Über eine generative Vermehrung dieser $4n$ -Pflanzen ist nichts bekannt geworden.

225 Die Gattung *Ocimum*

Das Basilienkraut, *Ocimum Basilicum* L., in Süd-Asien beheimatet, ist in allen tropischen Ländern eingebürgert und wird in vielen Ländern, wie auch in Deutschland, angebaut. Die Anwendung des Krautes beruht auf der magenschmerzlindernden Wirkung seiner Hauptwirkstoffe.

Im Kraut enthält *O. Basilicum* nach KROEBER (1948) 1,5% ätherische Öle, deren Zusammensetzung je nach Herkunft sehr wechselnd ist. Im Öl des deutschen *O. Basilicum* sind bis zu 55% Methylchavicol-Estragol, bis zu 39% Linalool, ferner Lineol und d-Kampfer enthalten. Als Nebenwirkstoffe finden sich 5% Gerbstoffe (VOLLMER 1934). Dem Synergismus von ätherischen Ölen und Gerbstoffen wird auch hier besondere Bedeutung beigemessen.

Ocimum Basilicum ist einjährig und sehr wärme-liebend. Es bestehen hiervon sehr viele Varietäten und starke Formengemische. Daraus haben sich 4 Gruppensorten entwickelt: „Das Großblättrige Löf-felbasilikum“ mit 0,5% Gehalt an ätherischem Öl, das „Mittelgroßblättrige grüne Basilikum“ mit 0,5% Öl, das „Kleinblättrige grüne Basilikum“ mit 0,3% Öl und das „Kleinblättrige grüne Zwergbasilikum“ mit 0,2% Öl. Nur die beiden erstgenannten Sorten kommen in Deutschland noch zur Samenreife.

Das Ziel einer züchterischen Bearbeitung bei *O. Basilicum* sind starkes Aroma, frühe Reife, gute Standfestigkeit und hoher Blattanteil (HEEGER-BRÜCKNER 1950).

Ocimum canum Sims. var. *campher*, ebenfalls als Basilienkraut bekannt, ist mit *Ocimum Basilicum* nahe verwandt und wie dieses eine tropische Art. Nach ROTERMEL (1935) enthält es in seinem ätheri-

schon Öl bis zu 55% d-Kampfer, daneben Lineol. *O. canum* findet vor allem in der Homöopathie seine Anwendung.

SNEGIREW (1939, zit. nach HEEGER 1947) berichtet von einem Bastard, *Ocimum canum* × *O. gratissimum*, der die verschiedenen Bestandteile des ätherischen Öles beider Ausgangsformen enthielt. Für *O. gra-tissimum* wird ein Eugenolgehalt von 14%, für *O. canum* nur ganz geringe Mengen davon angegeben. Die Bastarde enthielten bis zu 29% Eugenol, Pflanzen der F_2 -Generation ca. zweimal so viel wie *O. gra-tissimum*. Der Kampfergehalt, der von *O. canum* stammte, war aber niemals höher als in der Ausgangs-art. Der Brechungsindex und die Drehung des ätheri-schen Öles des Bastardes nahmen eine Zwischen-stellung in den Kennzahlen der Öle der Ausgangs-formen ein. SCHRATZ (1942) bestätigt diese Ergebnisse und sieht darin die Möglichkeit, Formen zu schaffen, die neue chemische Konstitutionen enthalten. Über die weitere Auswertung und Vermehrung dieser neuen Formen ist nichts bekannt.

226 Die Gattung *Thymus*

Thymus vulgaris L., der Gartenthymian oder Wel-sche Quendel, kommt in Deutschland nur angebaut, selten verwildert vor. Seine Heimat sind die Mittel-meerländer. Er ist ein Halbstrauch, in Deutschland besteht für ihn leicht Auswinterungsgefahr.

Die Pflanzen enthalten in allen Organen ätherisches Öl. Offizinell ist das blühende Kraut. Deutsche Pflanzen besitzen 1,7% ätherisches Öl, französische 2,6%. Den Hauptanteil im ätherischen Öl bildet das Thymol, der Thymiankampfer, der bis zu 20—40% am Ölgehalt beteiligt ist, daneben das Carvacrol, dessen Gehalt, besonders im Verhältnis zum Thymol, je nach Herkunft stark wechselt. Oft ist Thymol ganz durch Carvacrol ersetzt, besonders in französischen und spanischen Herkünften, bei denen ein Carvacrol-gehalt bis zu 70% bestimmt wurde. Daneben treten im ätherischen Öl noch p-Cymol, α -Pinen, wenig Menthon, Borneol, α -Linalool und Lineol auf. Bis zu ungefähr 10% liegen Gerbstoffe vor (VOLLMER 1934). Bitterstoffe und chemisch noch wenig erforschte, wahr-scheinlich labile Substanzen und ein Harz bilden die Nebenwirkstoffe (GESSNER 1953).

Thymol wirkt vor allem bei Wundbakterien des-infizierend, wie auch das Carvacrol, das aber schlechte Nebenwirkungen zeigt. Die Thymiandroge findet hauptsächlich als Hustenmittel Verwendung, die hier-für wirksame Substanz konnte noch nicht ermittelt werden. Da aber ein hoher Thymol- und Carvacrol-gehalt die günstige Wirkung verstärken, erfolgen die Wirksubstanzbestimmungen auf Grund des Thymol-Carvacrolgehaltes (GSTIRNER 1955).

In einem Standweitenversuch von DAFERT und KWIZDA (1927/28) stellte sich heraus, daß bei einem Reihenabstand von 20×20 cm, im Vergleich zu größeren und kleineren Abständen, sowohl der höchste Krautertrag als auch der höchste Gehalt an ätheri-schem Öl pro Flächeneinheit erzielt wurde.

Nach HEEGER-BRÜCKNER (1950) haben sich aus dem starken Formengemisch des Thymians als Gruppen-sorte der „Deutsche Winterthymian“ und als Land-sorte der „Französische Sommerthymian“ herausgebildet. Wenn der Deutsche Winterthymian auch nicht so gehaltreich wie der Französische Sommer-

thymian ist, wird er wegen seiner relativ guten Winterfestigkeit im deutschen Anbau bevorzugt. Zuchtziele sind Winterhärte, hoher Aromagehalt und hoher Blattanteil (HEEGER-BRÜCKNER 1950).

LANGERFELDT (1954) erzielte bei seinen Selektionsarbeiten innerhalb von 2 Jahren bereits eine Steigerung des Ölgehaltes um 1,8%. Er arbeitet mit französischen und spanischen Herkünften. APPL (1936/37) berichtet von einem Artbastard *Thymus vulgaris* × *Th. ovatus*. Das Wachstum dieses Bastards war sehr üppig, das Aroma dagegen nicht besonders gut. APPL spricht von einem „intermediären“ Aroma. Es wurden weiter einige F₂-Nachkommen erhalten, die ein starkes Formengemisch bildeten. Einzelne Pflanzen, die vegetativ weitervermehrt werden sollten, zeichneten sich durch ein besonders feines Aroma aus.

Thymus serpyllum L. em. Fries, der Feldthymian oder Quendel, findet weite Verbreitung in Europa, Asien, Nordafrika und Nordamerika. In Deutschland gibt es viele Unterarten von *Th. serpyllum*. In der allgemeinen Heilkunde findet *Th. serpyllum* ähnliche Verwendung wie *Th. vulgaris*, erfährt aber eine spezielle in der arzneilichen Verordnung. Alle Organe enthalten das ätherische Öl, vor allem das blühende Kraut, bis zu 0,6%. Den Hauptbestandteil des ätherischen Öls bildet das p-Cymol, daneben finden sich noch Thymol und Carvacrol, Terpene und Sesquiterpene (GESSNER 1953). Als Nebenwirkstoffe treten Bitter- und Gerbstoffe auf (VOLLMER 1934).

23 Pflanzen mit ätherischen Ölen aus der Familie der Kompositen

231 Die Gattungen *Matricaria* und *Anthemis* *Matricaria Chamomilla* L. = *Chamomilla officinalis* EOCH = *Chrysanthemum chamomilla* BERNH.

Die Echte Kamille ist in Europa und Asien weit verbreitet. Ursprünglich kam sie nur in Südeuropa und Vorderasien vor, ist aber schon seit Jahrhunderten in all den anderen Gebieten eingebürgert. In Deutschland wird die Kamille durch Sammeln und Anbau gewonnen (HEEGER 1946). Die Droge der Echten Kamille liefern die Blütenköpfe, Flores Chamomillae. Sie findet als entzündungswidriges, reizlinderndes und desinfizierendes Mittel in der Therapie Verwendung. Der entzündungswidrig wirkende Stoff konnte bisher noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Zur Wertbeurteilung der Kamillenblüten wird der Gehalt an ätherischem Öl herangezogen, der nach dem DAB 6 0,4% betragen soll (GSTIRNER 1955). (Bestimmung des Kamillenöls s. GSTIRNER 1955). Nach WEBER (1949) ist das ätherische Öl im Kraut nur in geringen Mengen vorhanden, vor allem aber in den Blütenköpfen, bei deutschen Pflanzen bis zu 1%, bei ungarischen bis zu 0,5%.

Die Zungen- und Scheibenblüten liefern ein blaues Öl, Blütenböden und Kelch ein grünes. Dabei soll das grüne Öl deutscher Pflanzen wirksamer sein als das ungarischer Herkunft.

Eine spezielle pharmakologische Wirkung wird dem Cham-Azulen zugeschrieben, einem bityklichen Kohlenwasserstoff, der nach KOCH (1922) von deutschen Pflanzen zu 0,005%—0,1%, von ungarischen Pflanzen zu 0,003% erhalten (auf Droge berechnet) und nur aus dem blauen Öl gewonnen wird (BUKATSCH 1943; YAVES 1941).

In guten Kamillen besteht das ätherische Öl aus 1—1,5% Cham-Azulen und zu 0,05% aus dem ebenfalls therapeutisch wichtigen Grünöl, das dem Cham-Azulen nahe verwandt ist (GESSNER 1953).

Nach neueren Untersuchungen kommt das Cham-Azulen im Kamillenöl nicht ursprünglich vor, sondern wird erst bei der Wasserdampfdestillation oder bei der Aufgubereitung im siedenden Wasser gebildet. Die Vorstufe für das Azulen ist noch nicht genauer bekannt und wird Proazulen oder Azulenbildner genannt (KOCH 1942; RUHEMANN 1927 und KUNERT 1951).

Im Kamillenöl finden sich u. a. noch 10% monozyklische Sesquiterpene und 20% Sesquiterpenalkohole. An Nebenwirkstoffen wurden in der Kamillenblüte etwa 3% noch nicht näher bestimmte Bitterstoffe ermittelt (JUNKMANN und WIECHOWSKY 1929) und das Flavonglykosid Apiin mit dem Aglykon Apigenin. Dem Bitterstoff wird vor allem eine spasmolytische Wirkung zugeschrieben.

Das isolierte reine Cham-Azulen ist sehr stabil (GESSNER 1953), jedoch nach einjährigem Lagern der Droge konnte durch KAISER und FREY (1938) nur mehr 10% des ursprünglichen Azulen- bzw. Proazulengehaltes festgestellt werden. Untersuchungen von BLAZEK und KUZERA (1952) und anderen Autoren ergaben, daß nach einer Trocknung im Schatten die gehaltsreichste Droge erhalten wird, während nach einer Trocknung im Sonnenlicht 31%, im Thermostaten bei 35° 16% und unter Infrarotstrahlung bei 0,5 m Entfernung 17% Verlust auftraten.

DAFERT und RUDOLPH (1925) stellten bei ihren Düngungsversuchen fest, daß bei der Echten Kamille Wuchsleistung und Ölertrag parallel laufen. Bei einer Volldüngung wurde somit der höchste Drogen- wie auch der höchste Ölertrag erhalten. Kali erwies sich als sehr günstig, während für Phosphor eine Empfindlichkeit beobachtet wurde.

In züchterischer Hinsicht ist mit *Matricaria Chamomilla* noch nicht gearbeitet worden. Für einen lohnenden Anbau sind aber Pflanzen erforderlich, die einen gleichmäßigen und aufrechten Wuchs und einen hohen Anteil an gehaltreichen Blüten besitzen.

Nach HEEGER-BRÜCKNER (1950) bestehen die beiden Gruppensorten „Quedlinburger Großblütige Kamille“ und „Erfurter Kleinblütige Kamille“.

Die Strahlenlose Kamille, *Matricaria matricarioides*, (LESS.) Porter = *M. discoidea* DC = *M. suaveolens* Buchenau L., hat nicht die entzündungswidrige Wirkung wie die Echte Kamille, wirkt aber als Spasmolyticum (HARMS 1941). Ihr ätherisches Öl, das in den Blüten zu 0,05—0,45% enthalten ist (FEIST 1934), ist rein gelb und weist einen ähnlichen Duft wie das der Echten Kamille auf. Die Strahlenlose Kamille ist in Ostasien und Nordamerika beheimatet und in Europa eingebürgert.

Die auch in Deutschland verbreitete *Matricaria maritima* L. = *M. inodora* L. = *Chrysanthemum inodorum* L., die Geruchlose oder Falsche Kamille, ist wirkungslos (GESSNER 1953).

Anthemis nobilis L., die Römische Kamille, ist in Westeuropa beheimatet, kommt in Deutschland nur selten verwildert vor, wird aber häufig angebaut. Im Kraut enthält sie 0,2—0,3% ätherisches Öl, nach HERRMANN (1941) in den getrockneten Blüten 0,66 bis 2,37%. Das ätherische Öl besitzt ebenfalls Azulen. Als Nebenwirkstoffe liegen Bitterstoffe, Flavonglyko-

sid, Apiin und Cholin vor. Die Römische Kamille findet ähnliche Verwendung wie die Echte Kamille. In den Handel kommen nur gefüllt blühende Drogepflanzen der Varietät *Anthemis nobilis* var. *flor pleno* D.C. Diese ist mehrjährig und wird nur vegetativ vermehrt. Als Zuchtziel wird Winterhärte und ein großer Blütenanteil angestrebt.

232 Die Gattung *Achillea*

Die Schafgarbe, *Achillea millefolium* L., ist in Europa, Nordasien und Nordamerika beheimatet und auch in Deutschland mit verschiedenen Varietäten vertreten. Sie enthält in allen Organen ätherisches Öl, am wenigsten im Stengel, am meisten in der Blüte (ROSENTHAL 1941) mit etwa 0,5%. Nach STAHL (1952 und 1953) liegen im blühenden Kraut 0,2—0,25% ätherisches Öl vor, in Blüten und Blättern 0,1—0,4%. An den Blüten werden auch am meisten Drüsenhaare, die das ätherische Öl enthalten, gebildet (DEUFEL 1954). Den Hauptbestandteil des ätherischen Öles bildet das Lineol mit 8—10%, das eine antiseptische Wirkung auslöst. In kleineren Mengen finden sich d- α -Pinen, β -Pinen-Nopinen, l-Borneol, Bornylacetat, l-Kampfer und Spuren von Eugenol. Besonders wertvoll ist weiter noch das Cham-Azulen bzw. dessen Vorstufe, das hier aber mit durchschnittlich 0,022% (nach verschiedenen Herkunftsuntersuchungen von ROSENTHAL 1941) in weit kleineren Mengen vorkommt als in der Echten Kamille. Als Nebenwirkstoffe liegen der Bitterstoff Achillein, ein Gerbstoff, ein Harz, Aconitssäure, Asparagin, ein Blausäureglykosid und ein fluoreszierender Stoff vor. Außer für spezifische Wirkungen, die die einzelnen Stoffe auslösen, wird *Achillea millefolium* als Stomachicum verwendet.

Herkunftsuntersuchungen von ROSENTHAL (1941) ergaben große Unterschiede im Azulengehalt; von 28 verschiedenen Herkunftsorten enthielten 16 überhaupt kein Azulen. Den höchsten Gehalt mit etwa 0,1% wiesen 4 Herkunftsorte auf. Äußere Einflüsse auf den Azulengehalt konnten nicht festgestellt werden und so wird angenommen, daß diesen Herkunftsunterschieden verschiedene genetische Faktoren zu Grunde liegen. STAHL (1952) bestätigt die starken Herkunftsunterschiede und die Beobachtung, daß hier keine äußeren Einflüsse mitspielen. Anatomische oder morphologische Korrelationen zum Azulengehalt konnten nicht festgestellt werden (ROSENTHAL 1941).

Über die Relationen von Gesamtdrüsenvolumen und Azulengehalt sind keine Untersuchungsergebnisse bekannt.

DEUFEL (1954) untersuchte den Azulengehalt und die morphologischen Merkmale tetraploider Schafgarben. Da die Chromosomengrundzahl $n = 9$ ist, wird angenommen, daß *Achillea millefolium* mit $n = 54$ bereits eine polyploide Form darstellt und eine weitere Chromosomenvermehrung deshalb erschwert wird. Durch Colchizinieren des Vegetationspunktes (die behandelten Pflanzen stammten von Eltern mit hohem Azulengehalt) wurden jedoch nach 2—3tägiger Behandlung einige tetraploide Sprosse erhalten. Ihre Wüchsigkeit war anfangs schlecht, sie blühten aber mit den Kontrollpflanzen gleichzeitig. Alle Tetraploiden enthielten Azulen. Die Stoffbestimmung erfolgte mit dem von STAHL entwickelten E. P. Reagenz. (Mit dem p-Dimethylaminobenzol läßt sich auf einfache Art der Proazulengehalt der Schafgarbenblüten-

köpfchen durch Farbreaktionen nachweisen, STAHL, 1953.)

Die Samennachkommenschaften dieser tetraploiden Pflanzen — es wurden wiederum als Eltern der Kontroll- und 4n-Pflanzen nur Pflanzen mit höchstem Azulengehalt gewählt — zeichneten sich durch stärkeres Bestockungsvermögen und höheres Blütengewicht pro 1000 Blüten gegenüber den 2n-Pflanzen aus. Die Drüsenzahl und ebenfalls der Azulengehalt nahm bei den Tetraploiden um über 100% zu.

Achillea ptarmica L. = *Ptarmica vulgaris* D. C., die Sumpfgarbe, und *Achillea atrata* L., die Schwarze Garbe, weisen nach ROSENTHAL (1941) kein Azulen auf. *Achillea nobilis* L., die Edelgarbe, besitzt eine ähnliche Wirkstoffzusammensetzung wie *A. millefolium* (GESSNER 1953). *Achillea moschata* D. C., das Ivakraut, enthält ätherische Öle und einen Bitterstoff und findet wegen ihres moschusartigen Duftes Anwendung bei der Iva-Likörindustrie (GESSNER 1953).

24 Pflanzen mit ätherischen Ölen aus der Familie der Umbelliferen

Zahlreiche Gattungen und Arten aus der Familie der Umbelliferen dienen als Gewürze, besonders die Körnerdrogen, wie der Kümmel, Anis, Koriander, Fenchel oder auch die Blattdrogen Liebstöckel und Salbei. Vor allem als Magenmittel haben sie auch für rein therapeutische Zwecke Bedeutung und werden, wie einige andere Umbelliferendrogen, z. B. die Wurzeldroge Angelika, häufig angebaut, obwohl sie in Deutschland auch zum großen Teil wild vorkommen.

Trotz ihrer häufigen Anwendungen sind gerade bei den Umbelliferen noch sehr wenige Verbesserungen durch züchterische Maßnahmen bekannt. Lediglich beim Kümmel, der auf großen Flächen gebaut wird, liegen einige züchterische Versuche vor, um den Anbau rentabler zu gestalten.

241 Der Kümmel, *Carum carvi*

In Mitteleuropa, Nordeuropa, West- und Mittelasien findet *Carum carvi* L. weite Verbreitung und wird in vielen Ländern kultiviert.

Den Hauptwirkstoff in seinem ätherischen Öl, das in den Früchten zu 3—7% vorliegt (5% nach CLEVENGER 1933; 7% nach WEHMER 1929), bildet das d-Carvon. Es ist bis zu 80% im Öl enthalten und bildet den Geruchsträger. Daneben treten bis zu 30% d-Limonen und geringe Mengen von Dihydrocarvon auf, ferner Dihydrocarveol und Carveol, Gerbstoff und Harz und eine noch nicht näher bestimmte Base (WEHMER 1931). Die Bildung des ätherischen Öles setzt erst mit beginnender Fruchtreife ein (HEGNAUER und FLÜCK 1949).

Nach GESSNER (1953) enthält der in Deutschland und Norwegen wildwachsende Kümmel mehr ätherische Öle als angebauter.

Beim Lagern der Droge tritt Ölzunahme ein. KOFLER (1936) fand in Drogen, die vom Herbst bis Frühjahr gelagert waren, eine 100%ige Zunahme. Diese „Biogenese“ des ätherischen Öles findet nach GESSNER (1953) evtl. ihre Ursache im Freiwerden glykosidischer Bindungen. Nach HEGNAUER und FLÜCK (1949) findet diese Anreicherung nur statt, wenn die Körner bei Beginn der Lagerung noch nicht ganz ausgereift sind. Nach HEEGER-BRÜCKNER (1950) haben sich die Gruppensorten „Frankfurter Oderland-

kümmel“, „Zernickauer Märkischer Kümmel“ und „Königsberger Kümmel“ und die Einzelsorte „Niederdeutscher Kümmel“ herausgebildet.

Wie in Deutschland wurde auch in Holland bereits Selektion auf festen Kornsitze, gleichmäßige Reife und straffen Wuchs getrieben. Der Carvongehalt wurde bei diesen Arbeiten noch nicht weiter berücksichtigt, da er außerordentlich großen umweltbedingten Schwankungen unterliegt (HEGNAUER und FLÜCK 1949). Einer norwegischen Mitteilung nach wurde durch Colchizinbehandlung beim Kümmel eine Steigerung des Gehaltes an ätherischem Öl von 4,5% auf 7% erreicht (SØERENSEN 1945). (Da die Arbeit nicht im Original zu erhalten war, sind keine näheren Einzelheiten darüber bekannt.)

25 Pflanzen mit ätherischen Ölen aus der Familie der Valerianaceen

Die Gattung *Valeriana*

Eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Arten und Varietäten von *Valeriana*, ihrer Stellung im Botanischen System, ökologischen Streubreite und pharmakologischen Bedeutung wurde von KREYER (1930) veröffentlicht.

Die vom DAB 6 als offizinell anerkannte Wurzel- droge Radix (Rhizoma) *Valerianae* stammt von *Valeriana officinalis* L., dem Großen Baldrian. Im Anbau in Deutschland steht aber neben dem Großen Baldrian noch der Holunderblättrige Baldrian, *Valeriana sambucifolia* MIK. Da nach WALTHER (1949) (zit. bei HEEGER-BRÜCKNER 1950) die Kleinart *V. sambucifolia* var. *procurrens* WALLR. schon länger im Handel ist als der „Harzer Baldrian“ (besonders gehaltreiche Herkunft des *V. officinalis*), sollte die Bezeichnung „offizinell“ für *V. sambucifolia* überprüft werden.

Valeriana officinalis L. ist in Europa, Kleinasien und in Asien bis Japan beheimatet und findet auch in Deutschland weite Verbreitung. Von den in Deutschland beheimateten verschiedenen Varietäten wie var. *latifolia* VAHL., var. *tenuifolia* VAHL. wurde die Varietät *media* KOCH am meisten gesammelt. Die Varietät *V. officinalis* var. *angustifolia*, die besonders gehaltreich ist, wird hauptsächlich in Japan kultiviert und liefert für den Export große Mengen Baldrianöl, das „Kassöl“, das zu 5—8% in der Droge enthalten ist und eine etwas andere Zusammensetzung als das von den in Europa kultivierten Arten aufweist (GESSNER 1953).

Die Wertstoffe des Baldrian

1. Die ätherischen Öle: Sie enthalten 1-Borneol (= Bornylalkohol), das in kleinen Mengen frei, größtenteils als Isovaleriansäure, in geringeren Mengen auch als Formiat, Acetat und Butyrat vorkommt. Daneben finden sich Terpene und weiter O-haltige, noch nicht genauer geklärte Bestandteile (GESSNER 1953).

2. Alkaloide: Sie sind zu insgesamt etwa 0,1% enthalten: Chantiin und Valerin, α -Methylpyrrolketon und ein weiteres Alkaloid noch unbekannter Natur.

3. Es liegt noch eine azyklische Essigsäure vor, die bei Hydrolyse in Isovaleriansäure und 1- α -Oxyisovaleriansäure zerfällt. Ob die Hydrolyse der Essigsäure in der Droge enzymatisch erfolgt, ist noch nicht bekannt (CIONGA 1935).

Welchem dieser Stoffe nun die eigentliche sedative Wirkung zuzuschreiben ist, konnte noch nicht geklärt werden. Da das Baldrianöl allein auch beruhigend wirkt, besteht heute die Annahme, daß in erster Linie die ätherischen Öle und daneben das Alkaloid α -Methylpyrrolketon daran beteiligt sind (DORRSEN 1935). Chantiin und Valerin kommen wahrscheinlich nicht in Frage, da sie beim Trocknen der Droge vollkommen verschwinden (RUSICKY 1938). Den höchsten Gehalt an Wirksubstanz weist die Droge mit 1,79% ätherischen Ölen nach einer Ernte im Mai auf, im Frühjahr geerntete Wurzeln besitzen 0,83%, im Juli geerntete 1,6% (GESSNER 1953).

Die frische Droge ist am wirksamsten, da der Borneolisovaleriansäureester und das 1- α -Methylpyrrolketon flüchtig sind und bei einer längeren Lagerzeit ein Verlust an Wirkung eintritt (HAFFNER 1929). Da die eigentliche Wirksubstanz noch nicht genau bekannt ist, wird für einen genauen Test die biologische Bestimmungsmethode herangezogen. Es bestehen allerdings Parallelen zwischen der pharmakologischen Wirkung und dem Gehalt an ätherischem Öl, und der noch unbekannt Stoff verhält sich in bezug auf die Haltbarkeit ähnlich wie das ätherische Öl, so daß die Bestimmung des ätherischen Öles für eine erste Auslese dienen kann (GSTIRNER 1955).

Valeriana officinalis enthält nach GESSNER (1953) 0,5—1,0% ätherische Öle, nach GSTIRNER (1955) 0,1 bis 0,2%. Als besonders gehaltreich sind Thüringer und Harzer Herkünfte bekannt. Herkünfte aus Belgien erwiesen sich als sehr gehaltarm (DRUCKREY und KÖHLER 1936). IHBE (1936/37) ermittelte bei Untersuchungen von Harzer Herkünften des *Valeriana officinalis* „herzynia“ einen Gehalt von 0,7—1,6%. Da IHBE feststellte, daß der Wertstoffgehalt beim Baldrian durch äußere Einflüsse schwer beeinflussbar ist, nahm er an, daß die Herkunftsunterschiede auf genetischer Verschiedenheit der entsprechenden Pflanzen beruhen. Beim Anbau aller Herkünfte am gleichen Standort glichen sich morphologische Unterschiede aus und IHBE nimmt an, daß es sich bei diesen um Standortmodifikationen handelte.

Die bisherigen Düngungsversuche hält IHBE für hinfällig, da auch innerhalb einer Herkunft die einzelnen Pflanzen im Gehalt stark variieren und deshalb vor jedem Düngungsversuch erst der Gehalt der zum Versuch ausgewählten Pflanzen bestimmt werden müßte.

Für den Großblättrigen Baldrian führen HEEGER-BRÜCKNER (1950) die Gruppensorten „Erfurter Breitblättriger Baldrian“ und „Oberlausitzer Schmalblättriger Baldrian“ und die Einzelsorte „Frankfurter Schmalblättriger Oderlandbaldrian“ an. Alle drei „Sorten“ können aber in ihren Merkmalen noch stark variieren. Bei Herkunftsuntersuchungen stellten sich extrem schmal- und extrem breitblättrige Typen heraus, die aber auch in allen Übergängen zu finden waren.

IHBE (1936/37) konnte keine genauen Korrelationen von morphologischen Merkmalen und Wertstoffgehalt beim Baldrian feststellen. Er fand allerdings in vielen Fällen Typen mit schmalen und stärker gebuchteten Blättern besonders gehaltreich.

Aus seinen Auslesearbeiten gingen besonders gehaltreiche Stämme hervor. (Der ätherische Öl-Gehalt wurde mit dem CLEVINGER-Apparat festgestellt, der

auf dem Prinzip der Rücklaufdestillation beruht und genaue Werte für den Gehalt an ätherischen Ölen ergibt, s. GSTIRNER 1955.)

Selbstungen und vegetative Vermehrung der selektierten Pflanzen waren erfolgreich.

Valeriana sambucifolia MIK., der Holunderblättrige Baldrian, ist in Europa weit verbreitet. Nach WEHMER (1929/31) enthält er im Frühjahr 3% ätherische Öle, im Herbst 2%. Nach FREUDENBERG (1954) und anderen Autoren enthält er aber weniger ätherische Öle als der Großblättrige Baldrian. QUEDOW (1947) stellte fest, daß *V. sambucifolia* nur halb so wirksam ist wie *V. officinalis* und auch unangenehme Nebenwirkungen zeigt.

Wie bereits erwähnt, wird aber auch *V. sambucifolia* angebaut. Da *V. sambucifolia* geringen Samenansatz hat, aber reichlich unterirdische Ausläufer bildet, wird er, im Gegensatz zu *V. officinalis*, nur vegetativ vermehrt.

Als Einzelsorte besteht nach HEEGER-BRÜCKNER (1950) der „Erfurter Holunderblättrige Baldrian“.

FREUDENBERG (1954) arbeitet sowohl mit *V. officinalis* als auch mit *V. sambucifolia*, um eine gute Kombination beider Arten zu erhalten. Durch Kreuzung, Selektion und Inzucht entstanden bereits neue Baldrianstämme mit sehr ausgeglichenen Merkmalen. Im Verlauf dieser Arbeiten bediente man sich auch der vegetativen Vermehrung. Als Standard diente der „Frankfurter Schmalblättrige Oderlandbaldrian“.

Zwei Stämme zeichneten sich durch besonders gute Qualität aus. In der pharmakologischen Prüfung zeigten die Drogen eine gute sedative Wirkung. Sie blühten später als die übrigen Pflanzen, damit entfiel das Entfernen der Blütentriebe. Die Stolonenbildung genügte für eine weitere vegetative Vermehrung.

3 Pflanzen mit Alkaloiden als Hauptwirkstoff

31 Die Alkaloide

Alkaloide sind stickstoffhaltige, basische Verbindungen, die den Stickstoff in einem Ringsystem eingebaut haben (PAECH 1950). Der basische Charakter ist durch den N^{III}- bzw. N^V-Gehalt bedingt, der als Ammoniak- bzw. Ammoniumrest fungiert. Einige Alkaloide, die in der Pflanze an Zucker gebunden vorkommen, wie z. B. das Solanin in verschiedenen Solanumarten, und demgemäß den Glykosiden unterzuordnen sind, werden als Glyko-Alkaloide bezeichnet (GESSNER 1953).

Die verschiedenen Alkaloide werden meist nach der Pflanzenart- oder gattung, in der sie am häufigsten vorkommen, wie z. B. Nikotin, Solanin, benannt, oder nach ihrer pharmakologischen Wirkung, wie das Morphin.

In den einzelnen Pflanzen einer Art bzw. Gattung werden häufig neben dem Hauptalkaloid mehrere verschiedene Alkaloide festgestellt, die chemisch einander nahe verwandt sind, die sog. Nebenalkaloide. Diese werden mit Prä- oder Suffixen nach dem Hauptalkaloid benannt, wie Nikotin-Nornikotin-Nikotyryl (PAECH 1950).

Innerhalb des LINNÉschen Pflanzensystems treten die Alkaloide um so häufiger auf, je umfangreicher der Bau der einzelnen Familien und Gattungen wird. Von pharmakologischem Interesse sind vor allem die Alkaloide aus der Familie der Solanaceen und aus der Familie der Campanulaceen die der Lobelienarten.

Der Entstehungs- und Aufspeicherungsort in den Pflanzen ist pflanzenart-spezifisch (PAECH 1950). Die in neuerer Zeit durchgeführten Pfropfversuche von Alkaloidpflanzen auf alkaloidfreie Pflanzen und umgekehrt ergaben weitgehend Aufschluß über die Bildung der Alkaloide. Die von ROMEIKE (1955) und MOTHES (1954) durchgeführten Pfropfversuche zeigten, daß die Wurzel stets der Hauptort für die Bildung von Alkaloiden ist. Versuche, in denen die Blätter mit Stickstoff ernährt werden, bestätigten diese Befunde. Die Blätter, welche die Alkaloide in höchster Konzentration enthalten, gelten als sekundäre Lagerungsstätte. Die Wanderung der Alkaloide wurde im Xylem beobachtet. Es ist aber auch der Sproß befähigt, Alkaloide zu bilden, und zwar dieselben wie die Wurzel der entsprechenden Species. Spuren davon können sogar in die Unterlage wandern. Es enthalten jedoch nur die jüngsten Blätter des Reises einer an sich alkaloidhaltigen Pflanze mydriatisch wirkende Alkaloide. Auf Grund der Tatsache, daß auch Samen und Früchte Alkaloide enthalten, obwohl diese Organe nicht Orte bevorzugter Transpiration sind, wird angenommen, daß auch der Sproß zur Alkaloidsynthese befähigt ist (MOTHES-ROMEIKE 1951).

Auch über die stoffliche Ursache der Entstehung der Alkaloide sind noch keine klaren Untersuchungsergebnisse bekannt. Vielfach ist man der Überzeugung, daß Eiweißbausteine die Grundlage für die Alkaloidbildung sind und daß ferner die Alkaloide durch Abbau der Eiweißsubstanz gebildet werden. Über den Abbau der Alkaloide in der Pflanze bestehen ebenfalls noch Unklarheiten. Da im Boden keine Anreicherungen heterozyklischer Verbindungen vorliegen, wie auch überhaupt keine von aromatischen Körpern, muß aber irgendein Abbau stattfinden (PAECH 1950).

Mutationsversuche mit Röntgenstrahlen an *Datura* und *Nicotiana* von MOTHES, ROMEIKE und SCHRÖTER (1955) ergaben Pflanzen mit sehr verschiedenem hohem Alkaloidgehalt. Es befanden sich darunter, wie auch unter zahlreich untersuchten Süßlupinenarten, Pflanzen mit außerordentlich geringem Gehalt, aber niemals völlig alkaloidfreie Pflanzen. Diese Befunde werden dahingehend gedeutet, daß für die von Natur aus alkaloidhaltigen Arten die Alkaloide eine lebensnotwendige Substanz bilden und alkaloidfreie Pflanzen nicht lebensfähig sind.

Ein einheitliches System zur Einordnung der verschiedenen Glieder der Alkaloidgruppen konnte nach PAECH (1950) noch nicht aufgestellt werden. Die verschiedenen Entwicklungsstufen der Alkaloide, wie das Terpen, Purin, Chinolin, Indol, Pyrrolidin, Pyridin und Piperidin, können in allen erdenklichen Systemen kombiniert und kondensiert auftreten. Polymere Pflanzenbasen sind bisher noch nicht aufgefunden worden (PAECH 1950). Nach GESSNER (1953) erfolgt die Einteilung der Alkaloide nach ihrer chemischen Konstitution in 1. azyklische und carbozyklische Alkaloide, die relativ einfach gebaut sind, und 2. in die heterozyklischen Alkaloide. Diese werden den ihnen zu Grunde liegenden Ringsystemen eingeordnet.

In der Pflanze liegen die Alkaloide meist als Salze vor, selten als freie Basen. Dabei können die in den Salzen enthaltenen Säurereste von gewöhnlichen Pflanzensäuren, wie der Zitronen- und Apfelsäure,

stammen, oder auch von speziellen Säuren, wie der Aconitsäure, die dann für die Pflanzenarten charakteristisch sind.

Die kristallisierenden, festen Alkaloide, das sind die meisten Alkaloide, sind als Basen in Wasser unlöslich, ihre Salze dagegen sind wasserlöslich und können sich so in größeren Mengen im Zellsaft anreichern. Die Basen sind in verschiedenen organischen Lösungsmitteln löslich, die Salze nicht. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, die Alkaloide zu isolieren und rein darzustellen (GESSNER 1953; PAECH 1950). Meist sind die Basen optisch aktiv. Dabei geht die in der Pflanze vorherrschende l-Form sekundär teilweise in die d-Form über und durch Racemisierung entstehen dann die optisch inaktiven d/l-Formen. Nach GESSNER (1953) ist für die pharmakologische Wirkung die optische Aktivität von Bedeutung.

Von den chemischen Reaktionen der Alkaloide ist bei den quarternären Ammoniumbasen besonders hervorzuheben, daß sie wie die der stark alkalischen Elektrolyte ablaufen, was auch bei den übrigen Alkaloiden mit Amincharakter bei Gegenwart von Wasser durch den Übergang des N^{III} in N^V beobachtet werden kann. Die Alkaloide mit tertiärem bzw. sekundärem Amincharakter ergeben mit relativ schwachen OH-Ionenkonzentrationen auf Grund ihrer schweren Wasserlöslichkeit Ausfällungen (GESSNER 1953).

Für den Alkaloidnachweis lassen sich einige charakteristische Farbreaktionen mit bestimmten Reagenzien verwenden, allerdings geben diese nur einen Hinweis auf die qualitativen Eigenschaften und sind nicht immer spezifisch (GESSNER 1953). Die Farbreaktionen werden bei pflanzenzüchterischen Arbeiten vor allem dort Anwendung finden, wo alkaloidfreie bzw. -arme Drogen erzielt werden sollen und die quantitative Erfassung nicht derart genau zu sein hat, wie bei zur Alkaloidgewinnung notwendigen Bestimmungen. Im übrigen sind spezifische Einzelalkaloidanalysen unerlässlich, da eine allgemeine Alkaloidbestimmung zu grobe Werte liefert und nicht den Gehalt an einzelnen Bestandteilen berücksichtigt (GSTIRNER 1955).

Die pharmakologische Analyse im Tierversuch zeigt noch kleinste, chemisch nicht mehr erfassbare Mengen auf (GESSNER 1953), kommt aber für Analysen bei einer züchterischen Bearbeitung der Drogenpflanzen nicht in Frage. PAECH-TRACEY (1955) geben eine Zusammenfassung von Methoden für allgemeine Alkaloid-Extraktion und quantitative Schätzung sowie eine Übersicht über alle entsprechenden Reagenzien.

Ursprünglich wurden alle N-haltigen Verbindungen, die auf das Nervensystem einwirken, als Alkaloide zusammengefaßt. Die nach der heutigen Definition als Alkaloide bekannten Stoffe zeigen sehr unterschiedliche pharmakologische Wirkungen. Dabei zeichnen sich jedoch die Alkaloide häufig, in kleineren Mengen dem tierischen Organismus zugeführt, durch eine anregende und krampflösende Wirkung aus, in stärkeren Dosen durch eine schmerzstillende und lähmende (PAECH 1950).

Zwischen chemischer Konstitution und pharmakologischer Wirkung bestehen nach GESSNER (1953) gewisse Beziehungen, jedoch verhalten sich chemisch verwandte Alkaloide oft sehr unterschiedlich und chemisch fernstehende Alkaloide zeigen eine ähnliche pharmakologische Wirkung.

Zahlreiche Untersuchungen haben ergeben, daß die verschiedensten Faktoren, wie Bodenbeschaffenheit, Standort, Klima und Belichtung, ferner tages- und jahreszeitliche Schwankungen den Alkaloidgehalt der Pflanzen sowie dessen Verteilung in den einzelnen Organen stark beeinflussen. Die von mehreren Seiten bestätigte Beobachtung, daß Pflanzen, die am Morgen geerntet wurden, einen höheren Alkaloidgehalt aufweisen als Pflanzen aus Abenden, wird von STEIGERWALD (1953) als eine relative Zu- bzw. Abnahme gewertet. Zucker und Stärke werden nachts veratmet, und so ergibt sich bei morgens geernteten Pflanzen eine relative Zunahme der Alkaloide. STEIGERWALD führte seine entsprechenden Untersuchungen an *Datura Stramonium* und *D. metel* durch. *D. Stramonium* war morgens um 25%, *D. metel* um 17% alkaloidreicher als am Abend.

Über die Kontrollierung des Alkaloidgehaltes durch Gene dürften wohl heute keine Zweifel mehr bestehen, da allgemein bekannt ist, daß der Alkaloidgehalt der Lupinen durch das Zusammenwirken von mindestens drei unselbständig wirkenden Genen verursacht wird. BLAKESLEE teilt jedoch noch 1945 mit, daß keine Anhaltspunkte für die Alkaloidsteuerung durch Gene bestünden.

Die z. B. durch Polyploidisierung erreichten Alkaloidsteigerungen sind nach BLAKESLEE (1945) lediglich durch das verspätete Blühen und Fruchten der Polyploiden bedingt, durch welches das Absinken des Alkaloidgehaltes gleichermaßen verzögert wird. Somit ergeben sich zwischen diploiden und polyploiden Pflanzen, deren Alkaloidgehalt zum gleichen Zeitpunkt geprüft wird, Unterschiede. Diese Mitteilung wird allein schon durch die Arbeiten STEINEGGER (1948) überholt. STEINEGGER (1948) erntete bei seinen *Lobelia*-Alkaloidgehaltsuntersuchungen das tetraploide und das Kontrollmaterial sowohl zum selben Zeitpunkt als auch im gleichen Entwicklungsstadium, wobei sich jedesmal beim tetraploiden Material Alkaloidgehaltserhöhungen ergaben. Damit ist allerdings noch nicht bewiesen, ob für die Produktion eines jeden einzelnen Alkaloides ein eigenes Gen vorhanden ist. Jedoch ist das nach ROWSON (1945) nicht anzunehmen, da sich bei der Alkaloidgehaltssteigerung durch Polyploidie das Verhältnis der einzelnen Alkaloide zueinander nicht ändert und eine gleichmäßige Verdoppelung der Wirkung eines jeden einzelnen Genes nicht wahrscheinlich ist (STEINEGGER 1948).

In seinen Arbeiten versucht HAGBERG (1950) zu ergründen, von welchem Entwicklungsstadium der Jungpflanzen an die eigene genetische Konstitution die Alkaloidbildung steuert und der Einfluß der Mutterpflanze aufhört. Dabei ergaben Untersuchungen von HAGBERG über den Geno- und Phänotyp alkaloidhaltiger Lupinen, daß der mütterliche Einfluß sehr bedeutend und lang anhaltend ist, bis zur Samenreife der F₁-Generation und evtl. noch länger.

32 Alkaloiddrogenpflanzen aus der Familie der Solanaceen

Die Alkaloiddrogenpflanzen aus der Familie der Solanaceen zeichnen sich vor allem durch den Gehalt an Hyoscyamin, Scopolamin und Atropin aus. Hyoscyamin und Scopolamin sind Tropasäureester mit einem kondensierten Pyrrolidin-Piperidinsystem. Atropin stellt ein racemisches d/l-Hyoscyamin dar (GESS-

NER 1953). Hyoscyamin ist ein Ester aus dem Aminalkohol Tropin und der Tropasäure, Scopolamin ein Ester aus Scopin und der Tropasäure. Diese Esteralkaloide werden in einer bestimmten pH -Abhängigkeit verhältnismäßig leicht hydrolytisch gespalten. Die Spaltbasen sind im allgemeinen weit weniger wirksam als die ungespaltenen Esteralkaloide (GESSNER 1953).

In qualitativer Hinsicht sind l-Hyoscyamin und Atropin gleichwertig. Sie zeichnen sich in relativ starken Dosen durch eine zentral-erregende Wirkung aus, in schwachen Dosen durch eine peripher-lähmende. Scopolamin wirkt in kleinen Dosen ähnlich dem Hyoscyamin, in großen Dosen diesem entgegen.

Die Alkaloidbestimmung bei den Solanaceen-Drogen ist in Prinzip und Ausführung nicht schwierig. Die Alkaloide werden dabei mit einer organischen Flüssigkeit und einem Alkalium extrahiert, durch Umschütteln gereinigt und anschließend titriert. Bei diesen Methoden liegt nach GSTIRNER (1955) allerdings eine große Fehlerbreite vor. Wegen der unterschiedlichen pharmakologischen Wirkung der einzelnen Solanaceenalkaloide wird auch eine Einzelalkaloidbestimmung unerlässlich sein. Nach der Bestimmungsmethode des DAB 6 werden Überwerte erreicht, die z. B. durch Zersetzungsprodukte der Alkaloide, die Apoalkaloide, und durch flüchtige Pflanzenbasen, die Protoalkaloide, entstehen (GSTIRNER 1955). Die bei GSTIRNER (1955) zusammengefaßten maßanalytischen und colorimetrischen Verfahren (bei letzteren ist ein geringeres Drogenmaterial erforderlich) zur Alkaloidbestimmung bei Solanaceen-Drogen beziehen sich meist auf den Hauptalkaloidgehalt, Hyoscyamin oder Atropin. Die Trennung für die Einzelbestimmung der 3 Hauptalkaloide kann auf verschiedene Weise erfolgen. Auf papierchromatischem Wege ist die Trennung von Hyoscyamin und Atropin allerdings nicht ganz sicher, die kolorimetrische Bestimmung liefert dagegen gute Werte. Die entsprechenden alkaloidhaltigen Papierstreifen werden dabei ausgeschnitten und die Messungen nach Extraktion im Pulfrich-Photometer vorgenommen (GSTIRNER 1955).

Untersuchungen von RUNGE (1930) ergaben, daß der Feuchtigkeitsgehalt der Drogen, die zur Analyse gelangen, für die erhaltenen Werte von Bedeutung ist. Die Alkaloide, die in den Blättern in Form von in Äther sehr schwer löslichen Hydraten vorliegen, werden erst durch Trocknen bei 100° gespalten. Drogen mit einem höheren Wassergehalt werden stets niedrigere Werte ergeben.

321 Die Tollkirsche, *Atropa belladonna* L.

Allgemeines:

Die Tollkirsche, *Atropa belladonna* L., eine Staude, ist in Europa, Asien und Nordafrika beheimatet und weit verbreitet, in Nordamerika eingeschleppt. Vielfach wird sie kultiviert.

Es sind Varietäten mit gelben Blüten und Früchten bekannt und Varietäten mit dunkelroten Blüten und schwarzen Früchten. Die „hellen“ Varietäten weisen aber nach GESSNER (1953) und ROWSON (1945) einen niedrigeren Alkaloidgehalt auf als die „dunklen“.

Die Alkaloide sind in allen Organen der Tollkirsche enthalten, werden aber bevorzugt aus den Blättern gewonnen, die nach dem DAB 6 zur Blütezeit geerntet werden sollen, und aus den Wurzeln von 3—4jährigen

Pflanzen zu Ende der Blütezeit (WEBER-WEGNER 1953). In der Homöopathie findet das ganze, frische, blühende Kraut Verwendung (GESSNER 1953).

Als wichtigstes Alkaloid liefert die Tollkirsche das l-Hyoscyamin, in geringen Mengen Atropin, l-Scopolamin, Apoatropin = Atropamin und Belladonnin. Das Blatt enthält etwa 0,2—0,5% Gesamtalkaloide, davon je nach Racemisierung bis zu 98% l-Hyoscyamin (GSTIRNER 1955). Die übrigen, eben genannten Alkaloide liegen nur in geringen Mengen vor (KÜSSNER 1938). Nach Untersuchungen von KREITMAIER (1947) besitzt die Wurzel 0,45—0,85% Gesamtalkaloide, davon bis zu 97% l-Hyoscyamin und nur wenig Atropin. Weiter liegen in der Wurzel etwa 5% Apoatropin und Belladonnin und nach KÜSSNER (1938) bis zu 2½% l-Scopolamin vor. 0,65% Gesamtalkaloide sind in den Früchten enthalten, davon in den unreifen überwiegend l-Hyoscyamin, in den reifen Atropin. Blüten mit 0,4% Gesamtalkaloiden und Samen mit 0,8% besitzen vorwiegend l-Hyoscyamin.

Nach GESSNER (1953) sind im Gebirge wachsende Tollkirschen besonders reich an Alkaloiden. Untersuchungen von ROWSON (1945) zeigten, daß der Gesamtalkaloidgehalt während der Sommermonate abnimmt, der Atropingehalt innerhalb des Totalgehaltes aber ansteigt.

SIEVERS (1914) konnte zwischen äußeren Merkmalen und der Wertstoffproduktion bei der Tollkirsche keine Korrelationen finden. Nach ELZENGA (1956) erreichen einjährige Pflanzen (festgestellt für einen gelbblühenden Stamm) ihren höchsten Alkaloidgehalt zur Zeit während oder kurz nach der Blüte, wenn die Pflanzen einige grüne Beeren tragen. Dagegen sollen zweijährige Pflanzen ihren maximalen Alkaloidgehalt schon in einem viel früheren Stadium erreichen, ihn zur Zeit der Blütenbildung bereits überschritten haben, um dann nochmals ein Anwachsen des Alkaloidgehaltes aufzuweisen, wenn sich an den Pflanzen eine größere Zahl grüner Beeren gebildet hat. Zur Bestimmung des Gesamt-Alkaloidgehaltes benutzte ELZENGA die Methode von DIJKSTRA (1951), die als eine Verbesserung der Methode von HEGNAUER und FLÜCK bezeichnet wird. Wie ELZENGA, SMEETS und DE BRUYN (1956) in Untersuchungen im Phytotron feststellen konnten, hatten verschiedene Kulturtemperaturen wie 20° , 23° und 26° C einen unterschiedlichen Einfluß auf die Höhe des Alkaloidgehaltes von gelbblühenden einjährigen Versuchspflanzen. Diese umweltbedingten Unterschiede waren zwar gering, aber statistisch gesichert.

Züchterische Arbeiten

Von der Tollkirsche bestehen nach HEEGER-BRÜCKNER (1950) nur die durch Auslese auf äußere Merkmale gewonnenen zwei Landsorten: „Schwarzfrüchtige Tollkirsche“ und „Gelbfrüchtige Tollkirsche“. SIEVERS (1914/15) führte mit der Tollkirsche auf Grund starker Gehaltsunterschiede zwischen den einzelnen Pflanzen Selektionsversuche durch und konnte damit die Erbllichkeit des individuellen Gehaltes bestätigen. DELČEV (1954) erzielte durch Auslese mit nachfolgender Klonung Formen mit einheitlich sehr hohem Alkaloidgehalt. Sie zeichneten sich durch gelbe Farbe des Stammes, der Blätter und der Blüten aus.

JAMES (1942/43) berichtet ebenfalls von sehr alkaloidreichen Stämmen, die er nach Prüfung der Nachkommenschaft auslesen konnte.

Bei den Polyploidieversuchen mit *A. belladonna* wurde von FROESCHEL und CLAYES (1949) der Alkaloidgehalt nicht weiter berücksichtigt. Es liegen lediglich Mitteilungen über äußere Abweichungen der Colchizin-behandelten Pflanzen gegenüber den un-behandelten vor: Die Blätter waren gefleckt, runzelig und dicker. Die Anzahl der Seitenzweige hatte sich vermehrt, Zellen und Stomata waren vergrößert. Die nach diesen anatomischen Befunden als polyploid angesehenen Pflanzen zeigten eine stärkere Temperatur-empfindlichkeit. GYÖRFFY und MELCHERS (1938) berichteten von ähnlichen Ergebnissen. SZOMOLANYI (1942) erhielt durch Tropfenbehandlung mit Colchizin Zweigchimären mit polyploidem Charakter. An diesen stellte SZOMOLANYI, wenn auch nicht gesichert, eine Alkaloidgehaltserhöhung fest.

Rowson (1945) arbeitete zur Erzielung von Tetraploiden mit verschiedenen Herkünften und „Stämmen“. Er erhielt nach einer Vorbehandlung, bei der die Samen auf feuchtem Filtrierpapier vorkeimten und anschließend 4 Tage in einer 1,6%igen Colchizininlösung lagen, etliche tetraploide Pflanzen. Vorbehandlungen durch Abreiben und Kühl lagern hatten keinen Erfolg. Die Schwierigkeit, tetraploide Atropapflanzen zu erzielen, liegt nach Rowson in der gegenüber anderen Solanaceen-Arten (*Datura* $n = 24$, *Hyoscyamus* $n = 34$) hohen Chromosomenzahl mit $n = 72$. Die durch Colchizinbehandlung polyploidisierten Pflanzen zeigten mixochimären Charakter mit oktoploidem Gewebe an einem Individuum. Bis zur Samenreife hatten sich die Mixochimären aber meist zu typischen Tetraploiden verwachsen. Im Gegensatz zu den normalen diploiden Pflanzen hatten die $4n$ -Pflanzen erst im 2. Jahr Samenansatz. Die Untersuchungen an den Nachkommen waren bei dieser Mitteilung noch nicht abgeschlossen, doch wird angenommen, daß die Tetraploidie bei den Nachkommen erhalten bleibt. Die $4n$ -Pflanzen waren gesund und stark und wiesen ein ähnliches oder höheres Trockengewicht wie die $2n$ -Pflanzen auf. Der Alkaloidgehalt stieg bei den Tetraploiden im Vergleich zu den Diploiden durchschnittlich um 93%, in einem Fall, bei einer 2jährigen Pflanze, sogar um 153%. Auch pro Flächeneinheit ist die Alkaloidzunahme, wie die Erhöhung des Trockengewichtes, bei den Tetraploiden gesichert.

Für die Alkaloidbestimmung wurden die Blätter im August gesammelt, bei 35°C getrocknet und anschließend sofort gepulvert.

322 Drogenpflanzen aus der Gattung *Datura*

Als officinelle Alkaloiddroge ist vom DAB 6 aus der Gattung *Datura* der Stechapfel, *D. Stramonium* L., anerkannt.

Von *D. Stramonium*, wie auch von *D. tatula*, der violettblühenden Gartenform, gibt es die stachellosen Varietäten „*inermis*“. Nach RUDORF und SCHWARZE (1951) ist aus Kreuzungen von bestachelten und unbestachelten, im übrigen aber genetisch identischen Formen zu entnehmen, daß das Gen für Bestachelung eine pleiotrope Wirkung auf Wuchshabitus und physiologische Vorgänge ausübt. Die *inermis*-Rassen weisen nach STEINEGGER (1952) infolge ihres gedrungenen Wuchses einen höheren Alkaloidgehalt auf als die stacheligen *Datura*.

Die einjährige Pflanze ist im vorderen Orient beheimatet, heute aber bereits in warmen bis gemäßigten

Zonen Europas, Afrikas und Nordamerikas weit verbreitet und wird vielfach kultiviert. Blätter und Samen des Stechapfels finden unter der Bezeichnung „Folia“ und „Semen Stramonii“ Verwendung. Das Blatt enthält 0,2—0,6% Alkaloide, der Samen 0,3 bis 0,5%. Die Alkaloide bestehen beim Stechapfel vorwiegend aus 1-Hyoscyamin. Der Samen besitzt etwas mehr Atropin als das Blatt, Scopolamin ist in beiden Organen nur ganz wenig vorhanden (GESSNER 1953). Als Nebenwirkstoffe liegen im Blatt 0,045% ätherische Öle vor, bis zu 4¹/₂% Gerbstoffe und im Samen fettlose Öle (VOLLMER 1934). *Datura* wird in der Therapie vor allem bei Asthmaleiden angewandt und wirkt in starken Dosen tödlich.

Die Alkaloidbestimmung erfolgt wie bei *Atropa* und anderen Solanaceen-Drogen, nur sind bei *Datura* größere Mengen Trockensubstanz als bei *Atropa* erforderlich (GSTIRNER 1955).

Unter den nach HEGI insgesamt bestehenden etwa 25 *Datura*-Arten befinden sich mehrere Arten mit höherem Alkaloidgehalt und pharmakologischer Bedeutung.

Technisches Interesse besteht nach STEINEGGER (1950) für die Scopolamingewinnung aus *Datura innoxia*. Diese enthält Scopolamin vor allem in den älteren Blättern, die jungen besitzen neben Scopolamin auch Hyoscyamin. STEINEGGER und GESSLER (1955) geben einen ausführlichen Bericht über die Alkaloidbiogenese und die Entdeckung eines neuen Alkaloid bei *D. innoxia*.

Einflüsse auf den Alkaloidgehalt bei D. stramonium

STEIGERWALD (1953) stellte in seinen Ernährungsuntersuchungen fest, daß durch reiche Stickstoffgaben sowohl das Blattwachstum als auch der Alkaloidgehalt ungleich stark gefördert werden. Bei einem Vergleich von ungedüngten Parzellen mit Parzellen, die eine Volldüngung erhielten, erzielten letztere einen Mehrertrag an Blattmasse um 37% und an Alkaloidgehalt um 186%. HOFFMANN (1949) beobachtet bei Eisen-, Phosphor- und Aluminiumgaben einen günstigen Einfluß auf die Alkaloidbildung, während Kalium und Magnesium auf die Alkaloidproduktion hemmend wirken. HEGNAUER und FLÜCK (1949) erzielten durch Wuchsstoffgaben keine Alkaloidzunahme, bei höherer Konzentration sogar eine Verminderung. Einen Einfluß von Penicillin auf den Alkaloidgehalt bei *D. Stramonium* beobachteten STEINEGGER und GESSLER (1954). Das Wachstum wurde dadurch um 50% gesteigert, das Frisch- und Trockengewicht um das 5—7fache vergrößert. Auch der Alkaloidgehalt der getrockneten Droge erhöht sich um das 5fache, obwohl er in den Frischpflanzen deutlich erniedrigt war; doch gleicht er sich infolge eines höheren Wassergehaltes der behandelten Pflanzen bei der Trockendroge wieder aus. Durch die Antibioticabehandlung wurde das Hyoscyamin-:Scopolaminverhältnis zugunsten des Hyoscyamins verschoben. Die Versuche von MADDAUS (1938) mit verschiedenen Pflanzengemeinschaften zeigten bei *D. Stramonium* eine Erhöhung des Alkaloidgehaltes mit Lupinen-Assoziation, eine Erniedrigung mit Pfefferminze, gegenüber einem Kontrollbeet, das nur mit *Datura* bestellt war.

Durch Blüten- und Kapselentfernung wird nach HEGNAUER und FLÜCK (1949) bei *D. Stramonium* und *D. tatula* Wüchsigkeit und Alkaloidgehalt erhöht.

Drogenmaterial, das kurz nach einer Regenperiode geerntet wurde, zeigte eine starke Alkaloidgehaltsminderung (STEIGERWALD 1953).

Bei den Untersuchungen über die Tagesperiodizität des Alkaloidgehaltes bei *Datura* stellten HEMBERG und FLÜCK (1953) eindeutig fest, daß der absolute Alkaloidgehalt am frühen Morgen am höchsten ist und dann bis einige Stunden nach Einbruch der Dunkelheit allmählich abnimmt und in der Nacht wieder rasch ansteigt. Bezogen auf die Rohfasermenge ist die Alkaloidmenge am Morgen um 11% größer als um 15 Uhr, um 22 Uhr größer als um 23 Uhr. Dagegen ist der Alkaloidgehalt in den Wurzeln am Nachmittag wesentlich höher als in der Nacht. Die Untersuchungen über das Verhältnis des Alkaloidstickstoffes zum Gesamtstickstoff, Eiweiß-, löslichen, Amino-, Amin- und Ammoniakstickstoff ergaben, daß nur der Ammoniakstickstoff eine Korrelation zum Alkaloidstickstoff aufweist, und zwar eine annähernde Reziprozität. Die Tageszyklen der anderen Stickstoffreaktionen ergaben keine quantitative Beziehung zum Alkaloidstickstoff. NISOLI (1950) stellte innerhalb einer Vegetationszeit den höchsten Gehalt kurz vor und kurz nach der Blüte fest, während GESSNER (1950) zur Blütezeit den höchsten Gehalt erzielte. Lagerungsversuche zeigten, daß nach 10 Monaten Lagerung, von Januar bis November, in einem Trockenraum eine Gehaltsminderung von 0,44% zu 0,17% eintrat (STEIGERWALD 1953).

Züchterische Arbeiten an *Datura*

In der Gattung *Datura* hat man vor allem durch die Auslösung von Genmutationen und die Erzeugung polyploider Formen eine Steigerung des Alkaloidgehaltes zu erreichen versucht. Diese Arbeiten an *Datura* sind im Vergleich zu denen an anderen Drogenpflanzen sehr vertieft und erweitert, da *Datura* einjährig und leicht kultivierbar ist, die Inhaltsstoffe weitgehend bekannt sind und phänotypische Merkmale, wie Bestachelung und Violettfröbung, Aufschluß über Spaltungsverhältnisse in den F₂-Generationen geben (STEINEGGER 1952).

Durch Selektion auf äußere Merkmale haben sich nach HEEGER-BRÜCKNER (1950) folgende Gruppensorten herausgestellt: „Bewehrter weißblühender Stechapfel“, „Stachelloser weißblühender Stechapfel“, „Bewehrter violettblühender Stechapfel“ und „Stachelloser violettblühender Stechapfel“. Auf die Selektionsmöglichkeiten weisen HEGNAUER und FLÜCK (1949) hin, da Einzelpflanzenanalysen innerhalb verschiedener Herkünfte von *D. Stramonium* und *D. tatula* recht große individuelle Alkaloidgehaltsschwankungen ergaben. EISENHUTH (1953) fand bei seiner Selektion eine *Daturapflanze*, die den für Polyploidie charakteristischen Gigaswuchs zeigte, nach cytologischen Befunden aber normal diploid war. Alkaloidgehaltsbestimmungen ergaben, daß diese Pflanze einen um 51% erhöhten Alkaloidgehalt besaß. EISENHUTH begründete diese Erhöhung damit, daß die reproduktive Phase relativ spät erst einsetzte.

Die von STEINEGGER (1952) durchgeführten Kreuzungsversuche mit alkaloidarmen \times alkaloidreichen Pflanzen und reziprok ergaben, daß gesicherte reziproke Unterschiede nicht auftraten. STEINEGGER sieht darin eine weitere Bestätigung dafür, daß die Alkaloidproduktion durch Gene und nicht direkt

durch das Plasma kontrolliert wird. Weiter besteht die Annahme, daß man es hierbei mit einem polygen bedingten Merkmal zu tun hat, da nicht immer in gleicher Weise eine Erhöhung, sondern zuweilen sogar eine Abnahme des Alkaloidgehaltes bei den Hybriden eintritt.

BLAKESLEE befaßte sich in zahlreichen Arbeiten mit Mutations- und Polyploidieversuchen, in denen er aber so gut wie gar nicht die Beeinflussung des Alkaloidgehaltes berücksichtigt, sondern vielmehr cytologischen und karyologischen Forschungen nachging.

In den bereits erwähnten Untersuchungen von MOTHES (1954) über den Einfluß von künstlicher Mutationsauslösung wurde häufig ein Umschlag von einem Alkaloidtyp in einen anderen festgestellt; so trat z. B. bei einigen *Datura*-Mutanten neben den Tropaalkaloiden Nikotin stark auf, aber nie zeigten sich völlig alkaloidfreie Mutanten.

STEINEGGER befaßte sich in zahlreichen Untersuchungen mit dem Einfluß der Polyploidie auf Pflanzen aus der Gattung *Datura*, mit den günstigsten Behandlungsarten für die Polyploidisierung und mit den Alkaloidgehaltsschwankungen durch Polyploidie. Im Vergleich zu *D. Stramonium* und *D. tatula* läßt sich nach STEINEGGER (1950) *D. innoxia* schwerer polyploidisieren. Die Sproßspitzenbehandlung erwies sich zwar bei allen genannten Arten als der Samenbehandlung überlegen, aber nicht so stark wie bei den entsprechenden *Lobelia*-Versuchen. Die hiermit erzielten tetraploiden Pflanzen wiesen eine Vergrößerung der Pollenkörner um 20% auf und eine Samengewichtserhöhung um 50—100%, besonders in der C₁-Generation. MILLER und FISHER (1946) erzielten durch künstliche Polyploidisierung bei *D. Stramonium* und *D. tatula* eine beträchtliche Alkaloiderhöhung gegenüber den diploiden Ausgangsarten. Über ähnliche Ergebnisse bei diesen Arten wie auch bei *D. metel* und *D. innoxia* berichtet ROWSON (1945). SUZUKA (1952) erhielt ebenfalls Gigasformen durch Colchizinbehandlung, die aber wenig fertil waren.

ROWSON (1944) konnte bei seinen Alkaloidbestimmungen an tetraploiden *D. Stramonium*- und *D. tatula*-Pflanzen, die er durch Colchizinierung herstellte, zwar eine Erhöhung des Alkaloidgehaltes, aber keine Verschiebung des Verhältnisses von Atropin: Hyoscyamin feststellen. Auch STEINEGGER (1954) wies durch papierchromatische Untersuchungen nach, daß die Alkaloidzusammensetzung bei 2- und 4n-Pflanzen die gleiche ist und auch durch Pfropfungen nicht beeinflusst wurde.

Durch Colchizinbehandlung erhielt OLAH (1952) neben Autotetraploiden auch Chimären. Die Nachkommen dieser Pflanzen waren zum großen Teil tetraploid und zeichneten sich in allen Organen, außer in den Früchten, durch Gigaswuchs und verzögerte Reifezeit aus. Die Fertilität war, wie auch die Kornzahl je Frucht, herabgesetzt. Der Alkaloidgehalt der Frischpflanzen betrug bei den 4n-Formen 0,395—0,468% gegenüber dem der diploiden Ausgangsformen mit 0,301—0,371%; im getrockneten Zustand war der Alkaloidgehalt der Blätter bei den 4n-Pflanzen um 29% erhöht. Die von HEGNAUER (1951) erzielten Polyploiden der Arten *D. Stramonium*, *D. tatula* und *D. tatula* var. *inermis* wiesen alle eine statistisch gesicherte Alkaloiderhöhung von 20—45% auf. Diese 4n-Pflanzen stellten keine größeren Kulturanforde-

rungen und zeigten sich auch nicht empfindlicher als die 2n-Pflanzen.

RUDORF und SCHWARZE (1951) behandelten *Datura tatula*-Samen mit einer 0,5%igen Colchizininlösung und erhielten eine größere Anzahl von Polyploiden, wie Pollenmessungen und Wurzelspitzenuntersuchungen ergaben. Diese 4n-Pflanzen zeigten gegenüber den 2n-Pflanzen in den einzelnen Organen eine verschieden starke Ertragsminderung, das Verhältnis Wurzel:Sproß verschob sich dabei zu Gunsten der Wurzelentwicklung. Die an allen Organen, besonders in den Blättern, beobachtete Alkaloidgehaltsvermehrung wird als Folge der relativen Vergrößerung des Wurzelsystems betrachtet, da nach MÖTHES und ROMEIKE die Alkaloide in der Wurzel gebildet werden und mit dem aufsteigenden Saftstrom in die oberirdischen Organe gelangen. Trotz kleinerer Blattmassen ergaben die Polyploiden gegenüber den Diploiden einen Alkaloidmehrertrag von 52—174%. Da der geringere Wuchs eine engere Pflanzung gestatten würde, als sie vorgenommen wurde, sind nach RUDORF und SCHWARZE noch höhere Alkaloiderträge bei den 4n-Pflanzen zu erwarten.

Die geringere Stoffproduktion wird durch eine gesteigerte Atmungsintensität erklärt, die ihrerseits auf Störungen der Zellfunktionen, ausgelöst durch den polyploiden Zustand, zurückzuführen ist.

Die Arbeitshypothese, die einen direkten Zusammenhang zwischen Alkaloid- und Genomvermehrung annimmt und das Alkaloid als ein Produkt des Kernstoffwechsels auffaßt, wurde widerlegt, da sich das Arginin, die vermutlich reichlich im Kern enthaltene Muttersubstanz der Tropabasen, in den 4n-Pflanzen gegenüber den 2n-Pflanzen nicht angereichert vorfand.

Außerdem konnten RUDORF und SCHWARZE keinen positiven Zusammenhang zwischen dem Alkaloidbildungsvermögen isoliert wachsender *Daturawurzeln* und dem Arginingehalt des Bodens feststellen. Düngungsversuche von RUDORF und SCHWARZE ergaben, daß die 4n-Pflanzen im gleichen Sinne wie die 2n-Pflanzen auf eine unterschiedliche Nährstoffversorgung reagierten, aber in der Ausnutzung der Bodensalze den 2n-Pflanzen unterlegen sind. In den Blättern der Tetraploiden finden sich im Vergleich zu den Ausgangstypen weniger Stärke und lösliche Kohlenhydrate, aber mehr Mineralsalze, obwohl auch die Assimilations- und Transpirationstätigkeit bei den 4n-Pflanzen intensiviert ist. STEINEGGER (1952) erklärt die gesteigerte Alkaloidproduktion nach Polyploidisierung primär durch gesteigerte Stoffwechsellvorgänge und evtl. geringeren Abbau. Daß der Gehalt nicht immer vermehrt ist, rührt daher, daß Kern- und Zellteilung durch die Chromosomenvermehrung erschwert und verlangsamt und daher auch weniger einzelne Organe ausgebildet werden.

Die Untersuchungen STEINEGGERs (1954) über den Einfluß von 2- und 4n-Tomatenreisern auf 2- und 4n-*Daturawurzeln*, und umgekehrt, auf die Alkaloidbiogenese ließen in bezug auf den prozentualen Alkaloidgehalt keine eindeutigen Schlüsse zu. Die Analysen des Totalalkaloidgehaltes in Blatt, Stengel und Wurzel ergaben, daß eine 4n-Wurzel gegenüber der 2n-Wurzel die Alkaloidproduktion etwas senkt, während ein 4n-Pfropfreis bei gleicher Unterlage gegenüber dem 2n-Sproß eine Steigerung des Alkaloidgehaltes bis zum Mehrfachen bewirkt. Somit wird die höchste

Alkaloidproduktion pro Pflanze bei einem 4n-Sproß auf einer 2n-Unterlage erhalten. Nach STEINEGGER widerspricht dieser entscheidende Einfluß des Reises auf die Alkaloidproduktion keineswegs der Tatsache, daß die *Datura*-Alkaloide zum größten Teil in der Wurzel gebildet werden, da die Alkaloidsynthese über eine Veränderung des Wurzelsystems beeinflusst werden kann. Die Parallele zwischen Trockengewicht der Wurzelmasse und Totalalkaloidgehalt innerhalb einer Pfropfung spricht dafür, wobei das Trockengewicht und der Alkaloidgehalt auf 4n-Wurzeln gegenüber auf 2n-Wurzeln herabgesetzt werden. Pro m² Bodenfläche berechnet, ergaben 4n-Sprosse auf 4n-Unterlagen auf Grund einer Vergrößerung der Pflanzenausmaße den weitaus höchsten Gehalt. Nach STEINEGGER sind jedoch größere Pflanzenausmaße für die praktischen Bedürfnisse unvorteilhaft.

Ausführliche Mitteilung über Herstellung von Amphidiploiden bei *Datura* und die Auswirkung der Amphidiploidie gibt ebenfalls STEINEGGER (1949—1955).

Ursprünglich stellten schon PASCIO und APPL (1936) (zit. n. STEINEGGER 1952) nach Kreuzungsversuchen von *D. metel* (*D. alba*) × *D. fastuosa* fest, daß 4n-Kombinationen bei *Datura* ertragreicher sind als 2n-Kombinationen, wobei in den F₁-Generationen größere Pflanzen mit größeren Früchten als bei den Eltern auftraten. Diese beiden Autoren hoben weiter hervor, daß der positive Heterosiseffekt in bezug auf die Pflanzengröße besonders bei kleinen Eltern zu Tage tritt, während große Ausgangsrassen kleinere Hybriden ergeben. Die Mittelwerte der meisten F₂-Generationen waren zwar größer als die der F₁-Generationen, doch waren die Differenzen nicht gesichert.

STEINEGGER (1952) sieht daher in der Kreuzung von alkaloidreichen 4n-*Daturapflanzen* untereinander mit anschließender Selektion einen erfolgversprechenden Weg der Züchtung. Ausschlaggebend für eine erfolgreiche Kombination soll nach STEINEGGER (1952) die Chromosomenzahl sowie die chemische Konstitution der Elternpflanzen sein (vgl. COLIN 1935; AUGEM 1928; SIMONET 1932).

STEINEGGER arbeitete mit den Arten *D. Stramonium*, *D. tatula*, *D. tatula* var. *inermis* und *D. innoxia*. Es wurden die Samen colchiziniert und von den 4n-Pflanzen für die weiteren Arbeiten die alkaloidreichsten ausgelesen. Kreuzungsversuche (1954) von 4n-*Datura innoxia* × 4n-*Datura Stramonium*, bzw. 4n-*Datura tatula* var. *inermis* waren erfolglos, obwohl alle erwähnten Arten gleich viele Chromosomen besitzen. Von den Mutterpflanzen dieser Kreuzungsversuche konnten neben häufigem Fruchtansatz ohne Samenbildung nur einige 2n- und einige völlig muttergleiche 4n-Nachkommen erhalten werden. Diese 2n-Nachkommen wiesen gegenüber der 4n-Mutterpflanze einen wesentlich verminderten Alkaloidgehalt auf.

Bei Kreuzungsversuchen zwischen 4n-*D. Stramonium*, *D. tatula* var. *inermis* und *D. tatula* wurden dagegen gute Resultate erhalten (1953). Die Amphidiploiden ergaben in der F₁-Generation in bezug auf das prozentuale Trockengewicht und in bezug auf die Fruchtbarkeit (ausgedrückt durch die Zahl der Samen je Kapsel) eine Steigerung. Sie zeigten also gerade in den Merkmalen eine Verbesserung, die nach der Polyploidisierung eine Abschwächung erfahren hatten. Blattgröße, Blattgewicht, Samengewicht und z.T.

auch der Alkaloidgehalt zeigten dagegen eine allerdings nicht statistisch gesicherte Verminderung im Vergleich zu den 4n-Eltern. Wie weit die Ausprägung der genannten Merkmale über bzw. unter den entsprechenden Werten des diploiden Ausgangsmaterials lag, ist aus den vorliegenden Mitteilungen nicht zu ersehen. In der F₂-Generation wurde wieder eine rückläufige Tendenz beobachtet, indem die in der F₁-Generation mit erhöhten Werten auftretenden Merkmale wieder zurückgebildet und die abgeschwächten Merkmale verstärkt wurden. Die Alkaloidausbeute in der F₂-Generation pro Pflanze und pro m² war stark erhöht und ging ziemlich genau parallel mit der entsprechenden Verschiebung der Blattausbeute. Der prozentuale Alkaloidgehalt dagegen wies nur eine unwesentliche, uneinheitliche und statistisch nicht gesicherte Veränderung auf. STEINEGGER (1953, 21. Mitteilung) betont allerdings abschließend bei diesen Mitteilungen, daß erst alle zu vergleichenden Generationen im selben Jahr und unter den gleichen Bedingungen kultiviert werden müßten, um zu wirklich gesicherten Vergleichszahlen kommen zu können.

323 Alkaloidpflanzen aus der Gattung *Hyoscyamus*

Nach dem DAB 6 ist aus der Gattung *Hyoscyamus* das Schwarze Bilsenkraut, *Hyoscyamus niger* L., als Alkaloiddroge officinell. Neben diesem finden aber auch noch die Arten *H. pallida* DUN., das blaßgelbe Bilsenkraut, und *H. agrestis* NEES mitunter Verwendung (GESSNER 1953). Das Bilsenkraut ist in Europa wie in den gemäßigten Zonen aller Erdteile beheimatet und findet sich in Deutschland häufig auf Ödland, an Hecken und Wegrändern.

Als Droge kommt das Blatt, Folia Hyoscyami, in Betracht, das 0,06—0,17% Alkaloide enthält, die vorwiegend aus l-Hyoscyamin, zum geringen Teil aus d/l-Hyoscyamin = Atropin bestehen; ferner die Wurzel, Radix Hyoscyami, die nach WEHMER (1929 bis 1931) einen höheren, aber noch nicht näher analysierten Alkaloidgehalt als Blatt und Samen haben soll, und der Samen, Semen Hyoscyami, mit 0,05—0,3% (GESSNER 1953). Die Alkaloidbestimmung wird nach GSTIRNER (1955) in entsprechender Weise wie bei der Tollkirsche durchgeführt, nur wird von einer größeren Drogenmenge ausgegangen. DEKAY und JORDAN (1934) haben ein Verfahren ausgearbeitet, nach dem der Fehler, der durch die flüchtigen Basen entsteht, ausgeschaltet wird. Hierzu sind allerdings größere Drogenmengen erforderlich. Die pharmakologische Anwendung des Bilsenkrautes ist ähnlich der der Tollkirsche.

Als Nebenwirkstoffe sind die Base Cholin, ätherische Öle, der Bitterstoff Hyoscyamin, fettes Öl und Gerbstoffe bekannt (VOLLMER 1934).

Über Ausmaß und Ursachen der Schwankungen des Alkaloidgehaltes liegen keine näheren Untersuchungen vor.

Züchterische Arbeiten

Durch Auslese nach äußeren Merkmalen hat sich die Gruppensorte „Schwarzes Bilsenkraut“ herausgestellt (HEEGER-BRÜCKNER 1950).

GYÖRFFY und MELCHERS (1938) berichten von amphidiploiden Artbastarden aus *H. niger* × *H. alba*, die allerdings nicht auf ihren Alkaloidgehalt hin

geprüft wurden. Die Kreuzung *H. alba* (n = 34) × *H. niger* (n = 17) gelang in beiden Richtungen mehrmals; die Bastarde wiesen in vielen Fällen eine Chromosomenzahl von 2n = 51 auf. Die Amphidiploiden, die nach einer Sproßspitzenbehandlung der Bastardkeimlinge mit 0,5—0,25%iger Colchizinlösung erhalten wurden, besaßen 102 Chromosomen.

MILLER und FISHER (1946) fanden in ihren künstlich hergestellten polyploiden *H. niger*-Pflanzen eine Alkaloidgehaltssteigerung gegenüber dem diploiden Ausgangsmaterial. ROWSON (1945) erhielt durch 4tägige Einwirkung einer 0,4%igen Colchizinlösung auf Samen von *H. niger* mixochimäre Pflanzen mit octo-, tetra- und diploidem Gewebe. In der Nachkommenschaft konnten aber nur tetraploide Sämlinge gefunden werden. Diese 4n-Pflanzen erwiesen sich als stark, gesund und fertil; die beiden folgenden Generationen blieben tetraploid. Das Trockengewicht der 4n-Pflanzen war dem der 2n-Pflanzen ähnlich, der Alkaloidgehalt jedoch erfuhr eine relativ starke Erhöhung. Eine maximale Alkaloidsteigerung um 34% wies eine F₂-Pflanze auf.

33 Alkaloidpflanzen aus der Gattung *Lobelia*

Aus der Gattung *Lobelia*, die zu der Familie der *Campanulaceae* gehört, ist das Kraut von *Lobelia inflata* L. als officinell anerkannt. *L. inflata* ist in Kanada und Virginien beheimatet. Der an feuchten Stellen in Europa vorkommende Wasserspleiß, *L. Dortmanna* L., hat pharmakologisch keine größere Bedeutung. Nach Untersuchungen von BRANDT (1951) weisen auch *L. syphilitica*, *L. urens* und *L. salicifolia* Alkaloide auf.

Herba *Lobelia inflatae* enthält etwa 0,4% Alkaloide mit vorwiegend α-Lobelin und eine Anzahl Nebenalkaloide. ESDORN (1954) ermittelte aus Blättern und Stengeln der *Lobelia inflata* den niedrigsten Alkaloidgehalt, den höchsten aus Sproßspitzen und Kapseln. Die Wurzeln weisen einen intermediären Gehalt auf.

GSTIRNER (1953) empfiehlt für die Alkaloidbestimmung bei *Lobelia* die Belladonna-Alkaloidbestimmung nach FROMME (1924). FROMME arbeitet dabei mit 10 g gepulverter Droge und erhält die gleichen Ergebnisse wie nach speziellen *Lobelia*-Alkaloidverfahren.

Für den Anbau empfiehlt sich nach BRANDT (1951) *Lobelia syphilitica* und eine dieser sehr nahestehende, als Syphilitica-Bastard bezeichnete Rasse (mit einheitlichen Nachkommen), da beide hohen Alkaloidgehalt und große Massenproduktion in sich vereinen. Bei einer Bestimmung von 58 Einzelpflanzen war der niedrigste Alkaloidgehalt ca. 150 mg%, der höchste 1049 mg%. Die Alkaloidbestimmung bei 53 Exemplaren des Syphilitica-Bastards ergab minimal 75 mg%, maximal 660 mg%. Nähere Angaben über den Alkaloidgehalt sind nicht bekannt.

Lobelia urens weist einen sehr hohen Alkaloidgehalt auf, aber nur eine sehr geringe Massenproduktion, und ist nach STEINEGGER (1948) für eine Kultur nicht rentabel. Auch *Lobelia salicifolia* besitzt einen hohen Alkaloidgehalt, konnte aber auf ihre Anbauwürdigkeit hin noch nicht näher untersucht werden (BRANDT 1951).

Ein erstes Maximum an Alkaloidgehalt ist bei *Lobelia inflata* nach ESDORN (1954) kurz vor bzw. zu Beginn der Blüte erreicht, ein zweites beim Abblühen, dann tritt rasch eine Abnahme ein.

In Trocknungsversuchen mit *Herba Lobeliae inflatae* traten bei höheren Temperaturen große Alkaloidverluste ein, eine dreistündige Trocknung bei weniger als 40° erwies sich nach ESDORN (1954) als am günstigsten.

Züchterische Arbeiten

Bei den Polyploidieversuchen von STEINEGGER (1948 u. 1950) an *Lobelia*-Arten waren nur Sproßspitzen- gegenüber Samenbehandlungen von Erfolg. Sowohl bei *Lobelia inflata* als auch bei *Lobelia syphilitica* wurde durch Polyploidisierung der Alkaloidgehalt gesteigert. Bei *L. inflata* wurde eine relative Erhöhung bis zu 185% erzielt, die aber infolge einer Verringerung von Frisch- und Trockengewicht des 4n-Materials im besten Fall nur eine absolute Erhöhung von 50% ergab. *L. syphilitica* ergab nach Polyploidisierung dagegen nur eine maximale Erhöhung des Alkaloidgehaltes von 35%, die aber nahezu absolut ist, da sich bei dieser Art der Ertrag an Frisch- und Trockengewicht beim 4n-Material nur unwesentlich verändert hat. Beide Arten wiesen starke Rassen- und Sortenunterschiede hinsichtlich der Gehaltsverschiebung durch Polyploide auf.

Immerhin lassen diese Ergebnisse nach STEINEGGER (1948) erwarten, daß durch Polyploidisierung auch eine absolute Steigerung des Gehaltes an dem pharmakologisch wertvollen α -Lobelin erreicht werden kann, da nach ROWSON (1945) sich bei diesen Alkaloidvermehrungen das Verhältnis der einzelnen Bestandteile nicht ändert. Nähere Untersuchungen über die *Lobelia*-Alkaloide in diesem Zusammenhang liegen allerdings noch nicht vor.

34 Alkaloidpflanzen aus der Gattung *Papaver*

Für die Opiumgewinnung hat von den verschiedenen *Papaver*arten nur der als officinell anerkannte, einjährige *Papaver somniferum* L. Bedeutung. *Chelidonium majus* L., ebenfalls aus der Familie der *Papaveraceae*, besitzt dem Opium ähnlich wirkende Alkaloide, besonders das Chelidonin, dessen Wirkungsstärke aber nicht dem Opium nahekommt (GESSNER 1953).

Papaver somniferum, als dessen Stamm-pflanze *P. steigerum* D.C. gilt, ist in Zentral- und Klein-Asien und im Mittelmeergebiet beheimatet und wird zur Opiumgewinnung in allen Erdteilen angebaut. Auch in Deutschland kann hochwertiges Opium aus Mohnkulturen gewonnen werden. Da hier aber infolge ungleicher Klimabedingungen große Schwankungen im Alkaloidgehalt hervorgerufen werden, ist der Anbau nicht immer rentabel (GESSNER 1953).

Das Opium bzw. das Morphin wird aus dem Milchsaft entsamter Mohnkapseln gewonnen. Sein Gesamtalkaloidgehalt schwankt zwischen 20 und 25% und besteht aus rund 25 Alkaloiden. Das Hauptalkaloid ist Morphin, die wichtigsten Nebenalkaloide sind Codein, Thebain, Papaverin und Narcotin. Entgegen früheren Annahmen enthält nicht die unreife Kapsel (0,26%), sondern die ausgereifte (0,39%) das meiste Morphin (KÜSSNER 1940). Das Morphin ist ein Phenanthren-derivat, für dessen Bestimmung zahlreiche Methoden (GSTIRNER 1955 und HEEGER-POETHKE 1948) vorliegen. Eine besondere Schwierigkeit liegt dabei in der Abtrennung des Morphins von den anderen im Opium enthaltenen Alkaloiden.

Hinsichtlich morphologischer und phänologischer Unterschiede haben sich in Deutschland 3 Einzelsorten herausgestellt, die im Hinblick auf die Opium- bzw. Morphingewinnung aber nahezu einander gleichwertig sind: „Mahndorfer blausamiger Mohn“, „Peragis Weihenstephaner Mohn“ und „Strubes blauer Mohn“.

Für die Mohnzüchtung sind nach HEEGER-POETHKE (1948) morphologische, anatomische und physiologische Eigenschaften der Pflanzen zu berücksichtigen. Von den morphologischen Merkmalen ist besonders die Kapselform von Bedeutung. So wird hinsichtlich der Opiumgewinnung als besonders leistungsfähige Kapselform die Kugel-Tonnenform angesehen. Nach Untersuchungen von HEEGER-POETHKE (1948) konnten folgende Korrelationen von Kapselform und Morphingehalt ermittelt werden: Kugelform sehr hoher, Tonnenform hoher, Birnenform mittlerer und Langform niedriger Morphingehalt. Dickwandige Kapseln werden als besonders vorteilhaft herausgestellt. Nach DETERMANN (1949) kann die Größe der Fläche der Leitbündel und Milchröhren im Querschnitt der Kapseln als anatomisches Auslesemerkmal für hohen Alkaloidgehalt gelten.

Nach HEEGER-POETHKE (1948) liefern die für die Samen- und Ölgewinnung in Deutschland angebauten blausamigen Schließmohnsorten einen höheren Morphingehalt als die weißsamigen, obwohl als Stamm-pflanze für die Opiumgewinnung in den Opiumproduktionsländern der weißsamige Mohn, *Papaver somniferum* var. *album* D.C., angegeben wird.

Bei einer züchterischen Bearbeitung des Mohns sind nach HEEGER-POETHKE (1948) weiter noch die Verkürzung der Vegetationszeit, die Resistenz gegen *Helminthosporium* (evtl. auf dem Wege der Artkreuzung mit *Papaver Rhoeas* L., dem Gartenmohn), Ausgeglichenheit der Blühdauer, mittlere Wuchshöhe und Standfestigkeit zu beachten.

4 Drogenpflanzen mit andersartigen Hauptwirkstoffen

Groß ist die Zahl weiterer Hauptwirkstoffe, die für therapeutische Zwecke aus Pflanzen gewonnen werden; doch befindet sich unter ihren Trägern keine Art oder Gattung, die in züchterischer Hinsicht bereits eine nähere Beachtung gefunden hat. Das mag vor allem daran liegen, daß diese weiteren Hauptwirkstoffe, wie N-freie Bitterstoffe, Gerbstoffe, Säuren, Mineralstoffe, Vitamine, Schleime (Mucilaginosen) und N-haltige, nicht zyklische und nicht alkaloidische Stoffe, im Vergleich zu den bereits besprochenen Hauptwirkstoffen, den ätherischen Ölen, Glykosiden und Alkaloiden, sowohl zum großen Teil chemisch noch nicht ausreichend bekannt sind, als auch vor allem ihre Beziehung zum pflanzlichen Stoffwechsel sehr unklar ist. Bei sehr vielen, z. T. schon seit alters her bekannten und wichtigen Drogenpflanzen wie z. B. *Sambucus* (Holunder), *Sylibum* (Mariendistel), *Polypodium* (Tüpfelfarn) sind die Hauptwirkstoffe selbst noch nicht genug bekannt. Dessen ungeachtet werden aber viele dieser Arten und Gattungen auch auf größeren Flächen angebaut, wie die Schleimdrogen *Althaea officinalis* L. (Eibisch), *Verbascum thapsiforme* SCHRAD. (Königskerze), *Malva silvestris* L. ssp. *mauritanica* (Käsepappel) und *Althaea rosea* L. (Malve); die Bitterstoffdrogen mit ätherischem Ölgehalt *Calendula officinalis* L. (Gartenringelblume), *Inula Helenium* L.

(Alant) und *Ruta graveolens* (Weinraute). Von diesen genannten Arten u. a. m. bestehen bereits nach HEEGER-BRÜCKNER (1950) zum großen Teil Gruppensorten, durch Auslese nach phänotypischen Merkmalen gewonnen, auf die bei einer züchterischen Bearbeitung vielleicht zuerst zurückgegriffen werden könnte.

Allgemeine Schlußfolgerungen für die züchterische Bearbeitung von Heilpflanzen

Anschließend an die Versuche, den heutigen Stand der Züchtung von Drogenpflanzen zu erfassen und zu skizzieren, gewinnt die Frage über die Möglichkeiten ihrer züchterischen Weiterentwicklung an Interesse. Die großen Schwierigkeiten, die sich in vielen Fällen bei der züchterischen Bearbeitung von Heilpflanzen dadurch ergaben, daß der Selektion von Elitepflanzen Wirkstoffgehaltsbestimmungen mit Hilfe komplizierter chemischer Methoden vorangehen müssen, wurden bereits im Vorhergehenden erwähnt. Diese Untersuchungsmethoden, welche sich infolge ihrer Kompliziertheit mit denen der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung, wie beispielsweise der Zuckergehaltsbestimmung, nicht vergleichen lassen, erfordern eine Zusammenarbeit des Heilpflanzenzüchters mit einem pharmazeutischen Laboratorium und bedingen, daß die Verfahren der modernen landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung nicht direkt auf die Heilpflanzenzüchtung übernommen werden können. Bereits 1935 wurden von RUDORF gewisse Vorarbeiten von Seiten der Pharmakologie gefordert, die sich darauf erstrecken sollten, sowohl die Zuchtziele hinsichtlich der zu gewinnenden Wirkstoffkomponenten und ihrer Zusammensetzung klar abzugrenzen, als auch — wenn möglich — vereinfachte Methoden für die Selektion oder Vorselektion zu entwickeln. RUDORF empfahl jedoch gleichzeitig, mit dem Beginn züchterischer Arbeiten nicht bis zur endgültigen Formulierung der Zuchtziele von Seiten der Pharmakognosie, Pharmakologie und Pharmazie zu warten, sondern die ersten Schritte züchterischer Maßnahmen, wie z. B. die Formentrennung des Materials, die Auslese von Linien mit gutem Ertrag an wertstofftragenden Organen usw., bereits in der Zwischenzeit durchzuführen. Schon dieses Vorhaben muß aber auf Schwierigkeiten stoßen, wenn (wie z. B. bei *Mentha piperita*) die betreffenden Objekte nur vegetativ vermehrt werden können und sich das Material daher genetisch nicht differenzieren läßt, oder wenn positive Korrelation zwischen dem Ertrag an bestimmten Organen (z. B. Blattmasse bei *Digitalis*) und den in ihnen enthaltenen Wirkstoffen nicht ermittelt werden können oder bisher nicht ermittelt wurden. Bei einigen Heilpflanzenarten können allerdings Vorselektionen auf hohe Wirkstoffgehalte indirekt durch Auslese auf Individuen mit bestimmten morphologischen Merkmalen durchgeführt werden. Erklärlicherweise sind es diese Arten, bei deren Bearbeitung sich Ansätze für eine regelrechte Züchtung bemerkbar machen. Beispielsweise wurde von WEILING bei *Mentha* gefunden, daß Pflanzen mit einem geringen Stengelanteil, möglichst vielen Blattwirteln und einer geringen Neigung zur Bildung von Nebentrieben sich als besonders reich an ätherischem Öl erwiesen. Gute Voraussetzungen für eine Vorselektion nach morphologischen Merkmalen sind auch bei Mohn (*Papaver somniferum*) gegeben, da hier nach HEEGER-POETHKE (1948) auf Grund der Ausbildung

ganz bestimmter Kapselformen Rückschlüsse auf die Höhe des Alkaloidgehaltes gezogen werden können. Außerdem kann bei Mohn für die Vorselektion als anatomisches Merkmal die relative Größe des Gefäßbündelquerschnittes Hinweise für einen guten Alkaloidgehalt geben.

Bei der züchterischen Bearbeitung von *Lavandula officinalis* wurde von BAUR (1917), von SCHRATZ (1947), von LANGERFELDT (1954) u. a. m. als Selektionsmerkmal mit Erfolg die Zahl der Einzelblüten pro Pflanze, bedingt durch die Zahl der Scheinquirle pro Blütenschaft sowie die Zahl der Blütenstiele pro Pflanze, benutzt. SCHRATZ und SPANNING (1944) konnten außerdem bei Lavendel durch Auszählung der Drüsenhaare auf den Blüten mit Hilfe einer Lupe gute Anhaltspunkte für eine Auslese auf hohen Ölgehalt gewinnen.

Diese Beispiele für die Möglichkeit, Vorselektionen auf Grund sekundärer Merkmale eines hohen Wirkstoffgehaltes vorzunehmen, lassen sich auf andere Pflanzenarten ausdehnen, ganz besonders auf solche, die ätherisches Öl liefern, z. B. *Matricaria* u. a. m. Damit wären für diese Pflanzenarten die Voraussetzungen erfüllt, nicht nur eine Auslese überhaupt, sondern eine Auslese im Sinne einer modernen Pflanzenzüchtung durchzuführen, d. h. bei selbstbefruchtenden Pflanzenarten eine Individualauslese mit Prüfung der Nachkommenschaft, bei fremdbefruchtenden eine Auslese mit anschließender Bestäubungsregulierung anzuwenden. Mit Hilfe neuerer Verfahren der Bestäubungsregulierung, wie beispielsweise der Restsaatgutmethode oder der Pärchenkreuzung oder der Methoden zur Ermittlung der Kreuzungseignung lassen sich sehr wahrscheinlich noch erhebliche Ertragssteigerungen erzielen, da sie in der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung mit größtem Erfolg angewandt wurden.

Als Anregung für die Versuche, durch das Auffinden geeigneter sekundärer Merkmale die Auslese von wirkstoffreichen Heilpflanzen zu vereinfachen, sind die Arbeiten von WEILING über *Mentha* bedeutungsvoll. Wie bereits an anderer Stelle ausführlich beschrieben wurde, erhielt WEILING vergleichbare Werte für die Höhe des Ölgehaltes durch die Ermittlung des Produktes von Volumen der Öldrüsen und ihrer Dichte auf den Blattflächen, wobei sich der Rauminhalt nach der von WEILING angegebenen Formel aus dem Durchmesser der Öldrüsen, die Drüsendichte durch Auszählung vergleichbarer Blattflächen unter dem Mikroskop bestimmen lassen. Mit Hilfe dieser Methode, für deren Anwendbarkeit genaue Kenntnisse über das Volumen der Öldrüsen und vor allem über die Gesetzmäßigkeiten ihrer Verteilung innerhalb einer Pflanze Voraussetzung sind, erhielt WEILING Werte, die für die verschiedenen Arten von *Mentha* und für verschiedene Klone einer Art erhebliche Unterschiede aufwiesen, und die eine annähernde Übereinstimmung mit den durch Destillation gewonnenen zeigten. Infolgedessen bestehen die Voraussetzungen, die WEILING als Arbeitshypothesen angenommen hatte, beispielsweise, daß innerhalb der Einzelpflanzen der Füllungszustand der Drüsen annähernd konstant ist, offensichtlich zu Recht. Es ist anzunehmen, daß diese Methode dazu beitragen kann, den Auslesevorgang zu vereinfachen, zumal sich nach WEILING die notwendigen Messungen auch an Herbarmaterial durchführen lassen. Darüber

hinaus besteht die berechtigte Hoffnung, daß volumetrische Bestimmungen auch bei anderen Pflanzen, die ätherisches Öl liefern, zumindest bei denen aus der Familie der Labiaten, von Erfolg sein könnten, wobei allerdings auch hier genaue Untersuchungen über die Öldrüsenverteilung auf der Pflanze, über ihre Variationsursachen und ihre Beeinflussbarkeit durch Umweltfaktoren voranzugehen hätten. Sie könnten bei diesen anderen ätherisches Öl liefernden Pflanzen möglicherweise sogar eine wirkungsvollere Anwendung als bei *Mentha* finden, da *Mentha piperita* als Tripelbastard weitgehend steril ist, infolgedessen fast ausschließlich vegetativ vermehrt wird und sich daher — im Gegensatz zu den anderen Labiaten — nicht genetisch bearbeiten läßt. Einschränkend muß allerdings daran erinnert werden, daß jede volumetrische Bestimmung des Ölgehaltes nur zur Vorselektion dienen kann, da Aussagen über die Qualität des Öls der chemischen Analyse vorbehalten bleiben.

Außer der schweren Erfassbarkeit der Auslesemerkmale wird durch deren besonders starke Umweltabhängigkeit die Züchtung von Arzneipflanzen sehr erschwert. Selbst wenn zur Bestimmung des Wirkstoffgehaltes chemische Analysen vorgenommen werden, muß es als fraglich erscheinen, ob damit tatsächlich in allen Fällen echte, erbliche Einzelpflanzenunterschiede aufgedeckt werden können, wenn diese Einzelpflanzen einer Sämlingspopulation entstammen. Weit sicherere Werte ließen sich erhalten, wenn die Auslese von Einzelpflanzen nicht auf Grund des Einzelwertes einer Einzelpflanze, sondern auf Grund mehrerer, versuchs-statistisch geprüfter Einzelwerte von verschiedenen Pflanzen eines Klons dieser Einzelpflanzen erfolgen würde. Von der Möglichkeit, die vegetative Vermehrung von Einzelpflanzen als Hilfsmittel der Züchtung — vor allem für eine bessere Beurteilung von Umwelteinflüssen — sinnvoll zu verwenden, wurde aber in der Heilpflanzenzüchtung bisher wenig Gebrauch gemacht, abgesehen von Pflanzen, die — wie beispielsweise *Mentha* — ohnehin vegetativ vermehrt werden. Zweifellos lassen sich viel mehr Heilpflanzen vegetativ vermehren, als man herkömmlicherweise zu glauben geneigt ist. Nach bisher unveröffentlichten Versuchen des Institutes für Gärtnerische Pflanzenzüchtung in Hannover können beispielsweise bei *Digitalis purpurea* ohne Schwierigkeiten Klone durch Blattstecklinge hergestellt werden, wenn diese Stecklinge am Blattgrund ein Auge enthalten.

Eine andere Möglichkeit zur Verminderung von Auslesefehlern infolge von mißverstandenen Analysenwerten bietet sich in der Herstellung von Inzuchtlinien. Zumindest bei allen fremdbefruchtenden Heilpflanzen wäre im Rahmen einer modernen Züchtungsmethodik die Verwendung von Inzuchtlinien anstelle der bisherigen Landsorten oder Herkünfte unbedingt notwendig. Die Einengung der genetischen Variabilität infolge von Halbgeschwisterpaarung oder — wenn möglich — Selbstbestäubung hätte zur Folge, daß bei dem Vergleich der Analysenwerte verschiedener Inzuchtlinien echte erbliche Leistungsunterschiede mit weit größerer Sicherheit aufgedeckt werden könnten, als es beim Vergleich der Analysenwerte von Einzelpflanzen möglich ist. Da in den meisten Fällen die chemischen Analysen zur quantitativen und qualitativen Wirkstoffbestimmung recht kompliziert sind, würde es sich im Sinne einer Inzucht-Heterosis-

züchtung empfehlen, auf eine Wirkstoffbestimmung der Inzuchtlinien überhaupt zu verzichten und anstelle dessen erst die Heterosisgeneration zu untersuchen, diese allerdings mit aller nur möglichen Sorgfalt. Die Durchführung dieses Vorschlages für die züchterische Bearbeitung fremdbefruchtender Heilpflanzen würde eine Reihe von Jahren beanspruchen und wäre außerdem eine Frage der Organisation: Möglichst viele Inzuchtlinien aus verschiedenen Herkünften müßten von den Interessenten hergestellt und die Paarungen, Vorprüfungen und Prüfungen zentral gelenkt bzw. vorgenommen werden.

Als Beispiel für die Durchführbarkeit eines derartigen Vorhabens sei *Digitalis* erwähnt: Die Herstellung von Inzuchtlinien ist hier durch Selbstung möglich, die Kreuzungen können mit Leichtigkeit durchgeführt werden und die Samenkapseln enthalten zahlreiche Samen. Da *Digitalis* — wie bereits berichtet wurde — außerdem ohne Schwierigkeiten geklont werden kann (festgestellt allerdings nur für *Digitalis purpurea*), scheint dieses Objekt für die Heterosiszüchtung besonders gut geeignet zu sein, abgesehen von dem einen Nachteil, der Zweijährigkeit. Die Bestimmungen des Wirkstoffgehaltes, die bei *Digitalis* weniger durch chemische, sondern vorwiegend durch physiologische Untersuchungen erfolgen, begrenzt die Zahl der Analysen, so daß Massenuntersuchungen kaum durchführbar sind. Eine Methode, die sich wie die Inzucht-Heterosiszüchtung auf ein relativ geringes Maß von Analysen beschränken würde, wäre hier also nicht nur von Vorteil, sondern einfach notwendig.

In der Literatur, die über züchterische Arbeiten an Heilpflanzen berichtet, sind Angaben über Polyploidisierungsversuche relativ zahlreich. Diese Tatsache ist insofern erstaunlich, als gerade bei Heilpflanzen die züchterische Bearbeitung eines polyploiden Materials besonderen Schwierigkeiten ausgesetzt ist, die Möglichkeiten aber, durch einfachere Züchtungsmethoden die entsprechenden diploiden Ausgangsformen zu verbessern, bisher nur wenig genutzt wurden. Bei den polyploiden Formen hat man zu beachten, daß die Aufspaltungen der Merkmale viel komplizierter sind und dadurch auch die Reinzüchtung von Sorten ganz erheblich erschwert wird. Hinzu kommt, daß durch die Polyploidie sehr häufig auch das harmonisch ausbalancierte System der die Entwicklung eines Organismus bestimmenden Erbfaktoren gestört wird. Hieraus resultiert die nach Polyploidisierung häufig beobachtete Verschiebung der einzelnen Wertstoffkomponenten einer Arzneipflanze mit den dabei auftretenden unerwünschten Nebenerscheinungen.

Daraus erklärt sich vermutlich, daß in der Literatur zwar mehrfach von einzelnen wirkstoffreichen, durch Colchizinierung erzeugten Heilpflanzen berichtet wurde (z. B. *Atropa* (ROWSON 1945), *Lobelia* (STEINEGGER 1948) usw.), daß aber leistungsfähige, allen Anforderungen gerecht werdende Sorten, die sich inzwischen daraus entwickelt haben können, kaum bekannt sind. Die Schwierigkeit liegt also — wie bei allen Polyploidieversuchen — weniger in der Erzeugung eines polyploiden Materials mit Hilfe des Colchicins, als vielmehr in der Durchzüchtung und Entwicklung anbauwürdiger Sorten.

Als Beispiel dafür, daß auch in viel einfacherer Weise bei diploiden Formen die durch die Polyploidie

zu erzielenden Verbesserungen erreicht werden können, ist die vom Institut für Pflanzenzüchtung in Bernburg/Saale gezüchtete neue Sorte von *Datura Stramonium* zu nennen. Trotz ihres Gigaswuchses und ihres hohen Alkaloidgehaltes war sie nicht polyploid (EISENHUTH 1953). Abgesehen von einigen Arten, bei denen die Polyploidieeffekte besonders erfolgversprechend zu sein scheinen, wie z. B. *Achillea millefolium*, empfiehlt es sich daher wahrscheinlich mehr, zunächst Polyploidieversuche zurückzustellen und dafür das diploide Material züchterisch intensiver zu bearbeiten.

Wichtiger und erfolgreicher als die Erzeugung autopolyploider Formen ist das Fertilmachen steriler Artbastarde. Hier hat sich das Colchicin als wertvolles Hilfsmittel in der züchterischen Praxis bewährt. Als Beispiel sei *Mentha piperita* genannt, eine Art, die infolge ihres Tripelbastardcharakters fast völlig steril ist und die fast ausschließlich vegetativ vermehrt wird. Sowohl aus anbautechnischen als vor allem auch aus züchterischen Gründen wäre es außerordentlich vorteilhaft, diese Art durch Samen vermehren und sie damit genetisch analysieren und verbessern zu können. Der Versuch, amphidiploide *Mentha piperita* künstlich herzustellen, wurde bereits von GLOTOV (1940) mit Erfolg durchgeführt, doch fehlen auch hier Angaben über die weitere Bearbeitung des amphidiploiden Materials.

In den *Digitalis*-Arten *mertonensis* (BUXTON und DARLINGTON 1931, aus *D. purpurea* × *D. ambigua*) und *santacatalinensis* (OLAH 1952, aus *D. lanata* × *D. lutea*) haben wir ebenfalls Beispiele für die gelungene Erzeugung amphidiploider fertiler Artbastarde. Wie durch amphidiploide Bastarde Fortschritte in der Heilpflanzenzüchtung erzielt werden können, zeigen die von SNEGIREW (1939, zit. nach HEEGER 1947) erzeugten Bastarde zwischen *Ocimum canum* und *O. gratissimum*. Bei diesen Bastarden lagen als Folge der Amphidiploidie die Wirkstoffe in einer völlig neuen Konstitution vor.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß sich trotz des Fehlens geeigneter Schnelluntersuchungsmethoden für die Bestimmung der Wirkstoffgehalte zahlreiche Möglichkeiten für eine intensivere Züchtungsarbeit an Heilpflanzen bieten. Da sich nicht absehen läßt, ob diese Schnelluntersuchungsmethoden infolge der Vielfalt der Probleme jemals von der Pharmakologie an den Züchter übergeben werden können, gilt die Empfehlung von RUDOLF aus dem Jahre 1935, in der vorgeschlagen wird, wenigstens die bereits vorhandenen Möglichkeiten der Heilpflanzenzüchtung voll auszunutzen, noch heute.

Literatur

1. APPL, J.: Mitteilungen über die Aufspaltung des Bastardes *Origanum majorana* × *O. vulgare*. Mittlg. d. tschl. Akad. d. Landw. VI (1930). — 2. APPL, J.: Die Vererbung des Geschlechtes beim Gartenmajoran. *Genetica* XIV (1932). — 3. APPL, J.: Züchtungsarbeiten bei Heil- und Gewürzpflanzen. Heil- u. Gewürzpfl. 27, 41 (1936/37). — 4. AUGEM, A.: Les glucides des Iris. Diss. Paris 1928. — 5. AUTERHOFF, H.: Die chemische Wertbestimmung des Rhabarbers. Deutsche Apothekerztg. m. Südd. Apothekerztg. 91, 415 (1951). — 6. BAUER E.: Die Entstehungsgeschichte unserer Kulturpflanzen im Licht der neuen Forschung und die Folgerungen, die wir daraus für die Kultur und Züchtung der Arzneipflanzen ziehen können. Ber. d. dtsh. pharmaz. Ges. 248. Sitzung, Berlin, 1917. — 7. BAUER, K. H. und R. POULHOUBEK: Arzneipflanzenanbau und pharmazeutische Chemie. Phar-

maz. Zentralhalle 221 (1934). — 8. BIERNACKI, S.: Roszn. Farm, 177 (1923), zit. n. GESSNER, (1953). — 9. BLAKESLEE, A. F.: Über die Kontrollierung der Alkaloide durch Gene. J. Pharm. 18 (1945). — 10. BLAŽEK, Z. und M. KUŽERA: Der Einfluß verschiedener Trocknungsarten auf den Gehalt an azulenogenen Stoffen bei Flores Chamomillae I. Pharmazie 7, 107 (1952). — 11. BODE, H. R.: Der Einfluß des Lichtklimas auf die Eigenschaften der Droge b. *Salvia officinalis*. Heil- u. Gewürzpfl. 19, 37 (1940). — 12. BORIANI, A.: Giorn. chin. Med. 21, 686 (1940), zit. n. GESSNER, (1953). — 13. BOSHAUT, K.: Die *Digitalis*-pflanze als Gegenstand pflanzenbaulicher Forschung. Hippokrates 9, 89 (1938). — 14. BOSHAUT, K.: Düngungsversuche mit Fingerhut. Heil- u. Gewürzpfl. 17, 97 (1936/37). — 15. BRANDT, C.: Beitrag zur Kenntnis d. pharmazeutischen u. morphologischen Eigenschaften einiger Lobelienarten. Ber. d. Schw. Bot. Ges. 61, 67 (1951). — 16. BRUCKNER, J.: Über die Bastardnatur der *Mentha piperita* L. (anat. Unters.). Angew. Botanik 10 (1928). — 17. BUKATSCH, F.: Vitamine und Hormone 4, 192 (1943), zit. n. GESSNER (1953). — 18. BUXTON, B. H. und W. C. T. NEWTON: Hybrids of *Digitalis* J. Gen. 79, 269 (1928). — 19. BUXTON, B. H. und A. DARLINGTON: Behaviour of a new species *Digitalis mertonensis*. Nature 127, 94 (1931). — 20. CAYEUX, H.: Nouvelles *Digitalis* Hybridées. Revue Horticole Paris 122, 156 (1950). — 21. CIONGA, E.: Acad. Sci. 200, 780 (1935), zit. n. GESSNER (1953). — 22. CLEVINGER, I. F. Ber. d. dtsh. pharmaz. Ges. 66, 749 (1933), zit. n. GSTIRNER (1955). — 23. CLEVINGER, I. F.: Journ. Amer. Pharm. Assoc. 21, 30 (1932), zit. n. GSTIRNER (1955). — 24. COLIN, H.: Über den Einfluß des Chemismus der Pflanzen für die Kombinationseignung. Rev. Gén. Sc. 46, 699 (1935). — 25. DAFERT, C. und K. ENGLISCH: Notiz über die Verwendung künstlicher Düngemittel bei *Digitalis lanata*. Heil- u. Gewürzpfl. 8, 176 (1925). — 26. DAFERT, O. und R. KUJZDA: Vorläufige Mitteilung über die Bestimmung geringer Mengen ätherischer Öle in Drogen auf hämolytischem Wege. Heil- u. Gewürzpfl. 9, 199 (1927/28). — 27. DAFERT, O. und J. RUDOLF: Der Einfluß verschiedener Düngung auf die Menge der wertbildenden Stoffe bei Koriander, Anis, Kamille und Paprika. Heil- u. Gewürzpfl. 8, 83 (1925). — 28. DEKAY und JORDAN: J. Amer. Pharm. Assoc. 316 (1934), zit. n. GSTIRNER (1955). — 29. DELCEV, G.: A form of *Belladonna* with a high alkaloid content. Izv. Inst. Rastenievädstov, Sofia, 105—20 (1954). Referat: Plant br. abstr. 25, 104 (1954). — 30. DETERMANN, W.: Über den Zusammenhang zwischen Alkaloidgehalt und Zahl und Größe der Milchrohren in den Kapseln des *Papaver somniferum*. Ztschr. f. Pflanzenzüchtg. 23, 71 (1949). — 31. DEUFEL, J.: Der Azulengehalt tetraploider Schafgarben. Pharmazie 9, 756 (1954). — 32. DIEKMANN, A.: Die chemische Bestimmung der herzwirksamen Glykoside von *Digitalis* und ihr Gehalt in den Blättern. Diss. Hamburg (1950). — 33. DIJKSTRA, S. P.: Verbeterde uitvoering van de door Hegnauer en Flick ontworpen methode voor de snelle bepaling van het alkaloidgehalte van Solanaceen-drogerijen. Pharm. Weekbl. 86, 129—133 (1951), zit. n. ELZENGA (1956). — 34. DORSEN, A.: Pharm. Weekblad III (1935), zit. n. GESSNER (1953). — 34a. DRUCKREY, H. und G. KÖHLER: Naunyn-Schmiedeberg's Archiv Pathol. Pharmacol. 183, 106 (1936) zit. n. GESSNER (1953). — 35. EISENHUTH, F.: Eine *Datura stramonium*-Neuzüchtung mit hoher Ertragsleistung. Pharmazie 8, 682 (1953). — 36. ELZENGA, G.: Influence of the temperature on growth and alkaloid content of first-year *Atropa belladonna* L. Euphytica 5/3, 259 (1956). — 37. ELZENGA, G., L. SMEETS, und J. W. De BRUYN: Influence of the temperature on growth and alkaloid content of first-year *Atropa belladonna* L. Euphytica 5/3, 276 (1956). — 38. ESPORN, I.: Untersuchungen über den Alkaloidgehalt von *Lobelia inflata*. Heil- u. Gewürzpfl. 19, 1 (1940). — 39. FAIRBAIRN, J. W. und M. R. S. SALEH: J. Pharm. Pharmacol. 3, 918 (1951), zit. n. GSTIRNER (1955). — 40. FEIST, K.: *Matricaria discoidea*. Dtsch. Apothekerztg. 1157 (1934). — 41. FROESCHEL, P. und R. CLAYES: Création des formes polyploides des plantes médicinales. J. d. pharm. Belg. 9—10, 241 (1949). — 42. FROMME: Jahresber. d. Fa. Caesar & Loretz 269 (1924), zit. n. GSTIRNER (1955). — 43. GESSNER, O.: Die Gift- u. Arzneipflanzen von Mitteleuropa. 3. Aufl. Heidelberg 1953. — 44. GLO-

- rov, W.: Amphidiploid fertile form of *Mentha piperita* L. produced by colchicine treatment. C. R. Doct. Acad. Sci. USSR n. s. 28 (1940), Referat: Gartenbauwiss. 16, 39 (1941). — 45. GRAHLE, A.: Die ätherischen Öle der *Mentha piperita*. Vortrag anl. d. 3. Arbeitstag. d. dtsh. Ges. f. Arzneipfl.forsch.- u. Therapie e.V. Bad Harzburg 1955. — 46. GSTIRNER, F.: Prüfung u. Verarbeitung von Arzneidrogen. I. Bd. Berlin 1955. — 47. GYÖRFFY, B. und G. MELCHERS: Die Herstellung eines fertilen amphidiploiden Artbastardes *Hyoscyamus niger* × *H. albus* durch Colchizinbehandlung. Naturwiss. 33, 547 (1938). — 48. HAAS, H. und A. HOLTZEM: Naunyn-Schmiedebergs Arch. exp. Pathol. Pharmacol. 206, 660 (1949), zit. n. GESSNER (1953). — 49. HAASE-BESSELL, G.: *Digitalis*-Studien. Ztschr. f. Induktive Abstammungs- u. Vererbungslehre 16, 293 (1916), 26, 1 (1922), 42, 1 (1926). — 50. HAFNER, F.: Med. Welt 271 (1929), zit. n. GESSNER (1953). — 51. HAGBERG, A.: Genotype and phenotype in alkaloid content in lupines. Hereditas 36 (1950). — 52. HARMS, H. und E. SCHNEIDER: Einführung in die wissenschaftl. Heilpflanzenkunde. Dtsch. Heilpfl. 6, 21 (1941). — 53. HEEGER, E. F.: Ein Beitrag zur Kenntnis der Glykosidpflanzen *Digitalis purpurea* und *D. lanata*. Forsch. Dienst 7, 367 (1939). — 54. HEEGER, E. F.: Die Kamille. Pharmazie I, 211 (1946). — 55. HEEGER, E. F. und W. POETHKE: Die in der Heilkunde gebräuchlichen *Digitalis*-arten. Pharmazie I, 166 (1946). — 56. HEEGER, E. F.: Heil- und Gewürzpflanzenzüchtung. Pharmazie 2, 368 (1947). — 57. HEEGER, E. F., W. POETHKE und K. H. BAUER: *Salvia officinalis*. Pharmazie 2, 247 (1947). — 58. HEEGER, E. F. und W. POETHKE: *Papaver somniferum*. Pharmazie Erg. Bd. I, Beih. 4 (1948). — 59. HEEGER, E. F. und K. BRÜCKNER: Arten- u. Sortenkunde der dtsh. Heil- u. Gewürzpflanzen. I. Bd. Berlin 1950. — 60. HEGI, G.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. München 1931. — 61. HEGNAUER, R. und H. FLÜCK: Versuche zur Herstellung hochwertiger Heilpflanzen. I. Mittlg. *Datura stramonium* u. *D. tabula*. Pharma acta Helv. 24, 1 (1949). — 62. HEGNAUER, R. und H. FLÜCK: Umwelt- und erntebedingte Schwankungen im Carvongehalt beim Kümmel. Pharma acta Helv. 24 (1949). — 63. HEGNAUER, R.: Der Alkaloidgehalt tetraploider *Daturapflanzen*. Pharma acta Helv. 12. Mittlg. 26, 188 (1951). — 64. HEGNAUER, R.: Über den ätherischen Öl- und Carvongehalt einheimischer Minzearten. Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. 63, 90 (1953). — 65. HEMBERG, F. und H. FLÜCK: Die Tagesperiodizität des Alkaloidgehaltes. Pharma acta Helv. 28 (1953). — 66. HERRMANN, H.: Über Resorption und Ausscheidung der Wurmmittel. Diss. Hamburg 1941. — 67. HIMMELBAUER, W. und W. HINDES: Über den Erbgang bei der Minze. Heil- u. Gewürzpfl. 11 (1928). — 68. HOFFMANN, F.: Über den Einfluß einiger Bodenarten auf Wachstum und Gehalt der Arzneipflanzen. Diss. Bern 1949. — 69. IHBE, H.: Populationsanalyse von *Valeriana officinalis* Herc L. Diss. Zürich 1937 und Dtsch. Heilpfl. 3 (1937) ff. — 70. JAMES, W. U.: Oxford Medicinal Plants Scheme. Annual Report 1942/43, zit. n. ROWSON (1945). — 71. JAMES, W. U.: The Alkaloids. Bd. I New York 1950. — 72. JARETZKY, R. und H. ULRICI: Die Wirksamkeit verschiedener *Digitalis*-arten am gleichen Standort. Dtsch. Heilpfl. 4, 72 (1938). — 73. JUNKMANN, K. und W. WICHOWSKY: Naunyn-Schmiedebergs Arch. Pathol. Pharmacol. 144, 1 (1929), zit. n. GESSNER (1953). — 74. KAISER, H. und H. FREY: Neue Ergebnisse für die Beurteilung des Rein-Azulengehaltes von *Matricaria chamomilla*. Dtsch. Apothekerztg. 53, 1403 (1938). — 75. KALITZKY, M.: Untersuchungen über die Änderung der ätherischen Öle von *Mentha piperita* und *Anethum graveolens*. Pharmazie 9, 61 (1954). — 76. KEEBLE, F. and C. PELLEW: The inheritance of Peloria and flowercolour in Foxglove (*Digitalis purp.*). Ztschr. f. Ind. Abst.- u. Vererbungslehre 9, 294 (1911). — 77. KOCH, K.: Untersuchungen über den Azulengehalt in *Flores Chamomilla*. Archiv d. Pharmazie 280, 44 (1942). — 78. KOELLE, G.: Untersuchungen über Drüsenschuppen und ätherischen Ölgehalt von tetraploidem Blattmajoran. Pharmazie 8, 525 (1953). — 79. KOFLER, L. und F. KRAEMER: Über den wirksamsten Zerkleinerungsgrad von Drogen. Archiv d. Pharmazie 296, 416 (1931). — 80. KOFLER, L.: Scientia Pharmaceut. 106 (1936), zit. n. GESSNER (1953). — 81. KOTUKOV, G. N.: Obtaining interspecific hybrids in genus *Digitalis*. Bot. Z. Moskva 38 (1953). — 82. KREITMAIER, H.: Pharmazie 2, 421 (1947), zit. n. GESSNER (1953). — 83. KREYER, K. G.: Arznei-Baldrian in Europa und Kaukasus. Bull. of Appl. Botany of Genetics and Plantbreeding 23 (1930). — 84. KROEBER, L.: Das neuzeitliche Kräuterbuch. 4. Aufl. Stuttgart 1948. — 85. KUNERT, K. G.: Über den Azulengebilde der *Matricaria Chamomilla* L. Pharmazie 6, 54 (1951). — 86. KÜSSNER, W.: Über Belladonna. Archiv d. Pharmazie 276, 617 (1938). — 87. KÜSSNER, W.: Über den Alkaloidgehalt von Mohnkapseln. Mercks Jahresber. 29 (1940). — 88. LANGERFELDT, J.: Zur Frage der Selektion hochwertiger Arzneipflanzenstämme, Planta medica 2, H. 2 (1954). — 89. LASAK, G. J. und D. P. SNEGIREW: Breeding and seed-growing of lavender. Selekeja i Semenovodstvo 6 (1952), Referat: Plant breed. abstr. 23, II (1953). — 90. LINNERT, G.: Untersuchungen über die Zytologie polyploider Pflanzen. Chromosoma 3, 399 (1950). — 91. LVOV, N. A. and S. V. JAKOVLEVA: Study on the breeding of peppermint. Bull. of appl. Botany, Genetic and plantbreeding 23, Nr. 1, (1930). — 92. MADDAUS, G.: Lehrbuch der biologischen Heilmittel. Leipzig 1938. — 93. MANNICH, C. und W. SCHNEIDER: *Digitalis orientalis*. Archiv d. Pharmazie 279, 223 (1941). — 94. MICHAELIS, P.: Zur Kenntnis einiger *Digitalis*-bastarde. Biolog. Zentralbl. 51, 124 (1931). — 95. MILLER, O. H. and L. FISHER: J. Pharm. Ass. 35, 23 (1946), zit. n. GSTIRNER (1955). — 96. MORITZ, O.: Die ätherischen Öle. Moderne Methoden der Pflanzenanalyse. Bd. 3 Berlin 1955: Paech & Tracey. — 97. MOTHES, K. und A. ROMEIKE: Über die Anhäufung von Alkaloiden in Organen der Speicherung und Reproduktion. Biolog. Zentralbl. 70 (1951). — 98. MOTHES, K.: Über neue Forschungen an Alkaloidpflanzen. Planta medica, H. 6, 200 (1954). — 99. MOTHES, K., A. ROMEIKE u. H. B. SCHRÖTER: Über Mutationsversuche an Alkaloidpflanzen. Naturwiss. 42, 214 (1955). — 100. NAVES, I. R. und E. PERROTTET: Etudes sur les matières végétales volatiles XIII. Helv. Chim. Acta 24, 3 (1941). — 101. NEILSON, J.: Species Hybrids of *Digitalis*. Journ. Gen. 2, 71 (1914). — 102. NEUWALD, F.: Digitoxin, ein Diskussionsvorschlag. Ztschr. f. Arzneimittelforsch. I, 241 (1951). — 103. NISOLI, A.: Untersuchungen über die Wertbestimmung und Kulturversuche an *Datura innoxia*. Diss. Zürich 1950. — 104. OETTEL, H.: Med. Klinik 1628 (1939), zit. n. GESSNER (1953). — 105. OLÄH, L.: Genom mutations in the Medicinal Plants *Datura Stramonium* and *Digitalis lanata* × *D. lutea* = *D. santacatalinensis* n. sp. art. Lilloa 25 (1952). — 106. OXINK, P.: The amphidiploid Hybrid *Digitalis purpurea* × *D. ambigua*. Z. Inst. bot. Akad. Nauk USSR 21/22, 177 (1939). — 107. PAECH, K.: Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe. Berlin 1950. — 108. PAECH, K. und M. V. TRACEY: Moderne Methoden der Pflanzenanalysen. 3. Bd. Berlin 1955. — 109. QUEDNOW, H.: Vergleichende Untersuchungen der sedativen Wirkung von *Radix Valerianae officinalis* und *Radix V. sambucifolia*. Diss. Hamburg 1947. — 110. REGNART, H. C.: Studies on Hybrids of the genus *Digitalis*. Genetica 17 (1935). — 111. RIPPENBERGER, W.: Über Heilpflanzen. Dtsch. Heilpflanze 8, 66 (1938). — 112. ROMEIKE, A.: Die Bildung von Alkaloiden in der Pflanze. Die Umschau 55, H. 20 (1955). — 113. ROSENTHAL, Chr.: Über den Azulengehalt verschiedener Herkünfte der Schafgarbe. Archiv d. Pharmazie 279, 34 (1941). — 114. ROTERMEL, A. K.: Kampfergewinnung aus *Ocimum canum*. Pharmaz. Ztg. 337 (1935). — 115. ROWSON, J. M.: Increased Alkaloidcontents of Induced Polyploids of *Datura*. Nature 154. London (1944). — 116. ROWSON, J. M.: Increased Alkaloidcontents of induced Polyploids of *Datura*, *Atropa* and *Hyoscyamus*. J. Pharm. 18 (1945). — 117. RUDORF, W.: Züchtung von Arzneipflanzen. Dtsch. Heilpflanze II, 61 (1935). — 118. RUDORF, W. und P. SCHWARZE: Polyploidie-Effekte bei *Datura tabula*. Planta 39, 36 (1951). — 119. RUHEMANN, S. und K. LEWY: Ber. d. dtsh. pharm. Ges. 60, 2459 (1927), zit. n. GESSNER (1953). — 120. RUNGE, P.: Das deutsche Arzneibuch 6 in der Praxis des Apothekers, Pharm. Zeitg. 117 (1930). — 121. RUSICKY, W.: Acta poln. pharm. 46 (1938), zit. n. GESSNER (1953). — 122. RÜTTLE, U.: Cytological and embryological studies on the genus *Mentha*. Gartenbauwiss. 4, 428 (1931). — 123. SACHS, v. E.: Zentralbl. inn. Med. 849 (1937), zit. n. GSTIRNER (1955). — 124. SCHENK, G.: Versuche zur Erzeugung

einer polyploiden *Mentha piperita* durch Colchicin und Azenaphthen. Dtsch. Heilpfl. 7 (1941). — 125. SCHINZ, H. und C. SEIDEL: Zur Kenntnis des Lavendelöls I. Helv. Chim. Acta 25, 1572 (1942). — 126. SCHLEMMER, F. und R. SPRINGER: Qualitätsbeurteilung von Pfefferminzblättern. Pharm. Zentralhalle 79, 772 (1938). — 127. SCHMID, W.: Zur Wertbestimmung von Anthraglykosiddrogen. Dtsch. Apothekerztg. m. Südd. Apothekerztg. 91, 452 (1951). — 128. SCHRATZ, E.: Probleme der Arzneipflanzenzüchtung. Dtsch. Apothekerztg. 212 (1942). — 129. SCHRATZ, E. und SPANNING: Die Anzahl der Drüsenhaare als Maßstab für den Ölgehalt der Lavendelblüten. Dtsch. Heilpfl. 10, 1 (1944). — 130. SCHRATZ, E.: Die Blühwilligkeit des Lavendels als Auslesemerkmal. Pharmazie 2, 178 (1947). — 131. SCHRATZ, E.: Arzneipflanzenanbau. Hannover 1949. — 132. SCHÜRHOFF, D. N.: Zytologische und genetische Untersuchungen an *Mentha*. Arch. d. Pharmazie 267, 515 (1929). — 133. SCHÜRHOFF, D. N.: Pharmakozytologie und Genetik. Tschirch's Handbuch für Pharmakognosie 2. Aufl., I. Teil, 2. Abtlg. Leipzig 1932. — 134. SCHWANITZ, F.: Zur Genetik der Blütenfärbung bei *Digitalis purpurea*. Der Züchter 27/3, 150 (1957). — 135. SIEVERS, A.: Some Effects of Selection on the Production of Alkaloids in Belladonna. J. Agric. Record I (1914). — 136. SIEVERS, A.: Individual Variation in the Alkaloidcontent of Belladonna plants. N. States Dep. of Agr. Bur. of Plant Ind. Bull. 306 (1915). — 137. SØBERENSEN, et al.: Meddelesker Norsk. Farm. Selskap (1945), zit. n. HEGNAUER u. FLÜCK (1949). — 138. STAHL, E.: Mikro-Azulenachweismethode für Schafgarbe. Dtsch. Apothekerztg. m. Südd. Apothekerztg. 93, 197 (1953). — 139. STEIGERWALD, E.: Über die Gründe der Qualitätsschwankungen bei verschiedenen Arzneipflanzen. Dtsch. Apothekerztg. 93, 487 (1953). — 140. STEINER, M. und I. HOCHHAUSEN: Parallele Veränderungen von Blattform und Chemismus bei somatischen Mutationen von *Mentha*. Der Züchter 47 (1954). — 141. STEINEGGER, E.: Heteroploidieversuche an Arzneipflanzen. 3. Mittlg. *Lobelia inflata*. Pharma acta Helv. I, 23 (1948). — 142. STEINEGGER, E.: Amphidiploidie in der Gattung *Datura*. 10. Mittlg. Pharma acta Helv. 25, 189 (1950). — 143. STEINEGGER, E.: Pharma acta Helv. 25, 237 (1950). 11. Mittlg. — 144. STEINEGGER, E.: Chromosomenverdopplung. Pharma acta Helv. 27, 251 (1952), 14. Mittlg. — 145. STEINEGGER, E.: Kombinationsversuche mit tetraploidem Material. Pharma acta Helv. 27, 303 (1952), 15. Mittlg. — 146. STEINEGGER, E.: Untersuchungen über die Vererbung des Alkaloidgehaltes. Pharma acta Helv. 27, 311 (1952), 16. Mittlg. — 147. STEINEGGER, E.: Wie läßt sich die Erhöhung des Alkaloidgehaltes durch Polyploidie erklären? Pharma acta Helv. 27, 351 (1952), 17. Mittlg. — 148. STEINEGGER, E.: Blattansatz- u. Ausbildung bei den Amphidiploiden. Pharma acta Helv. 28, 33 (1953), 18. Mittlg. — 149. STEINEGGER,

E.: Die Fruchtbarkeit der Hybriden. Pharma acta Helv. 28, 90 (1953), 19. Mittlg. — 150. STEINEGGER, E.: Der Alkaloidgehalt der Hybriden. Pharma acta Helv. 28, 143 (1953), 20. Mittlg. — 151. STEINEGGER, E.: Lassen sich Gesetzmäßigkeiten im Verhalten der F₁- und F₂-Generation amphidiploider *Datura*-Pflanzen erkennen? Pharma acta Helv. 28, 178 (1953), 21. Mittlg. — 152. STEINEGGER, E.: Über den Einfluß der Tetra- und Diploidie auf den Alkaloidgehalt bei Pflropfungen. Pharma acta Helv. 29, 141 (1954), 22. Mittlg. — 153. STEINEGGER, E. und F. GESSLER: Der Einfluß von Antibiotica auf Wachstum und Wirkstoffgehalt bei *Datura*. Pharma acta Helv. 29, 256 (1954). — 154. STEINEGGER, E.: Kreuzungsabnormitäten bei *Datura*. Pharma acta Helv. 29, 378 (1954), 24. Mittlg. — 155. STEINEGGER, E. und F. GESSLER: Alkaloidbiogenese bei *Datura innoxia*. Pharma acta Helv. 30, 115 u. 279 (1955). — 156. SIMONET, M.: Recherches cytologiques et genetiques chez les Iris. Diss. Paris 1932. — 157. STOLL, A. und W. KREIS: Über die Bedeutung der Reindarstellung von Glykosiden. Schw. med. Wchschr. 70, Nr. 25 (1940). — 158. SUZUKA, O.: Tetraploid *Datura Stramonium*. Ikuskugaku Basski, Japan. J. Breeding (1952). Referat: Plant breeding abstr. 23, 307 (1953). — 159. SWIRLOWSKY, E.: Hybridologische Studien in der Gattung *Digitalis*. J. Gen. 38, 533 (1939). — 160. SZOMOLANYI, Ber. ungar. Pharm. Ges. 18, 294 (1942), zit. n. GESSNER (1953). — 161. TISCHLER: Die Chromosomenzahlen der Gefäßpflanzen Europas. 's-Gravenhage 1950. — 162. TSCHIRCH, A. N.: Sitzungsber. d. Bern. Bot. Ges. Sitzung am 23. 10. 1922 (zit. n. Schimmel & Co. Ber. 1924, Miltitz). — 163. TSCHIRCH, A. N.: Handbuch der Pharmakognosie. 2. Aufl. Leipzig 1932. — 164. VOLLMER, H.: Naunyn-Schmiedebergs Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 176, 207 (1934), zit. n. GESSNER (1953). — 165. WALLACH, A.: Züchtungs- u. Anbauversuche mit Medizinalkraut. Archiv d. Pharm. 279, 393 (1941). — 166. WEBER, O.: Lehrbuch der Pharmakognosie 7. Aufl. Jena 1949. — 167. WEBER, U. und E. WEGENER: Methodenbuch. Bd. XIX Berlin 1953. — 168. WERMANN, H.: Über die pharmakologische Auswertung tetraploiden Materials von *Digitalis purpurea* u. *D. lanata* am Meerschweinchen. Pharmazie 10, 327 (1955). — 169. WEHMER, C.: Die Pflanzenstoffe, I u. II. Jena 1929—31. — 170. WEILING, F.: Pharmako-botanische u. genetische Untersuchungen über die Größe und Verteilung der Labiatendrüsen bei der Gattung *Mentha* und ihre Beeinflussung durch Polyploidisierung. Diss. Bonn 1949. — 171. WEILING, F.: Über die volumetrischen Untersuchungen an den Labiatendrüsen der Pfefferminze. Arch. Pharm. 284/56, H. 4 (1950). — 172. WEILING, F.: Über die polymere Genwirkung bei den Labiatendrüsen der Gattung *Mentha*. Naturwiss. 37 (1955). — 173. WOTHKE, B.: Züchtungsversuche mit Pfefferminze der Sorten Mitcham und Thüringer Art. Diss. Leipzig 1939.

(Aus dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung, Köln-Vogelsang)

Untersuchungen über die Alkaloidkomplexe von gelben, blauen und weißen Lupinen

Von P. SCHWARZE und J. HACKBARTH

Mit 15 Textabbildungen

Gelbe Lupinen enthalten, wie man seit langem weiß, die Alkaloide Lupinidin und Lupinin, weiße und blaue Lupinen die Alkaloide Lupanin und Oxylupanin. Alle Alkaloide sind nicht völlig spezifisch für Lupinen. Lupinidin wurde zuerst im Besenginster aufgefunden und deshalb Spartein genannt. Es hat sich aber auch in anderen Papilionaceen sowie in *Chelidonium majus* und *Aconitum Napellus* feststellen lassen. Lupinin tritt innerhalb der Papilionaceen nur in Lupinen auf, kommt aber außerdem in der Chenopodiacee *Anabasis aphylla* vor. Lupanin und Oxylupanin wurden in einer Reihe

von Lupinenarten und in weiteren Papilionaceen nachgewiesen. Dem Spartein nahe steht das auch in anderen Leguminosen enthaltene, zuerst in *Anagyris foetida* aufgefundene Anagyrin, das in den amerikanischen Lupinenarten *Lupinus laxiflorus*, *L. Macounii*, *L. pusillus* und *L. caudatus* vorkommt. GALINOVSKI (1) führt in einem Überblick über die „Lupinenalkaloide und verwandte Verbindungen“ 11 weitere in anderen Lupinenarten aufgefundene Alkaloide an, deren Konstitution noch unbekannt oder noch unsicher ist. Neun von ihnen gehören der Summenformel nach