

Untersuchungen und Vorschläge zur Auslese von alkaloidarmen Pflanzen der *Galega*-Arten durch chemische Massenselektion*

ERNA RICHTER

Max-Planck-Institut für Kulturpflanzenzüchtung, Hamburg-Volksdorf

Investigations and Proposals for Selecting Alkaloid-free Plants of *Galega* Varieties by Chemical Mass Selection

Summary. Different reagents were tested for their usefulness in detecting galegin and peganin by chemical mass selection in *Galega officinalis*. It was shown that galegin in lower concentrations, like those obtained by extraction from one leaf with 3 ml liquid, could not be precipitated with any amine- and alkaloid-specific reagent. Precipitation with a solution of iodine in potassium iodide proved most suitable for demonstrating the presence of peganin; the optimal conditions for finding peganin in extracts of *Galega* leaves were explored. Ways for selecting peganin-poor plants of *Galega orientalis* and *Galega officinalis* by the precipitation of peganin with a solution of iodine in potassium iodide are discussed.

Einleitung

Die in den Staaten Südamerikas als weitverbreitete Unkrautpflanze vorkommende Geißbraute, *Galega officinalis* L., kann trotz bedeutender Vorzüge ihres Giftstoffgehaltes wegen nicht als Futterpflanze genutzt werden. In Argentinien ist daher die Züchtung eines Geißklee in Angriff genommen worden, der arm an toxischen Inhaltsstoffen ist (MÜHLENBERG, persönl. Mitteilg.).

Die giftliche Wirkung und auch der bittere Geschmack von *Galega officinalis* beruhen auf dem seit langem bekannten Gehalt an Galegin (TANRET, 1914a, 1914b) und dem in den letzten Jahren gefundenen 4-Hydroxy-Galegin (PUFAHL und SCHREIBER, 1961; SCHREIBER, PUFAHL und BRÄUNIGER, 1964) und rechtsdrehendem Peganin ((+)-Vasicin) (SCHREIBER, AURICH und PUFAHL, 1962).

Für die Auslese von Einzelpflanzen, die arm an diesen Inhaltsstoffen sind, sind die Methoden der qualitativen Bestimmung von grundlegender Bedeutung. Da die Massenselektion in verhältnismäßig kurzer Zeit die Untersuchung einer sehr großen Anzahl von Einzelpflanzen erfordert, muß die Serienuntersuchung vor allem schnell und leicht durchführbar und nicht zu aufwendig sein. Hohe Ansprüche an die Genauigkeit der Analysen brauchen dagegen zur Erfassung großer quantitativer Differenzen bei der chemischen Massenselektion nicht gestellt zu werden, da extreme Typen gesucht werden, die — wenn erforderlich — nach genaueren Verfahren geprüft werden können.

Bereits 1931, nachdem es gelungen war, mit Hilfe von Jodjodkalium als Alkaloidfällungsmittel alkaloidarme Pflanzen von *Lupinus luteus*, *Lupinus angustifolius*, *Lupinus albus* und *Nicotiana tabacum* zu selektieren, hatte sich v. SENGBUSCH mit der Ausarbeitung einer einwandfreien Methode zur Alkaloiduntersuchung bei *Galega officinalis* beschäftigt. Schon damals ist festgestellt worden, daß die Unter-

suchung an Blättern der Geißbraute in der gleichen Weise durchgeführt werden kann wie bei Lupinen und Tabak (v. SENGBUSCH, 1942). Mit Hilfe dieser Methode gelang es SCHRÖCK (1941), unter 10000 untersuchten Pflanzen von *Galega officinalis* einer aus Chile bezogenen Samenprobe eine alkaloidarme Pflanze aufzufinden.

Inzwischen ist das (+)-Peganin in *Galega officinalis* und *Galega orientalis* gefunden (SCHREIBER, AURICH und PUFAHL, 1962) und sind papier- und dünnenschichtchromatographische Verfahren zum Nachweis der *Galega*-Alkaloide entwickelt worden (PUFAHL und SCHREIBER, 1963; SCHÄFER und STEIN, 1967). Mit diesen Methoden ist es aber für eine Arbeitskraft bei relativ großem apparativem Aufwand bestenfalls möglich, pro Tag nur die halbe Anzahl Pflanzen zu prüfen, die mit der Jodjodkalium-Reaktion untersucht werden kann. Als C. MÜHLENBERG 1965 seine in Argentinien begonnenen Arbeiten am Max-Planck-Institut für Kulturpflanzenzüchtung in Wulfsdorf fortsetzte und es galt, ihn mit einer Methode auszurüsten, die es ihm gestattete, bei geringstem Aufwand an Apparaturen und Arbeitskräften innerhalb weniger Wochen einen Bestand von etwa 30000 *Galega*-Pflanzen aus seinem mitgebrachten Samenmaterial zu untersuchen, prüften wir daher erneut Alkaloid-Fällungsmittel auf ihre Brauchbarkeit für die chemische Massenselektion von *Galega officinalis*. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen soll im folgenden berichtet werden.

Versuche zur Fällung von Galegin und Peganin

Während zwischen den Lupinen-Alkaloiden gewisse konstitutionelle Beziehungen bestehen, handelt es sich bei den in *Galega* bisher aufgefundenen toxischen Inhaltsstoffen um zwei verschiedenen Stoffgruppen gehörende Substanzen: um das Chinazolin-Alkaloid Peganin und die Guanidin-Derivate Galegin und Hydroxy-Galegin. Es war daher von vornherein anzunehmen, daß die beiden Stoffgruppen nicht gleichermaßen mit demselben Reagens zu erfassen sind, im Gegensatz zu den Erfahrungen bei der Züch-

* Herrn Prof. Dr. R. v. SENGBUSCH zum 70. Geburtstag gewidmet.

tung der alkaloidarmen Lupinen (v. SENGBUSCH, 1942). Außerdem ist in *Galega officinalis* der prozentuale Gehalt an dem Chinazolin-Alkaloid sowie an den Guanidin-Derivaten beträchtlich niedriger als der prozentuale Gesamt-Alkaloidgehalt von Lupinen (PUFAHL und SCHREIBER, 1963; SEKA, 1933), so daß eine größere Empfindlichkeit der Methode erforderlich ist, wenn die Größe der Probe auf eine bequem im Reagensglas zu untersuchende Menge Frischsubstanz beschränkt bleiben soll. Nach PUFAHL und SCHREIBER (1963) enthalten die Blätter von *Galega officinalis* etwa 0,15—0,35% Guanidin-Derivate und 0,05—0,1% (+)-Peganin in der Trockensubstanz. Soll wie bei Lupinen ein Fiederblatt von *Galega officinalis* zur qualitativen Untersuchung benutzt werden, so müssen mit der anzuwendenden Methode mindestens 50 µg Peganin und 150 µg Guanidin-Derivate erfaßt werden können, da ein Fiederblatt ungefähr 0,6 g wiegt und je nach Alter 20—25% Trockensubstanz enthält. Es wurde daher zunächst mit Reinsubstanzen die Empfindlichkeit verschiedener Alkaloid-Fällungsmittel für Galegin und Peganin geprüft. Dabei wurde so verfahren, daß steigende Mengen Galegin oder Peganin in jeweils 3 ml Flüssigkeit enthalten waren, der Menge, die zur Extraktion eines Fiederblattes benötigt wird.

Wird eine Lösung von 50 µg Peganin in 3 ml 4%iger Salzsäure mit unverdünnter Jodjodkalium-Lösung (HACKBARTH und TROLL, 1959; v. SENGBUSCH, 1942) versetzt, so entsteht sofort ein brauner Niederschlag. Mit Galegin dagegen konnte diese Reaktion bis zu den untersuchten Konzentrationen von 1 mg freier Base in 3 ml 4%iger Salzsäure nicht erzielt werden.

Kalium- und Bariumtetrajodomercurat(II)-Lösung (Thoulets- bzw. Rohrbachs-Lösung; Merck, Darmstadt) geben im alkalischen Bereich sowohl mit Peganin als auch mit Galegin einen weißen bzw. grünlich-weißen Niederschlag. Leider stellte sich bei der alkalischen Extraktion von Pflanzenmaterial heraus, daß im Gegensatz zu der Extraktion von Lupinen-Blattmasse die Extraktion eines Fiederblattes von *Galega officinalis* nicht ausreicht, um in diesem Extrakt mit einer der beiden Lösungen Galegin oder Peganin nachweisen zu können. Somit konnten auch diese Reagentien zur Selektion von Galegin-armen Pflanzen nicht in Frage kommen.

Nach DUQUENOIS und FALLER (zit. nach WERLE, 1955) werden Amine mit Reineckesalz gefällt. Während Peganin in den oben genannten Konzentrationen in salzsaurer Lösung mit etwa 4%iger Reineckesalz-Lösung bereits bei Zimmertemperatur sofort einen Niederschlag bildet, wird Galegin aus einer Lösung von 1 mg freier Base in 3 ml 4%iger Salzsäure selbst bei langem Stehen in der Kälte von etwa 4%iger Reineckesalzlösung nicht gefällt.

Auch Phosphorwolframsäure bildet im sauren Bereich schwerlösliche Verbindungen mit Aminen (DRUMMOND, zit. nach WERLE, 1955). 50 µg Peganin, enthalten in 3 ml 4%iger Salzsäure, geben mit etwa 0,2 ml einer 0,1 n Phosphorwolframsäure sofort eine Trübung, die nach einigen Minuten zu einem weißen Niederschlag führt. Konzentrationen bis zu 1 mg freier Galegin-Base in 3 ml 4%iger Salzsäure riefen diese Reaktion mit Phosphorwolframsäure nicht her vor.

Die Flaviansäure führt neben anderen Basen auch Guanidin-Basen in schwerlösliche Salze über (KOSSEL und GROSS, 1924), so daß die Hoffnung bestand, mit diesem Reagens auch das Galegin im Extrakt von Blättern der Geißraute erfassen zu können. Nach WINTERSTEIN (1933) beträgt jedoch die Löslichkeit von Galeginflavianat 2,5 g/l. Somit scheidet auch diese Methode als Test für Galegin bei Untersuchungen aus, bei denen nur wenig Pflanzenmaterial zur Extraktion gelangt.

Nachweis von Peganin mit Jodjodkalium-Reagens

Bei den Versuchen mit Reinsubstanzen hatte sich ergeben, daß Jodjodkalium-Lösung und Phosphorwolframsäure im sauren Bereich empfindliche Reagenzien für Peganin darstellen. Darüber hinaus sind beide Lösungen von allen untersuchten Reagenzien die billigsten und können auch aus diesem Grunde für Massenuntersuchungen verwendet werden. Die Reagenzien für 1000 ml der von v. SENGBUSCH beschriebenen unverdünnten Jodjodkalium-Lösung (HACKBARTH und TROLL, 1959; v. SENGBUSCH, 1942) kosten etwa 16,— DM. Der Preis für 1 Liter 0,1 n Phosphorwolframsäure ist ungefähr der gleiche. Ein Liter dieser Lösungen ist ausreichend für etwa 5000 Untersuchungen. Phosphorwolframsäure hat bei der Untersuchung von Pflanzenextrakten auf das Alkaloid allerdings den Nachteil, daß auch Ammonium- und Kaliumsalze mit ihr ausfallen, was leicht Veranlassung zu Fehlschlüssen geben kann. Es wurden daher für die Massenselektion die Bedingungen näher untersucht, unter denen mit der von v. SENGBUSCH beschriebenen unverdünnten Jodjodkalium-Lösung der Nachweis von Peganin in Extrakten von *Galega*-Blättern am besten möglich ist.

a) Empfindlichkeit der Reaktion

Nachdem bereits festgestellt worden war, daß 50 µg Peganin in 3 ml 4%iger Salzsäure mit 0,2 ml unverdünnter Jodjodkalium-Lösung einen mit dem Auge deutlich wahrnehmbaren Niederschlag ergeben, wurde photometrisch die untere Nachweisgrenze für Peganin unter diesen Bedingungen ermittelt. 0,2 ml Jodjodkalium-Lösung in 3 ml 4%iger Salzsäure zeigen bei einer Schichtdicke der Lösung von 1 cm gemessen gegen 4%ige Salzsäure keine Durchlässigkeit für Licht mit Wellenlängen bis 500 mµ und eine dementsprechend hohe Extinktion. Die Durchlässigkeit steigt mit zunehmender Wellenlänge des Lichtes bis etwa 680 mµ stark an, und die Extinktion fällt entsprechend ab. Enthält nun die Lösung Peganin, so führt dieses infolge der Nieder-

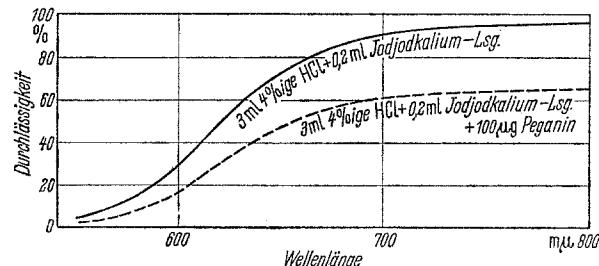


Abb. 1. Durchlässigkeit des Jodjodkalium-Reagens und seines Reaktionsproduktes mit Peganin in HCl für Licht verschiedener Wellenlänge

schlagsbildung mit dem Jodjodkalium-Reagens zunächst zu einer Trübung der Lösung, was eine Herabsetzung der Durchlässigkeit bzw. Erhöhung der Extinktion zur Folge hat (Abb. 1). Wird bei einer Wellenlänge des Lichtes von etwa 700 m μ und einer Schichtdicke der Lösung von 1 cm die Extinktion von frisch bereiteten und gut geschüttelten Lösungen aus 3 ml 4%iger Salzsäure, 0,2 ml Jodjodkalium-Lösung und steigenden Mengen Peganin gemessen im Vergleich zu der einer solchen Lösung, die kein Peganin enthält, so ergibt sich, daß die Extinktion dem Gehalt an Peganin im Bereich von 0 bis 150 μ g

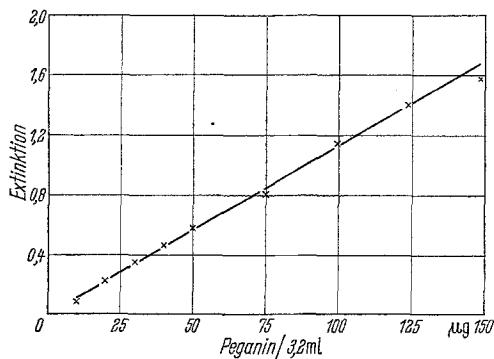


Abb. 2. Photometrischer Nachweis von Peganin mit Jodjodkalium-Reagens (Schichtdicke 1 cm; Wellenlänge 700 m μ)

proportional ist (Abb. 2). Die durchschnittliche Extinktion pro μ g Peganin in 3,2 ml Lösung beträgt 0,011, und es läßt sich mit Jodjodkalium-Reagens noch 1 μ g Peganin in 3,2 ml Lösung auf diese Weise in Extrakten erfassen, die keinen mit dem Auge wahrnehmbaren Niederschlag zeigen. Außerdem kann dieses Verfahren auch zur quantitativen Alkaloidbestimmung ausgebaut werden.

b) Beständigkeit des Niederschlags

Bei längerem Stehen löst sich der Niederschlag, den Peganin mit Jodjodkalium-Reagens bildet, allmählich wieder auf. Bei Massenuntersuchungen ist es für die Bonitierung wichtig zu wissen, innerhalb

welcher Zeit nach dem Zusatz von Jodjodkalium-Reagens zu dem Extrakt die Bonitierung vorgenommen werden muß, um Fehlbeurteilungen zu vermeiden. Daher wurde photometrisch die Auflösung des Niederschlages verfolgt, um auf diese Weise die Geschwindigkeit festzustellen, mit der sie vor sich geht. Lösungen von 75 und 150 μ g Peganin in 3 ml 4%iger Salzsäure wurden mit 0,2 ml Jodjodkalium-Reagens versetzt und die Extinktion dieser Lösungen sofort nach Zugabe von Jodjodkalium-Reagens und nach wiederholtem gutem Umschütteln in Abständen von je einer Stunde bei einer Wellenlänge des Lichtes von 700 m μ und einer Schichtdicke der Lösung von 1 cm gemessen. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Abb. 3 graphisch dargestellt. Sie lassen erkennen, daß innerhalb der ersten Stunde nach Zugabe von Jodjodkalium-Reagens zu den Peganin-Lösungen die Extinktion der Lösungen sehr stark abfällt und nach dieser Zeit nur noch 20% bzw. 26% der anfangs gemessenen Extinktion beträgt. Das bedeutet, daß der Niederschlag äußerst unbeständig ist und unter den herrschenden Bedingungen sehr schnell wieder in Lösung geht. Die Bonitierung bei Massenuntersuchungen des Peganingehaltes in Pflanzenextrakten und die photometrischen Messungen bei quantitativen Untersuchungen sind daher zweckmäßigerweise innerhalb einer bestimmten, bei den quantitativen Untersuchungen genau einzuhaltenden Zeit nach Zusatz von Jodjodkalium-Reagens zu den Peganin-Lösungen vorzunehmen.

c) Einfluß der Dauer der Extraktion von Pflanzenmaterial auf die Niederschlagsbildung

Wie die Alkaloide bei Lupinen (HACKBARTH und TROLL, 1959; v. SENGBUSCH, 1942) wird auch das Peganin aus Frischsubstanz von Pflanzen der *Galega*-Arten mit etwa 4%iger Salzsäure extrahiert. Um zu prüfen, welche Extraktionszeit erforderlich ist, um in dem Extrakt mit Jodjodkalium-Reagens den deutlichsten Alkaloid-Niederschlag zu erzeugen, wurden unterschiedliche Mengen Frischsubstanz einer

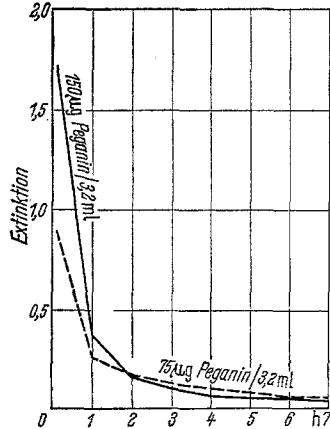


Abb. 3. Einfluß der Zeit nach dem Zusatz von Jodjodkalium-Reagens zu Peganinlösungen auf den Nachweis des Peganins

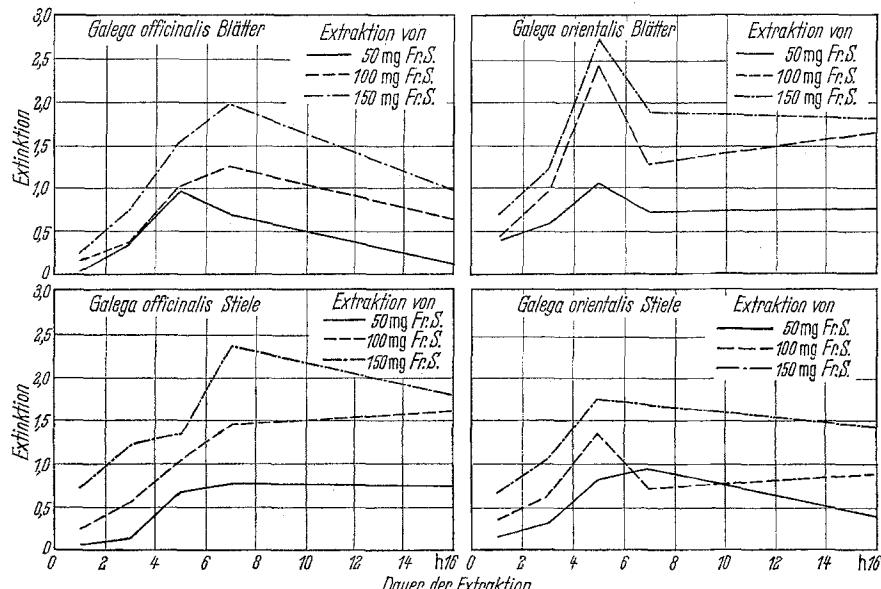


Abb. 4. Einfluß der Extraktionsdauer für Peganin aus Frischsubstanz von *Galega officinalis* und *Galega orientalis* auf den Nachweis des Peganins mit Jodjodkalium-Reagens

größeren Probe von *Galega officinalis* und *Galega orientalis* mit 3 ml 4%iger Salzsäure extrahiert. Nach Extraktionszeiten von 4 bis 16 Stunden wurde der Extrakt mit 0,2 ml Jodjodkalium-Reagens versetzt und die Extinktion dieser Lösungen sofort bei einer Wellenlänge des Lichtes von 700 m μ und einer Schichtdicke der Lösungen von 1 cm gemessen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Abb. 4 wiedergegeben. Daraus ist zu ersehen, daß sowohl für Fiederblättchen als auch für Stiele derselben Art die optimalen Extraktionszeiten gleich sind. Sie liegen für Frischsubstanz von *Galega officinalis* bei 7 Stunden und sind mit 5 Stunden für Frischsubstanz von *Galega orientalis* etwas kürzer. Da nur wenige Exemplare der Art *G. orientalis* für die Untersuchungen vorhanden waren, läßt sich nicht sagen, ob die aus den Meßergebnissen hervorgehenden quantitativen Unterschiede im Peganingehalt der Frischsubstanzen von *G. officinalis* und *G. orientalis* bei gleichem Trockensubstanzgehalt sowohl der Fiederblättchen als auch der Stiele beider Arten rein zufällig oder tatsächlich artbedingt sind.

Schlußbetrachtung

Bei der Extraktion kleiner Mengen Frischsubstanz, wie sie bei Massenuntersuchungen nur möglich ist, läßt sich mit den üblichen und empfindlichsten Nachweisreagentien für Alkaloide und Amine von den beiden in *Galega officinalis* vorkommenden toxischen Inhaltsstoffen Galegin und Peganin nur das Peganin erfassen. Zur Fällung von Galegin mit Reagentien für Amine wären noch weit konzentriertere Extrakte nötig, als sie beispielsweise durch Extraktion eines Blattes von *Galega officinalis* erhalten werden. Leider läßt sich aus dem Gehalt an Peganin nicht auch auf den an Galegin schließen, da Peganin und die Guanidin-Derivate Galegin und Hydroxy-Galegin unabhängig voneinander variieren (SCHÄFER und STEIN, 1967). Trotzdem kann die Fällung von Peganin in Pflanzenextrakten mit Jodjodkalium-Reagens seiner geringen Aufwendigkeit an Material und Arbeitskraft und seiner einfachen Durchführung wegen von großer Bedeutung für die chemische Massenauslese sein.

Zum Unterschied von *Galega officinalis* enthalten Blätter und Samen von *Galega orientalis* keine toxisch wirksamen Guanidine, sondern Peganin als Hauptalkaloid (SCHREIBER, AURICH und PUFAHL, 1962). Bei der Auslese von alkaloidfreien bzw. -armen Pflanzen der Art *Galega orientalis* dürfte daher die Jodjodkalium-Fällungsmethode erfolgreich anzuwenden sein. Mit ihr können bei entsprechender Organisation von einer Arbeitskraft pro Tag 800 bis 1000 Pflanzen untersucht werden, so daß durchaus die Möglichkeit besteht, während einer Vegetationsperiode eine so große Anzahl von Pflanzen zu prüfen, die das Auffinden einer alkaloidfreien bzw. -armen Pflanze wahrscheinlich macht. *Galega orientalis* soll gegenüber *Galega officinalis* auch den Vorteil besitzen, winterfest zu sein (SCHRÖCK, 1941), so daß sich eine besondere Auslese in dieser Hinsicht vielleicht erübriggt und schon durch einen Selektionsschritt eine brauchbare Futterpflanze erhalten werden könnte.

Die Auslese bei *Galega officinalis* auf Pflanzen, die arm an toxischen Inhaltsstoffen sind, wird durch den Gehalt an Galegin und Hydroxy-Galegin kompliziert.

Da es sich bei den in *Galega officinalis* aufgefundenen toxischen Inhaltsstoffen um die Guanidin-Derivate Galegin und Hydroxy-Galegin und das Chinazolin-Alkaloid Peganin, d. h. um Substanzen völlig verschiedener Strukturtypen handelt, ist anzunehmen, daß diese beiden toxischen Substanzen auch auf verschiedenen Wegen des intermediären Stoffwechsels in der Pflanze gebildet werden. Damit ergeben sich völlig andere Verhältnisse als bei Lupinen, in denen zwar ebenfalls mehrere Alkaloide vorkommen, jedoch vom selben Strukturtyp. Die für die Bildung der Alkaloide in Lupinen gefundenen Gene sind daher auch in der Lage, im rezessiven Zustand jedes für sich die Alkaloidbildung völlig zu unterdrücken. Aus den erwähnten Gründen scheint es aber unwahrscheinlich, daß bei *Galega officinalis* nur ein Gen für die Bildung sowohl der Guanidin-Derivate als auch des Chinazolin-Alkaloides verantwortlich ist. Bei dem Vorhandensein mehrerer Gene für die Bildung der Guanidin-Derivate und des Chinazolin-Alkaloides scheint es aus denselben Gründen ebensowenig wahrscheinlich, daß die rezessiven Allele die Bildung beider Substanzen zu unterbinden vermögen. Die von SCHÄFER und STEIN (1967) festgestellte positive Korrelation zwischen der Variation des Gehaltes an Galegin und Hydroxy-Galegin und negative Korrelation zwischen der des Peganin- und Galegingehaltes deuten ebenfalls darauf hin, daß verschiedene Gene unabhängig voneinander die Bildung der Guanidin-Derivate und des Peganins in *Galega officinalis* bewirken. Das bedeutet, daß bei *Galega officinalis* die Selektionierung nach zwei Merkmalen erfolgen muß. Selbst bei einem günstigen Verhältnis von 1:10000 sowohl für Galegin- als auch Peganinarmut wäre die chromatographische Untersuchung einer so großen Anzahl von Einzelpflanzen erforderlich, um eine Pflanze zu finden, die arm an beiden toxischen Substanzen ist, daß sie nur mit einem sehr großen Aufwand an Material und Arbeitskräften durchzuführen wäre. Es scheint daher einfacher, auch unter *Galega officinalis* mit der Jodjodkalium-Fällungsmethode zunächst peganinfreie bzw. -arme Pflanzen zu selektieren. Aus diesem Material könnten dann mit Hilfe der Mutationszüchtung und Auslese durch Anwendung der aufwendigeren und mehr Zeit in Anspruch nehmenden chromatographischen Nachweismethoden für die Guanidin-Derivate auch Pflanzen von *Galega officinalis* erzeugt werden, die arm sowohl an Peganin als auch Galegin sind. Hat man durch Massenselektion mit der Jodjodkalium-Fällungsmethode alkaloidarme Pflanzen der Art *Galega orientalis* und peganinarme Pflanzen der Art *Galega officinalis* zur Verfügung, so könnte man auch durch Artbastardierung, die zwar bei Leguminosen schwierig, aber vermutlich doch möglich ist, ebenfalls *Galega*-Pflanzen vom Typ *officinalis* erhalten, in denen die Merkmale für Galeginarmut und Peganinarmut und vielleicht auch noch Winterfestigkeit vereint sind.

Zusammenfassung

Verschiedene Reagentien wurden auf ihre Brauchbarkeit zum Nachweis von Galegin und Peganin zwecks chemischer Massenauslese von *Galega officinalis* geprüft. Es zeigte sich, daß sich Galegin in den niedrigen Konzentrationen, wie sie sich beim Extra-

hieren eines Fiederblattes mit 3 ml Flüssigkeit ergeben, mit keinem der untersuchten Fällungsmittel für Amine und Alkaloide erfassen läßt. Für den Nachweis von Peganin erwies sich die Fällung mit Jodjodkalium-Lösung am geeignetsten. Die Bedingungen, unter denen der Nachweis von Peganin in Extraktten von *Galega*-Blättern mit Jodjodkalium-Lösung am besten möglich ist, wurden untersucht. Es werden Vorschläge dazu gemacht, wie durch Auslese peganinärmer Pflanzen mit Hilfe der Jodjodkalium-Fällungsmethode bitterstoffarme *Galega*-Pflanzen vom Typ *orientalis* und *officinalis* gezüchtet werden könnten.

Herrn Prof. Dr. K. SCHREIBER, Institut für Kulturpflanzenforschung in Gatersleben der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, sei auch an dieser Stelle für die freundliche Überlassung einer Probe Peganin und Galeginsulfat herzlich gedankt. Ebenso danke ich Herrn Dr. R. REIMANN-PHILIPP für sein stetes Interesse an diesen Arbeiten und für wertvolle fachliche Hinweise. Dank sei auch Fräulein DOROTHEE PETERSEN für ihre fleißige und sorgfältige Mitarbeit bei der Durchführung der Versuche.

Literatur

1. DRUMMOND, J. C.: zit. nach E. WERLE, Amine und Betaine, in: Moderne Methoden der Pflanzenanalyse Band IV, Herausg. K. PAECH und M. V. TRACEY. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer 1955. — 2. DUQUENOIS, P., et M. FALLER: zit. nach E. WERLE, Amine und Betaine, in: Moderne Methoden der Pflanzenanalyse Band IV, Herausg. K. PAECH und M. V. TRACEY. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer 1955. — 3. HACKBARTH, J., und H. J. TROLL: Lupinen als Körnerleguminosen und Futterpflanzen. In: Handbuch der Pflanzenzüchtung Band IV, Herausg. H. KAPPERT und W. RUDORF. Berlin und Hamburg: Paul Parey 1959. — 4. KOSSEL, A., und R. E. GROSS: Über die Darstellung und quantitative Bestimmung des Arginins. Ztschr. f. physiol. Chemie **135**, 167—174 (1924). — 5. MÜHLENBERG, C.: Persönliche Mitteilung. — 6. PUFAHL, K., und K. SCHREIBER: Isolierung eines neuen Guanidinderivates aus der Geißbraute, *Galega officinalis* L. Experientia (Basel) **17**, 302—303 (1961). — 7. PUFAHL, K., und K. SCHREIBER: Zum dünnenschichtchromatographischen Nachweis von Inhaltsstoffen der Geißbraute, *Galega officinalis* L. Der Züchter **33**, 287—290 (1963). — 8. SCHÄFER, J., und M. STEIN: Über die Variabilität von Inhaltsstoffen in der Geißbraute (*Galega officinalis* L.). Naturwissenschaften **54**, 205 (1967). — 9. SCHREIBER, K., O. AURICH und K. PUFAHL: Isolierung von (+)-Peganin aus der Geißbraute, *Galega officinalis* L. Arch. Pharmaz. **295**, 271—275 (1962). — 10. SCHREIBER, K., K. PUFAHL und H. BRÄUNIGER: Über ein neues Guanidinderivat aus der Geißbraute, *Galega officinalis* L. Liebigs Ann. Chem. **671**, 147—154 (1964). — 11. SCHRÖCK, O.: Die Züchtung alkaloidarmen Geißklees, *Galega officinalis* L. Der Züchter **13**, 115—117 (1941). — 12. SEKA, R.: Alkaloide. In: Handbuch der Pflanzenanalyse Band IV/1, Herausg. G. KLEIN. Wien: Springer 1933. — 13. SENGBUSCH, R.v.: Süßlupinen und Öllupinen. Die Entstehungsgeschichte einiger neuer Kulturpflanzen. Landwirtsch. Jb. **91**, 719—762 (1942). — 14. TANRET, G.: Sur un alcaloïde retiré du *Galega officinalis*. C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **158**, 1182—1184 (1914a). — 15. TANRET, G.: Sur quelques propriétés physiologiques du sulfate de galégine. C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **159**, 108—111 (1914b). — 16. WINTERSTEIN, A.: Aminosäuren. In: Handbuch der Pflanzenanalyse Band IV/1, Herausg. G. KLEIN. Wien: Springer 1933.