Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 59 (1949)

Artikel: Über den Einfluss einiger Bodenarten auf Wachstum und Gehalt von Arzneipflanzen

Autor: Hoffmann, Frieda Hedwig

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-571132

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Über den Einfluß einiger Bodenarten auf Wachstum und Gehalt von Arzneipflanzen

Von *Frieda Hedwig Hoffmann*

(Aus dem Pharmazeutischen Institut der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich)

Eingegangen am 7. Oktober 1949

Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung und Problemstellung 288

A. Allgemeiner Teil 290
  I. Kurze Charakteristik des Begriffes Boden 290
    1. Definition 290
    2. Bodenbildung oder Bodenentstehung 290
      a) Die Aufbereitungsvorgänge 290
      b) Die Humusbildung 290
      c) Die Wanderung der Verwitterungs- und Humifizierungsprodukte im entstehenden Bodenprofil 290
    3. Die Bodenzusammensetzung 290
  II. Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus dem Boden 291
  III. Stellung der pharmazeutischen Wirkstoffe im Gesamtstoffwechsel der Pflanze 292
  IV. Bisherige Arbeiten über den Einfluß des Bodens auf Arzneipflanzen . 292

B. Spezieller Teil 307
  I. Die Versuchspflanzen 307
    1. Glykosidpflanzen 307
    2. Ätherisch-Ölpflanzen 307
    3. Alkaloidpflanzen 308
  II. Die Versuchsanlage Adlisberg 309
    1. Allgemeine Situation 309
    2. Anbau und Pflege der Versuchspflanzen 309
      a) Bergenia Delawayi 310
      b) Peucedanum Ostruthium 310
      c) Artemisia laxa 310
      d) Atropa Belladonna 310
      e) Lobelia inflata 310
    3. Ernte, Trocknung und Aufbewahrung 311
      a) Bergenia Delawayi 311
      b) Peucedanum Ostruthium 311
      c) Artemisia laxa 311
      d) Atropa Belladonna 311
      e) Lobelia inflata 312

Seite

4. Phänologische Beobachtungen 313
5. Die klimatischen Verhältnisse während den Versuchsjahren 1940 bis 1944 314
   A. Messungen der meteorologischen Station Adlisberg in den Jahren 1940 bis 1944 314
      a) Lufttemperatur an der Bodenoberfläche 316
      b) Temperatur des Bodens an der Erdoberfläche 317
      c) Lufttemperaturminimum 318
      d) Relative Luftfeuchtigkeit 318
      e) Sonnenscheindauer 319
      f) Niederschläge 320
   B. Eigene Temperaturmessungen 320
      a) Allgemeines 320
      b) Prinzip 321
      c) Auslegen der Ampullen im Gelände und Einholen derselben nach abgelaufener Versuchszeit 322
      d) Resultate 322
      e) Besprechung der Resultate 326
6. Chemische und physikalische Analyse der Versuchsböden 327
   A. Chemische Zusammensetzung der Adlisberger Versuchsböden . 327
      a) Chemische Analysen von A. Wüst, Pharm. Inst. der ETH, im Jahre 1939 327
      b) Bestimmung der leichtlöslichen Nährstoffe: Phosphorsäure und Kalianteile durch die Eidg. Landw. Versuchsanstalt in Zürich-Oerlikon 328
      c) *p*H-Bestimmung der Böden 328
   B. Mechanische Analyse der Versuchsböden 329
      a) Differenzierung des Bodenskelettes 329
      b) Differenzierung der Feinerde 329
      c) Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Adlisberger Bodenarten durch die Eidg. Landw. Versuchsanstalt 329

III. Die Böden der Wildstandorte 331
1. Allgemeines 331
2. Die Bodenanalysen 333
   A. Entnahme der Bodenproben 333
   B. Chemische Bodenanalyse der Wildstandortsböden 334
      a) Stickstoffbestimmung 334
      b) Herstellung des Bodenauszuges zur Bestimmung der Nährstoffe 337
         α Bestimmung des Gehaltes an Phosphorsäure 337
         β Bestimmung der Summe von Aluminium- und Eisenoxyd . 339
         γ Bestimmung des Kalkgehaltes 340
         δ Bestimmung des Kaligehaltes 341
   C. *p*H-Bestimmung der Böden 343
   D. Mechanische Bodenanalyse der Wildstandortsböden 346

Seite

IV. Zusammenstellung der chemischen und physikalischen Eigenschaften sämtlicher Böden 347

V. Versuche auf den Bodentypen der Anlage Adlisberg 347
1. Bestimmung des Aschegehaltes 348
a) Aschegehalt der Blätter und Wurzeln von *Atropa Belladonna* des Jahres 1944 349
b) Aschegehalt der *Lobelia inflata* 1943 und 1944 350
c) Aschegehalt von *Bergenia Delawayi* 352
d) Aschegehalt der Rhiz. und Ausläufer von *Peuced. Ostruth.* . . . 354
e) Aschegehalt der *Artemisia laxa* 357
2. Wirkstoffbestimmungen 359
A. Alkaloiddrogen 359
a) Atropa Belladonna 359
b) Lobelia inflata 361
B. Glykosidpflanzen 367
a) Bergenia Delawayi 367
α Arbutinbestimmung 368
β Gerbstoffbestimmung 373
C. Ätherisch-Ölpflanzen 376
a) Artemisia laxa 376
α Ätherisch-Ölbestimmung 376
β Bitterzahlbestimmung 379
b) Peucedanum Ostruthium 382
3. Diskussion der Resultate vom Adlisberg 386

VI. Die Versuchsresultate der Pflanzen von natürlichen Standorten . . . 391
1. Aschegehalte 391
a) Atropa Belladonna 391
b) Artemisia laxa 392
c) Peucedanum Ostruthium 392
2. Wirkstoffgehalte 392
a) Atropa Belladonna 392
b) Artemisia laxa 393
c) Peucedanum Ostruthium 393

VII. Vergleichung der Versuchsresultate der wildgewachsenen Pflanzen mit denjenigen der angebauten Pflanzen 394
1. Aschegehalte 394
a) Atropa Belladonna 394
b) Artemisia laxa 395
c) Peucedanum Ostruthium 396
2. Wirkstoffgehalte 397
a) Atropa Belladonna 397
b) Artemisia laxa 398
c) Peucedanum Ostruthium 399

VIII. Zusammenfassung 400

IX. Literaturverzeichnis 403

Einleitung und Problemstellung

Die vorliegende Arbeit wurde von uns zunächst aus wissenschaftlichem Interesse aufgegriffen, um die bisher noch recht knappen Kenntnisse des Einflusses verschiedener Bodenarten auf Wachstum, Ertrag und vor allem auf die Wirkstoffbildung in Arzneipflanzen zu erweitern und zu vertiefen. Mit dem Ausbruch des Zweiten Weltkrieges wurde außerdem die Drogenbeschaffung aus dem Ausland immer schwieriger. Wohl begann man nun an verschiedenen Orten der Schweiz wildwachsende Arzneipflanzen zu sammeln, doch der große Drogenbedarf unseres Landes konnte damit nicht gedeckt werden. So wurde notgedrungen das Problem des Arzneipflanzenanbaues aktuell. Soll sich aber ein solcher Anbau wirklich lohnen, so muß man darauf bedacht sein, eine möglichst große Ernte von gut gewachsenen Pflanzen mit maximalem Wirkstoffgehalt zu erhalten. Um dieses Ziel zu erreichen, muß man wissen, was für Faktoren die Pflanzen beeinflussen und vor allem, wie sie sie beeinflussen. Frühere Versuche von O. Meyer (72), A. Bänniger (2), P. Meier (71), K. Eymann (35) und E. Engi (33) ergaben, daß das Klima ein wichtiger Faktor ist, der sich sowohl auf den Ernteertrag als auch auf die Qualität (Aussehen und Wirkstoffgehalt) der geernteten Arzneipflanzen auswirkt. Ebenso beeinflussen Düngung, Standweite, Varietät der Versuchspflanzen usw. den Ernteertrag sowie den Gehalt an Wirkstoffen. Eine nicht minder bedeutsame Rolle spielt aber auch der Boden. A. Wüst (132) befaßte sich bereits mit dieser Frage. Er untersuchte den Einfluß unserer hauptsächlichsten schweizerischen Böden auf Ertragsmöglichkeiten beim Anbau von drei verschiedenen Ätherisch-Ölpflanzen *(Mentha piperita, Valeriana officinalis* und *Pimpinella magna)* und einer Schleimdroge *(Althaea officinalis),* und zwar in bezug auf Drogenquantität und -qualität. Wir haben uns nun die Aufgabe gestellt, dieses Problem weiter zu verfolgen, wobei uns auch besonders die Größe der Streuung der Wirkstoffgehalte interessierte. Es gibt prinzipiell zwei Möglichkeiten, unsere Aufgabe anzupacken:

1. die Ausführung von Reinversuchen über den Einfluß der einzelnen chemischen und physikalischen Bodenkomponenten mit Hilfe von Sand- oder Tankversuchen;
2. die Untersuchung der Einwirkung des natürlichen Bodens bei einheitlichem Klima auf den Wirkstoffgehalt der Arzneipflanzen.

Da wir bestrebt waren, möglichst bald etwas über die Eignung der Schweizer Böden auszusagen und uns überdies die Versuchsanlage Adlisberg, die ja schon A. Wüst für seine Untersuchungen benützt hat, zur Verfügung stand, schlugen wir den zweiten Weg ein.

Als Versuchsdrogen wählten wir zwei Ätherisch-Ölpflanzen *(Peucedanum Ostruthium* und *Artemisia laxa),* eine arbutin- und gerbstoffhal-

tige Pflanze *(Bergenia Delawayi)* und zwei Alkaloidpflanzen *(Atropa Belladonna* und *Lobelia inflata). Peucedanum Ostruthium, Artemisia laxa* und *Bergenia Delawayi* wurden von uns angebaut, weil dieselben Pflanzen in bezug auf die klimatischen Verhältnisse einerseits von P. Meier (71) und andererseits von K. Eymann (35) bereits untersucht worden waren. Auf diese Weise war es möglich, ein abgerundetes Bild über den Einfluß von Klima und Boden auf die genannten drei Spezies zu erhalten. Daneben wählten wir noch die zwei Alkaloidpflanzen *Atropa Belladonna* und *Lobelia inflata,* deren Anbau für die Landesversorgung von Bedeutung war.

Es schien uns interessant, die chemische Bodenzusammensetzung von Wildstandorten unserer Versuchspflanzen, soweit diese in der Schweiz vorkommen, ebenfalls zu überprüfen, um die Gesamtreaktion der betreffenden Pflanzen an Wildstandorten mit den Reaktionen auf den gewählten Böden vergleichen zu können. Überdies wollten wir mit diesen Analysen von Wildstandortsböden untersuchen, was für Bodenansprüche die Pflanzen an ihre natürlichen Standorte stellen.

Da eine Beeinflussung des Wirkstoffgehaltes der Pflanzen stark von der chemischen Zusammensetzung der Böden abhängt, müssen wir über den Chemismus der Versuchsböden genau orientiert sein. Über die Adlisberger Böden liegen bereits mehrere Reihen von chemischen und physikalischen Analysen vor. Die Schwankungen zwischen den von A. Wüst (132) im Jahre 1939 erhaltenen Werten und den Untersuchungsresultaten aus den Jahren 1898 und 1903 sind so klein, daß wir von einer neuen Untersuchung dieser Böden abgesehen haben. Dagegen bot uns die neue Wärmesummen-Meßmethode von Pallmann (82) die Möglichkeit, die thermischen Verhältnisse der Böden erstmals festzustellen, und wir haben diese Messungen in vier Serien, und zwar vom 15. Juli 1943 bis 5. Oktober 1943, vom 5. Oktober 1943 bis 9. Mai 1944, vom 30. Mai 1944 bis 27. Juli 1944 und vom 27. Juli 1944 bis 1. November 1944 durchgeführt. Zur Charakterisierung der Versuchsperiode möchten wir auch die meteorologischen Daten, die wir den Aufzeichnungen der Versuchsanstalt Adlisberg entnehmen, angeben.

Die Wildstandortsböden haben wir in bezug auf die für die Pflanzenernährung wichtigsten Bodenbestandteile analysiert. Von einer feineren physikalischen Bodenanalyse wurde jedoch abgesehen und nur das Verhältnis zwischen Bodenskelett und Feinerde bestimmt. Herr Prof. Dr. Parker hatte die Freundlichkeit, die Leitgesteine in diesen Böden mineralogisch festzulegen.

A. Allgemeiner Teil

I. Kurze Charakteristik des Begriffes Boden

1. Definition

Unter Boden (Erdboden) versteht man die obere Verwitterungsschicht der festen Erdrinde, oder vom agrarökologischen Standpunkte aus betrachtet, denjenigen Teil der Erdrinde, der Pflanzen trägt (Ramann [94]).

2. Bodenbildung oder Bodenentstehung

Die Gesteine bilden den Ursprung des Bodens, aus denen er teils durch Zertrümmerung (physikalische Verwitterung) und teils durch Zersetzung (chemische Verwitterung) entsteht. Durch die Verwitterung des Muttergesteins bildet sich der *Rohboden*. Dieser wandelt sich dann allmählich unter dem Einfluß verschiedener Prozesse zuerst in den *Jungboden*, später in den eigentlichen *Reifeboden* um. Zu diesen bodenbildenden Prozessen gehören:

a) *die Aufbereitungsvorgänge* (weitschreitende physikalische und chemische Verwitterung);

b) *die Humusbildung*. Sie beruht auf der Ansiedlung von Pflanzen und Tieren und der darauffolgenden Zersetzung ihrer Leichen durch Mikroorganismen;

c) *die Wanderung der Verwitterungs- und Humifizierungsprodukte im entstehenden Bodenprofil.*

3. Die Bodenzusammensetzung
(chemischer und physikalischer Aufbau)

Nach Robinson (98) besteht der fertig gebildete Boden aus vier Teilen, nämlich:

1. der Mineralsubstanz;
2. der organischen Substanz (bestehend aus verwesten und verwesenden Rückständen der Pflanzen- und Tierwelt, die zusammen mit dem aus der Mineralsubstanz stammenden Ton den kolloiden Ton-Humus-Komplex bilden);
3. der Bodenlösung;
4. der Bodenluft (diese unterscheidet sich von der atmosphärischen Luft dadurch, daß sie mit Wasserdampf mehr oder weniger gesättigt ist und zudem mehr CO_2 enthält).

Neben der chemischen Zusammensetzung des Bodens ist die Beziehung des Bodens zum Wasser und zur Luft von Bedeutung. Dieses

Verhalten wird wesentlich durch die physikalische Zusammensetzung, d. h. durch die Korngrößen des Bodens bestimmt. Die *internationale Größeneinteilung* (basierend auf Atterberg [1]) der durch mechanische Analyse erhaltenen Fraktionen ist folgende:

Benennung der Fraktion	Grenzen des Teilchendurchmessers in mm
Kies	über 2
Grobsand	2,0 —0,2
Feinsand	0,2 —0,02
Schluff, Staub	0,02—0,002
Schlamm, Ton	unter 0,002

Den Fraktionen *Kies* und *Grobsand* kommt praktisch keine chemische Wirksamkeit zu. Sie besitzen keine kolloiden Eigenschaften und können weder Wasser noch gelöste Stoffe absorbieren. Sie haben auch kein Kohäsions- oder plastisches Vermögen, dafür befördern sie die Durchlüftung, Drainage und Auswaschung. Bei der Fraktion *Feinsand* fügen sich die Teilchen enger zusammen als bei Grobsand. Demzufolge wird der Durchlüftung und der Drainage kein so leichter Durchgang gestattet. In Gegenwart von nur wenig Ton oder Humus können sich die Feinsandteilchen leicht aneinander hängen. Im *Schluff* sind die Teilchen bereits so fein, daß sie die Bewegungen der Luft und des Wassers hemmen. Sie zeigen schwach kolloide Eigenschaften, schwache Absorptionsfähigkeit für Wasser und eine geringe Benetzungswärme. In trockenem Zustand fehlt ihnen die Fähigkeit der Kohäsion. Der *Ton* ist chemisch aktiv. Er geht leicht doppelte Umsetzungen ein. Im Gegensatz zu den anderen Fraktionen besitzt er auffallende physikalische Eigenschaften, die in vieler Hinsicht an die elektronegativer Kolloide erinnern. Diese Eigenschaften treten nur zutage, wenn der Ton mit Wasser oder, in viel geringerm Maße, auch wenn er mit anderen polaren Flüssigkeiten befeuchtet ist. Durch Glühen gehen sie jedoch alle verloren, weshalb vermutet wird, daß sie von einer speziellen Struktur abhängig sind.

Je nach dem Anteil der einzelnen Korngrößen, je nach der kolloidalen Eigenschaft dieser Bestandteile und nach dem jeweiligen Wassergehalt bilden sich mehr oder weniger innige Mischungen der einzelnen Bestandteile. Diese Mischungen können entweder in *Einzelkornstruktur, Krümelstruktur* oder *Klumpenstruktur* auftreten.

II. Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus dem Boden

Um über den Einfluß der Böden auf die Pflanzenproduktion und den Pflanzenchemismus diskutieren zu können, muß man auch etwas über die Nährstoffaufnahme der Pflanze aus dem Boden wissen. Nach der heutigen Auffassung der Pflanzenphysiologie (Frey-Wyßling

[39]) muß die Pflanze zunächst von sämtlichen im Boden vorhandenen gelösten oder löslichen Stoffen, beziehungsweise deren Ionen, etwas aufnehmen. Sie besitzt aber zusätzlich ein gewisses Wahlvermögen, und zwar in dem Sinne, daß sie von den dargebotenen Stoffen mengenmäßig mehr oder weniger aufnehmen kann.

III. Stellung der pharmazeutischen Wirkstoffe im Gesamtstoffwechsel der Pflanze

Um bewußt die Steigerung des Wirkstoffgehaltes durch Bodeneigenschaften heben zu können, wäre es in erster Linie nötig, die Stellung der pharmazeutischen Wirkstoffe im Gesamtstoffwechsel der Pflanzen zu kennen. Leider ist dies nur für eine einzige Wirkstoffgruppe, die Alkaloide, einigermaßen der Fall. Diese sind zweifellos Intermediär- oder Endprodukte des Stickstoff-Stoffwechsels. Für eine zweite Stoffgruppe, die Glykoside, dürfte es klar sein, daß deren Zuckeranteil mit dem Kohlehydratstoffwechsel in Zusammenhang steht, was schon daraus hervorgeht, daß, soweit bis heute bekannt ist, die Glykoside während des Tages zunehmen und in der Nacht wieder abnehmen. Die Stellung des therapeutisch wichtigeren Glykosidspaltlings, der Aglykone, ist dagegen noch fast restlos ungeklärt. Sie dürfte auch in Anbetracht der Vielfältigkeit der chemischen Struktur der Aglykone eine recht verschiedenartige sein.

Relativ klar ist wohl auch die Stellung der Schleime (im weiteren Sinne). Sie sind als polymere Kohlenhydrate Produkte des Kohlenhydratstoffwechsels. Einzelne, wie die Schleime der Malvazeen und der Orchidazeen, scheinen dabei nach Jaretzky und Mitarbeiter (58/59) Reservestoffe darzustellen, während andere, wie etwa das arabische Gummi oder der Tragant, neben den Reservefunktionen auch eine Rolle im Wasserhaushalt der Pflanze spielen dürften. Die genauere Einordnung der hochpolymeren Kohlenhydrate in das Stoffwechselgeschehen ist indessen heute noch nicht möglich.

Weitgehend im unklaren sind wir noch über die Stellung der ätherischen Öle und Harze, wenn auch etwa nach den Befunden von Doetsch (30) sowie von Flück und Fehlmann (37) eine Entstehung aus Eiweiß oder Eiweißspaltlingen recht wahrscheinlich ist.

IV. Bisherige Arbeiten über den Einfluß des Bodens auf Arzneipflanzen

Die bisherigen Untersuchungen über den Einfluß des Bodens auf Wuchs und Wirkstoffproduktion von Arzneipflanzen können in zwei Gruppen eingeteilt werden, nämlich in solche Untersuchungen, die den Einfluß bestehender Böden auf Arzneipflanzen ohne Variierung eines Faktors berücksichtigen und in solche, die einen oder mehrere Faktoren

variieren, was in den meisten Fällen durch Düngung geschehen ist. Es ist klar, daß in allen diesen Untersuchungen in der Regel die vielfältigen einzelnen Einflußmöglichkeiten der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften alle am meßbaren Resultat des Versuches mitbeteiligt sind. Daher wird es nur in bestimmten Einzelfällen möglich sein, aus solchen Versuchen die festgestellten Einflüsse auf einen Einzelfaktor zurückzuführen. In den meisten Fällen wird man nur etwas über den Einfluß des gesamten Faktorenkomplexes aussagen können. Viele der bisherigen Untersuchungen auf natürlichen Böden sind zudem an deren natürlichen Lagerstätten durchgeführt worden, wobei diese Böden aber in ganz verschiedenen Klimagebieten liegen. Durch den frisch hinzugetretenen Faktor «Klima» wird nun die Schlüssigkeit der erhaltenen Resultate nochmals gestört. In einzelnen Fällen, wie zum Beispiel in den an sich interessanten Untersuchungen von Salgues (104) kommt, wie wir sehen werden, noch eine weitere Variable dazu, indem dessen Untersuchungen auf verschiedenen Bodenarten und zudem noch in verschiedenen Jahren durchgeführt worden sind. Die Tatsache, daß die meisten Untersuchungen auf natürlichen Böden, die z. T. in verschiedenen Klimaten liegen, ausgeführt wurden, zwingt zu einer sehr sorgfältigen Bewertung der mitgeteilten Resultate.

Wir werden im folgenden so vorgehen, daß wir zunächst einige wenige Bemerkungen über den allgemeinen Einfluß des Bodens auf Wuchs und Wirkstoffbildung machen. Dann werden wir die relativ spärlichen Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Bodenfaktoren behandeln und hierauf die Untersuchungen über die Reaktion von Arzneipflanzen auf die chemischen Bodenfaktoren aufführen. Für die zuletzt erwähnten, recht zahlreichen Untersuchungen wäre es von hohem Werte, wenn die einzelnen Nährstoff-Faktoren und deren Einfluß auf die verschiedenen Wirkstoffgruppen sauber getrennt behandelt werden könnten. Wir versuchten so vorzugehen, möchten jedoch sogleich erwähnen, daß die sehr ungleiche Qualität und die ungleichen Voraussetzungen der einzelnen Arbeiten dies stark erschwert haben, so daß es gelegentlich zu gewissen Überschneidungen gekommen ist.

Mehrere Untersuchungen über die Beziehung zwischen Boden und Pflanzenproduktion beschäftigen sich nur mit mehr allgemein charakterisierten Bodenarten, ohne deren chemische und physikalische Beschaffenheit näher zu präzisieren. Wir möchten in dieser Hinsicht folgende Arbeiten erwähnen: A. Frey-Wyßling (39) ist der Ansicht, daß dunkle, humusreiche Böden im allgemeinen fruchtbarer sind als helle Rohböden, die wenig oder überhaupt keine organische Substanz enthalten. Russell (99) weist darauf hin, daß die auf Ton wachsenden Pflanzen größere Blätter ausbilden und kürzer und gedrungener gewachsen sind als die auf den Sandböden. Andererseits sind ihre Wurzeln weni-

ger faserig, weniger zahlreich und meist dicker. Der mechanische Widerstand des Tones gegen die Durchdringung seitens der Wurzeln bildet anscheinend einen wichtigen Faktor beim Wachstum der Wurzeln.

Daß einige Pflanzen gewisse Bodenarten bevorzugen, durch andere aber eventuell in ihrer Entwicklung gehemmt werden, ist längst bekannt. So fand Sandfort (105), daß Kalkböden das Wachstum von *Datura Stramonium* hemmen, während *Atropa Belladonna* nach Angaben von Boshart (7) schwere tonige Böden mit reichem Kalkgehalt geradezu bevorzugt. Diesem Befund gegenüber fand Torricelli (120), daß die Alkaloidproduktion auf tonigem, kompaktem und feuchtem Boden geringer (0,3%) sei als auf leichten, sandigen und kalkhaltigen Böden (1%). Ein ähnliches Beispiel finden wir nach Flück (38) beim Fingerhut. So verlangt *Digitalis purpurea* nach seinen Angaben kalkarmen Boden, *Digitalis lanata* dagegen liebt eher kalkhaltige Böden. Mehr sandige und lockere Böden sind vorteilhaft für Wurzeldrogen wie *Baldrian* und *Eibisch,* da diese Böden der Wurzelentwicklung weniger Widerstand entgegensetzen als der bündige Ton. *Pfefferminze* und *Krauseminze* sowie *Melisse* bevorzugen feuchten, allerdings nicht zu nassen Boden, *Lavendel* gibt besonders kräftige und zugleich aromatische Pflanzen auf kalkhaltigen, steinigen Böden. *Lobelia inflata* soll nach Angaben von Hecht (49) auf lockeren, humösen, lehmigen und lehmig-sandigen Böden besonders gut gedeihen. Für *Plantago lanceolata* fand C. Mayer (70), daß sich diese Pflanze auf humosem, ungedüngtem Boden bedeutend stärker und besser entwickelt als auf nichthumosem. Einzelne andere Arzneipflanzenarten sind mit jedem Boden, soweit er nicht zu extreme Eigenschaften aufweist, zufrieden (Limbach und Boshart [65]). So stellten Eby, Scholl und Phillips (32) fest, daß arme Böden wie Bauschutt den Alkaloidgehalt und die Entwicklung der *Datura Stramonium* nicht nachteilig beeinflussen. Anderseits ist bekannt, daß *Datura Stramonium* auf sehr fetten und schweren Böden ausgezeichnet wachsen.

Walther (126), der *Pimpinella saxifraga* an sechs verschiedenen Standorten anbaute und dann das Verhältnis von Wurzeldicke und Sproßhöhe untersuchte, fand folgendes:

Pimpinella saxifraga	Wurzeldicke	Sproßhöhe
auf Muschelkalk (Kiefernwald)	0,23 cm	27,8 cm
auf Muschelkalk (schattiger Waldweg) . .	0,26 cm	40,3 cm
auf Muschelkalk (Buschwald)	0,30 cm	33,9 cm
auf Keuperletten (Buschwald)	0,33 cm	39,0 cm
auf Bundsandstein (schattiger Straßenrand)	0,33 cm	43,0 cm
auf Bundsandstein (Waldweg)	0,38 cm	43,8 cm

Der Verfasser stellte dabei fest, daß auf Sandboden sich größere und auch dickere Wurzeln entwickelten als auf Kalk.

Mit dem Anbau von *Pfefferminze* auf drei verschiedenen Böden befaßte sich Rabak (93). Er pflanzte Pfefferminze auf dunklem, fruchtbarem Lehmboden, auf leichtem, sandigem Boden und auf schwerem Lehmboden. In bezug auf die Produktion an ätherischem Öl fand er nur geringe Unterschiede. Während auch Geruch und Geschmack der Öle sehr ähnlich waren, unterschieden sich deren optische Drehung, Brechung und Estergehalt stark. Besonders günstig für die Bildung von Menthol und Mentholestern erwies sich der sandige Boden. Springer (118) pflanzte in Südbayern auf zwei in verschiedenen Klimaten gelegenen Böden Pfefferminze. Der saure, kalireichere Boden (*p*H 6,73) lieferte einen größeren Ölgehalt und im Öl auch einen größeren Gesamtmentholgehalt als der kalkreiche, neutrale Boden (*p*H 7,0). Sowohl die Resultate von Rabak als auch die von Springer sind nicht eindeutig, da bei beiden außer dem Boden auch die Lokalklimate die Resultate beeinflussen.

Mit der Frage, welchen Einfluß die beiden Hauptbodentypen Kalkboden und Kieselboden auf verschiedene Arzneipflanzen ausüben, hat sich Salgues (104) im Zusammenhang mit Düngungsversuchen beschäftigt. Er erhielt bei *Lavandula* auf Kalkboden mengenmäßig einen höheren Ertrag als auf Kieselboden. Auch der Ölgehalt und der Gehalt an Linalylazetat und Cineol im Öle selbst war auf Kalk wesentlich günstiger als auf Kieselboden. Auch *Origanum vulgare* gedeiht besser auf Kalkböden und bildet dort mehr ätherisches Öl. Das Öl ist reicher an Phenol und Karvakrol, einzig der Thymolgehalt ist auf Kieselböden besser. Leider sind diese Versuche von Salgues nicht alle im gleichen Jahre durchgeführt worden, so daß es nicht gelingt, den Klimafaktor auszuschalten. Das erhaltene Resultat darf daher nicht ohne weiteres dem Einfluß der verschiedenen Bodenarten zugeschrieben werden.

Über den Einfluß der *physikalischen Beschaffenheit* des Bodens auf den Schleimgehalt der *Althaea officinalis* liegen Resultate von Dafert und Fuchsgelb (21) vor. Um den Einfluß des *Feinheitsgrades* des Bodens zu prüfen, legten die Verfasser Vegetationsversuche mit verschiedenen Sand- und Bodenmischungen an. Die erhaltenen Resultate sprechen dafür, daß die physikalische Beschaffenheit des Bodens einen mindestens ebenso großen Einfluß auf die Pflanze ausübt wie die chemischen Bodenfaktoren. Ein mehr sandiger Boden erwies sich für den Schleimgehalt der Droge günstiger als ein mehr toniger. Auch Wüst (132) hat seine Versuchsböden einer mechanischen Bodenanalyse unterworfen und ihre physikalische Zusammensetzung ermittelt. Seine Arbeit werden wir am Schlusse dieses Kapitels besprechen.

Der *Wassergehalt* des Bodens scheint ebenfalls von großer Bedeutung für die Arzneipflanzen zu sein. So zeigt Rutschkin (101), daß z. B. bei *Linum* die Jodzahl des Öles durch Dürre des Bodens herab-

gesetzt wird. Nach vorläufigen Untersuchungen des Verfassers scheint dann auch besonders bei Schleimdrogen sich der Wassergehalt des Bodens im Schleimgehalt auszuwirken. Doch sind diese Untersuchungen noch nicht abgeschlossen und erlauben daher kein fertiges Urteil.

I. Esdorn (34) zitiert Beobachtungen von Whitlav, der feststellte, daß die Wirksamkeit der *Lobelia* sich auf verschiedenen Böden ändert und am intensivsten auf feuchtem Standort wird.

In einer größeren Untersuchung über den Einfluß verschiedener ökologischer Faktoren auf *Mentha piperita*, die auf Quarzsand unter geregelter Nährstoff- und Wasserzufuhr durchgeführt wurden, konnte Birkeli (6) keinen meßbaren Einfluß des Wassergehaltes des Bodens auf den Ölgehalt der Trockendroge konstatieren. In der Frischdroge zeigte sich eine kleine Verminderung des Ölgehaltes mit steigendem Wassergehalt des Bodens. Die Ölproduktion pro Bodenfläche stieg dagegen mit steigendem Wassergehalt stark an, da auf den feuchteren Böden viel größere Mengen an grüner Masse produziert wurden.

Einen Einblick über den Einfluß der *Wasserstoffionenkonzentration* des Bodens auf die Entwicklung verschiedener Heilpflanzen gibt uns Himmelbaur (53). Er brachte die Böden durch Zusatz von verschiedenen Mengen von kohlensaurem Kalk auf die gewünschten *p*H-Werte. Dabei zeigte *Hyoscyamus niger* ein Optimum in bezug auf Wuchs und gesundes Aussehen bei einem *p*H-Bereich von 6,4—7,9, *Matricaria Chamomilla* bei *p*H 7,3—8,1 und *Majorana hortensis* bei *p*H 5,6—6,4. Für *Chrysanthemum cinerarifolium* stellte er fest, daß es auf Böden mit einem *p*H von 5,9—8,1 wachsen kann, alkalische Böden aber bevorzugt.

Mothes (80) hat die Beeinflussung des Alkaloidgehaltes durch verschiedene Bodenreaktionen am *Tabak* studiert und konnte durch Aziditätsänderungen keine Schwankungen im Nikotingehalt herbeiführen.

Nach Suchurow (zitiert von Sandfort [105]) soll sich der *Stechapfel*, was die Produktion an grüner Masse anbetrifft, am besten auf einem neutral reagierenden Nährmedium entwickeln. Bei saurer oder alkalischer Reaktion desselben gehen die Erträge zurück. Für den Prozentgehalt an Alkaloiden dagegen fand er das umgekehrte Verhältnis, und zwar nahm der prozentuale Alkaloidgehalt gegen die alkalische Seite hin stärker zu als gegen die saure. Dieses Ergebnis bedarf aber noch der genaueren Kontrolle.

Weiter konnte Birkeli (6) in seiner schönen Untersuchung zeigen, daß die Pflanzen auf Böden mit einem *p*H über 7,2 einen vielfältig gestörten Wuchs aufwiesen. Nach der sauren Seite hin wuchsen die *Pfefferminzpflanzen* noch bis zu einem *p*H von 4,2. Es zeigten sich jedoch dabei ebenfalls starke Wachstumsstörungen, und die meisten gingen nach einigen Wochen ein. Der Ölgehalt der frischen und der trockenen Pflan-

zen war bei allen untersuchten Boden-*p*H praktisch der gleiche und zeigte keine gesetzmäßige Korrelation zum *p*H.

Die größte Zahl von Untersuchungen über Bodeneinflüsse bezieht sich auf die *chemischen Bodeneigenschaften.* Dabei befaßt sich der überwiegende Teil der Arbeiten mit dem Einfluß einer einzelnen Bodenkomponente. Diese wird in der Regel dem natürlichen Boden in steigenden Mengen zugeführt (Düngung). Wir möchten bei der Besprechung dieser Untersuchungen zunächst kurz auf den Einfluß der *Spurenelemente* eintreten und anschließend dann die *Hauptnährstoffe* Stickstoff, Phosphor und Kali behandeln.

Bei den *Spurenelementen* ist besonders der Einfluß des *Mangans* auf Arzneipflanzen untersucht worden. Die Vorliebe von *Digitalis purpurea* für dieses Element ist bekannt. So berichtet Hegi (55), daß diese Pflanze auf manganhaltigen Böden besonders häufig ist. Auch Burmann (14) ist der Ansicht, daß für *Digitalis purpurea,* im Gegensatz zu *Digitalis ambigua* und *Digitalis lutea,* das Vorhandensein von Mangan nützlich sei. C. Mayer (70) stellt fest, daß *Digitalis purpurea* und wahrscheinlich auch *Digitalis lanata* auf eine Manganbeidüngung (besonders auf manganarmen Böden) günstig anspricht. In bezug auf *Digitalis purpurea* und *Digitalis lanata* findet auch Boshart (9), daß Mangan in mehreren Versuchen eine schwache Erhöhung der pharmakologischen Wirksamkeit zur Folge hatte. Dafert und Löwy (24) behaupten dagegen, gestützt auf ihre Untersuchungen, daß ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Mangangehalt des Bodens und der physiologischen Wirkung der darauf gewachsenen Digitalisdroge noch nicht sichergestellt ist. Bei den Alkaloidpflanzen konnten Haller (für *Datura innoxia)* (46) und Guillaume (für *Lupinus mutabilis*) (43) beobachten, daß das Wachstum durch Mangan leicht gefördert wurde. Dasselbe fand Maurin (68) für *Datura Stramonium.*

Für *Eisen* wiesen Dafert und Löwy (23) eine Steigerung der Färbekraft von *Carthamus tinctorius* nach. *Eisen* und *Kupfer* vermögen nach Wasicky und Hoertlehner (128) weder für sich allein noch in Kombination einen sicher feststellbaren Einfluß auf das Gesamtwachstum und die Herzaktivität der Blätter von *Digitalis purpurea* auszuüben. In bezug auf Alkaloidpflanzen fand Maurin (68), daß *Eisen-* und *Aluminiumsulfat* eine beträchtliche Wirkung auf die Entwicklung und den Alkaloidgehalt von *Datura* ausüben. Auch Guillaume (43) erhielt bei seinen Versuchen mit *Lupinus mutabilis* durch Düngung mit *Eisensulfat* eine Erhöhung des Erntegewichtes und des Alkaloidgehaltes. Demgegenüber stellt Tunmann (122) fest, daß eine Düngung mit *Ferrosulfat* den Alkaloidgehalt von *Atropa Belladonna* nicht erhöht.

Für *Kupfer* sowie für *Zink* und *Kobalt* konstatiert Haller (46) auch eine leicht wachstumsfördernde Wirkung auf *Datura innoxia* Miller.

Diese Spurenelemente üben aber keine direkte Wirkung auf den Stoffwechsel der Alkaloide aus.

Eine bemerkenswerte Steigerung der Alkaloidproduktion beim *Granatbaum* fand Maurin (69) nach Düngung mit *Thorium.*

Das *Bor,* das ja im Obstbau als wachstumsförderndes und fruchtansatzsteigerndes Spurenelement gilt, ist auf dem Gebiete der Arzneipflanzen von Haller (46) ebenfalls als besonders gut wirkendes Spurenelement in bezug auf die wachstumsfördernde Wirkung auf *Datura innoxia* Miller befunden worden.

Ferner vertritt Maurin (68) die Ansicht, daß gewisse katalytische Stoffe, wie zum Beispiel *Uran,* befähigt sind, die Entwicklung von *Datura Stramonium* zu fördern, den Alkaloidgehalt aber zu vermindern.

Goris (40) düngte *Tollkirschen* mit *radioaktiven Stoffen* und machte dabei die Feststellung, daß die Extrakte der Pflanzen, die auf den mit radioaktiven Stoffen gedüngten Böden wuchsen, wirksamer waren als solche von Pflanzen ungedüngter Böden.

In bezug auf die *Hauptnährstoffe* Stickstoff, Phosphorsäure und Kali läßt sich sagen, daß die meisten Arzneipflanzen einen guten und ausgeglichenen Gehalt des Bodens an diesen Stoffen bevorzugen und nur einzelne, wie etwa *Verbascum* und *Datura Stramonium,* auch auf ausgesprochen mageren Böden relativ gute Erträge an Droge liefern.

Wenn auch die meisten Untersuchungen, die sich mit dem Einfluß der erwähnten drei *Hauptnährstoffe* befassen, fast immer unter Zusatz eines oder mehrerer Nährstoffe zu den Naturböden ausgeführt wurden, während wir lediglich den Einfluß von neun verschieden zusammengesetzten Rohböden prüften, erachten wir es doch für nützlich, einige der obenerwähnten wesentlichen Arbeiten kurz zu analysieren. Wir glauben auf diese Weise eventuell Vergleichsmöglichkeiten und Diskussionsgrundlagen für unsere Untersuchungen zu erhalten. Wir möchten die Arbeiten so gruppieren, daß wir zunächst auf die am meisten behandelten *Alkaloidpflanzen* eintreten, anschließend daran besprechen wir die *Ätherisch-Ölpflanzen* und zum Schlusse die *Glykosidpflanzen.* Innerhalb der einzelnen Pflanzengruppen möchten wir nach Möglichkeit zuerst den Einfluß des Stickstoffes, dann denjenigen des Phosphors und endlich den des Kalis diskutieren, wobei aber Überschneidungen nicht zu umgehen sein werden.

Für die *Alkaloidproduktion* ist rein überlegungsmäßig zu erwarten, daß der *Stickstoffgehalt* sich besonders bemerkbar machen muß, da ja die Alkaloide Zwischen- oder Endprodukte des *Stickstoff-Stoffwechsels* sind. Ein höherer *Stickstoffgehalt* des Bodens dürfte bis zu einem gewissen Grade den Stickstoffumsatz und damit auch die Alkaloidbildung in der Pflanze steigern. Dies ist in der Tat auch von einer recht großen

Zahl von Untersuchungen bewiesen worden, wenn auch einige Arbeiten keinen steigernden Einfluß von Stickstoffdüngung bestätigen konnten.

Eine ganze Anzahl von solchen Untersuchungen beschäftigen sich mit *Tabak*. So erhielten Cutler (19) und Heine (50) durch Stickstoffdüngung eine merkliche Erhöhung des Nikotingehaltes. Huter (54) wies ebenfalls eine Steigerung der Nikotinproduktion durch Stickstoffdüngung nach, konnte aber zeigen, daß auch die *Stickstoffquelle* für das Ausmaß der Steigerung von großer Bedeutung ist. So erhöhte *Ammonstickstoff* den Nikotingehalt der *Tabakpflanze* in bedeutend höherem Maße als *Nitratstickstoff*, und am günstigsten wirkte *Ammonnitrat*.

Einläßlich sind ebenfalls die Solanazeen *Datura*, *Atropa* und *Hyoscyamus* untersucht worden.

Bei *Atropa Belladonna* konstatierten Torricelli (120), Chevalier (18), Vreven und Schreiber (124), Beausite (5), Ransom und Henderson (95), Miller (75), Kramer (62) und Sievers (108) nach Düngung mit Stallmist, anorganischen Stickstoffdüngern oder mit Kombinationen der beiden eine ausgesprochene Steigerung des Alkaloidgehaltes. Gleichsinnige Resultate fanden für *Datura Stramonium* Mitlacher (76), Hiltner und Boshart (52), Boshart (8), de Graaff (42), Limbach und Boshart (65) sowie *Dojarenko* (31). Der letztere Autor fand jedoch nur bei Düngung mit mineralischem Stickstoff eine Alkaloidzunahme, während Stallmist eine Alkaloidabnahme hervorrief.

Für *Hyoscyamus niger* konstatierten Pater (87—89), Klan (60) und Prasad (92) ebenfalls eine Alkaloidsteigerung durch Stickstoffdüngung.

Diesen recht zahlreichen Untersuchungen, welche eine Steigerung der Alkaloidproduktion bei Solanazeendrogen durch Stickstoff nachgewiesen haben, stehen einige andere gegenüber, die entweder keinen klaren Einfluß oder gar eine Alkaloidverminderung nach Stickstoffdüngung konstatieren konnten. So fanden Tunmann (122), Bauer (4) und Carr (16) für *Atropa Belladonna* keine Alkaloidsteigerung. Analoge Befunde liegen für *Datura Stramonium* von Feldhaus (zit. Klan [60]), Dafert und Siegmund (28) und Bauer (4) vor, und für *Hyoscyamus niger* von Dafert und Siegmund (28), Carr (16) und Bauer (4). Bei Bauers Untersuchungen machte der Chilesalpeter eine Ausnahme, indem er den Alkaloidgehalt schwach erhöhte. Dojarenko (31) fand für *Datura* bei Stallmistdüngung sogar eine Herabsetzung des Alkaloidgehaltes.

Während bei den Solanazeen doch die Befunde, daß Stickstoffdüngung die Alkaloidproduktion steigere, im wesentlichen überwiegen, scheint bei *Lobelia* das Gegenteil der Fall zu sein. So konnten Mascré und Génot (66/67), Esdorn (34), Dafert und Himmelbaur

(22) und in gewissem Grade auch Rjabinovsky (97) eine Herabsetzung des Alkaloidgehaltes durch Stickstoffdüngung mit verschiedenen Stickstoffquellen feststellen. Einzig für Kalziumzyanamid konnte Rjabinovsky (97) eine Steigerung des Ernteertrages und der Alkaloidproduktion konstatieren. Nach Angaben desselben Autors ist Kalk erforderlich, da saurer Boden für die Lobeliapflanzen sehr schädlich ist.

Bei *Lupinus mutabilis* konnte Guillaume (43) eine Steigerung der Alkaloidbildung und eine kräftigere Entwicklung der Pflanze durch Stickstoffdüngung nachweisen.

In den bisher besprochenen Alkaloiddrogen kommen die Alkaloide im Zellsaft der Parenchymzellen vor, bei *Papaver somniferum* sind sie dagegen im Milchsaft enthalten. Boshart (9) berichtete, daß bei dieser Pflanze Stickstoffdüngung mit verschiedenen Stickstoffquellen den Morphingehalt des Opiums nicht gesetzmäßig beeinflußt.

Spezielle Verhältnisse liegen beim Solanin der *Kartoffeln* vor, indem es sich hier um ein Glykoalkaloid handelt. Sowohl Sabalitschka und Jungermann (102) als auch ganz besonders Pallmann und Schindler (83) konnten keine oder höchstens eine sehr geringe Beeinflussung des Solaningehaltes durch Stickstoffdüngung feststellen. Pallmann und Schindler (83) konnten sehen, daß die an sich sehr schwache Wirkung nur an der wachsenden Knolle festgestellt werden kann. Was die Erträge anbetrifft, beobachtete Krüger (63) bei seinen Versuchen mit Kartoffeln, daß steigende Stickstoffgaben auf stickstoffarmen Moor- und Sandböden höhere Erträge lieferten. Die besten Resultate erhielt der Verfasser mit Ammoniumsulfat.

Bedeutend weniger Untersuchungen liegen über *Phosphordüngung* vor. Bei den Solanazeen fanden mit Phosphordüngung allein Maurin (68) bei *Datura* und Goris (40) bei *Atropa* eine Steigerung des Alkaloidgehaltes. Im Gegensatz dazu konnte Tunmann bei Atropa weder eine Steigerung noch eine Senkung des Alkaloidgehaltes durch Phosphordüngung konstatieren. Die überwiegende Zahl der Untersuchungen, wie zum Beispiel die von Carr und Reynolds (17), Pater (87—89) und Klan (60) an *Hyoscyamus* konstatiert eine Gehaltserniedrigung bei erhöhter Phosphordüngung.

Für *Lobelia* fanden Esdorn (34) sowie Mascré und Génot (66/67) durch Phosphordüngung eine bessere Entwicklung der Pflanze. Der Gesamtalkaloidertrag wird dadurch erhöht, aber der Alkaloidgehalt sinkt, wie Mascré und Génot feststellten.

Beim *Granatbaum* konnte Maurin (69) beobachten, daß durch Düngung mit Kalziumsuperphosphat der Alkaloidgehalt verdoppelt wird.

Durch hohe Phosphorsäuregaben erzielte Boshart (11) bei *Chelidonium majus* ebenfalls eine Steigerung des Alkaloidgehaltes, während

bei *Mohn* der Morphingehalt durch Phosphordüngung nicht beeinflußt wurde.

Ausschließliche *Kalidüngung* scheint bei vielen Pflanzen eher hemmend auf die Alkaloidbildung zu wirken, wie dies Vreven und Schreiber (124) bei *Atropa*, Boshart (8) bei *Datura*, Klan (60) bei *Hyoscyamus*, Heine (50) bei *Tabak*, Guillaume (43) bei *Lupinus* und Maurin (69) beim *Granatapfel* feststellten. Steigerungen durch Kalidüngung bei Alkaloiddrogen beobachteten vor allem Esdorn (34) und Bärner (3) bei *Lobelia*. Mascré und Génot (66/67) fanden bei derselben Pflanze zwar eine Steigerung des Ertrages, aber Senkung des Alkaloidgehaltes. Eine erhöhte Alkaloidbildung durch Kalidüngung erhielten ferner Prasad (92) bei *Hyoscyamus*, Salgues (104) bei *Aconitum* und Sabalitschka und Jungermann (102) bei der Kartoffel. Boshart (9) dagegen war es nicht gelungen, durch Kalidüngung den Morphingehalt des Mohns zu erhöhen.

Überblickt man die hier aufgeführten Untersuchungen über die Beeinflussung der Alkaloidbildung, so kann man keinen für alle Spezies gültigen Schluß ziehen. Immerhin glauben wir aus den Resultaten ablesen zu können, daß die Solanazeen im allgemeinen auf erhöhte Stickstoffgaben mit einer Steigerung der Alkaloidbildung reagieren, sofern die Steigerung sich im normalen Rahmen hält und nicht infolge zu starker Dosierung toxisch wirkt, wie dies de Graaff (42) für *Datura* fand. Für *Lobelia* dagegen scheint Stickstoff in manchen Fällen den Alkaloidgehalt zu erniedrigen.

Über die Wirkung von Kombinationen der drei Hauptnährstoffe möchten wir erst nach Behandlung weiterer Pflanzengruppen Schlüsse ziehen.

Die Arbeiten, die sich mit dem Einfluß einseitiger Düngung auf Ätherisch-Ölpflanzen befassen, möchten wir, ähnlich wie die Arbeiten über die Beeinflussung der Alkaloidbildung, so besprechen, daß wir nacheinander den Einfluß von Stickstoff, Phosphor und Kali behandeln und innerhalb dieser Abschnitte die einzelnen Spezies nach ihrer systematischen Einteilung zusammenfassen.

Versuche mit den *Umbelliferen Koriander* und *Anis* führten Dafert und Rudolf (26) aus. Sie sahen, daß es durch einseitige Düngung mit Stickstoff gelingt, die Sekretproduktion zu steigern. Bei *Kümmel* fand Potlog (90) durch N-Düngung eine Steigerung des Samenertrages. Eine günstige Wirkung auf den Ätherisch-Ölgehalt der Samen konnte er jedoch nicht beobachten. Bei *Baldrian* konstatierte Boshart (9), daß eine Düngung mit Stallmist eine Abnahme des Ätherisch-Ölgehaltes bewirkt.

Aus der Familie der *Kompositen* liegen Versuche mit der *Kamille* und der *Schafgarbe* vor. Bei der *Kamille* fanden sowohl Dafert (20)

allein als auch Dafert und Rudolf (26) durch N-Düngung eine Erhöhung des Ertrages und auch eine vermehrte Ätherisch-Ölbildung. Auch die *Schafgarbe* reagiert nach Versuchen von Mayer (70) auf N-Düngung mit einer üppigeren vegetativen Entwicklung, der Ätherisch-Ölgehalt dagegen sinkt. Gleichzeitig konnte der Autor auch eine Abnahme des Azulengehaltes im ätherischen Öl feststellen.

Bei den *Labiaten* möchten wir drei Arbeiten zitieren. Zwei davon behandeln die *Pfefferminze* und eine den *Thymian*. Sowohl Moßler (79) als auch Birkeli (6) sind der Ansicht, daß *Pfefferminze* während der Entwicklung für Mineralstoffe wie N dankbar ist. Nach Moßler (79) soll Stallmist auch den Ölgehalt fördern, jede Art von Mineraldüngung aber denselben benachteiligen. Auch Birkeli (6), in seinen sehr schönen Versuchen auf Sandnährböden, fand keine Beeinflussung der ätherischen Ölbildung durch N-Düngung. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt Mayer (70) beim *Thymian*. Er findet, daß N-Düngung den Ertrag um das Doppelte erhöht, den Ätherisch-Ölgehalt aber herabsetzt.

In bezug auf *P-Düngung* finden einerseits Dafert und Rudolf (26) im Laufe ihrer Untersuchungen mit den *Umbelliferen Koriander* und *Anis*, andererseits auch van de Vyvere mit *Engelwurz*, daß die Ätherisch-Ölbildung gefördert wird. Eine gleiche Wirkung stellte Boshart (9) für die Ätherisch-Ölproduktion in Baldrian fest.

Bei den *Kompositen* dagegen wird, wie Dafert (20), Hecht (47) und Dafert und Rudolf (26) bei der *Kamille* konstatierten, sowohl der Ertrag als auch der ätherische Ölgehalt der Pflanzen durch P-Düngung vermindert. Die vorher erwähnten Versuche von Birkeli (6) zeigten ähnlich wie bei der N-Düngung auch bei der Düngung mit Phosphorsäure keinen sicheren Einfluß auf die Ölbildung von *Mentha piperita*.

Die *Kalidüngung* zeigte nach Dafert und Rudolf (26) bei *Anis* und *Koriander* eine leichte Abnahme des Ätherisch-Ölgehaltes. *Baldrian* dagegen reagierte nach den Versuchen von Boshart (9) mit einer vermehrten Ätherisch-Ölbildung nach Kalidüngung. Bei *Kamille* trat nach Kalidüngung eine recht klare Steigerung des Ölgehaltes auf, wie Dafert (20) zeigen konnte.

Für *Pfefferminze* fand Moßler (79) nach Kalidüngung eher eine Abnahme, während die schon erwähnten Versuche von Birkeli (6) auch für einseitige Kalidüngung keinen klaren Einfluß auf die Ölbildung dieser Spezies nachzuweisen vermochten.

Von den *Glykosidpflanzen* sind besonders einige Spezies mit *Senfölglykosiden* sowie *Digitalis purpurea* und *Digitalis lanata* in bezug auf N-, P- und Kalidüngung untersucht worden.

Für die N-Düngung fanden Boshart (9) (brauner Senf) sowie Schuphan (zit. Boshart [9]) (Rettich) eine Steigerung der Senf-

ölglykosidbildung, während Dafert und Thoma (29) beim *braunen Senf* keine Beeinflussung der Wirkstoffbildung konstatieren konnten. In *Digitalis pupurea* und *lanata* tritt nach *Boshart* (10) eine vermehrte Glykosidbildung durch N-Düngung ein. Court und Allemann (18a) fanden für *Digitalis lanata* bei N-Düngung auf Ackerboden eine geringe Beeinflussung des Glykosidgehaltes. Auf Sandnährböden zeigte sich indessen eine ausgesprochene Steigerung der Glykosidbildung, sofern nicht die N-Gabe (Harnstoff) übermäßig hoch war.

Für die Saponinbildung in *Saponaria officinalis* fanden Dafert und Mauerer (25) nur bei Sämlingen eine leichte Steigerung, während sich Stecklinge als unbeeinflußbar erwiesen.

Die *P-Düngung* steigerte nach Schuphan (zit. Boshart [9]) bei *Rettich* die Glykosidbildung. An *Digitalis purpurea* und *Digitalis lanata* wies Boshart (9/10) ebenfalls eine Erhöhung des Glykosidgehaltes durch P-Düngung nach, während für *Digitalis lanata* Court und Allemann (18a) in Düngungsversuchen auf Ackerboden eher eine leichte Verminderung des Glykosidgehaltes, im Versuch auf Sandnährböden dagegen eine klare Steigerung fanden, sofern auch hier wiederum die Phosphorgabe nicht zu hoch war.

Die Saponinbildung in *Saponaria officinalis* scheint nach Dafert und Mauerer (25) durch P-Düngung nicht eindeutig beeinflußt zu werden.

Über die Wirkung einseitiger *Kalidüngung* auf die Glykosidbildung liegen zunächst Untersuchungen vor, die sich auf Senfölglykoside in Kruziferen beziehen. Während Boshart (9) beim *braunen Senf* eine Senkung der Glykosidbildung konstatierte, fand Schuphan (zit. Boshart [9]) bei *Rettichwurzeln* eine Vermehrung dieser Glykoside. Für *Digitalis purpurea* wies Boshart (9) nach Kalidüngung eine Steigerung der physiologischen Wirksamkeit nach. Der gleiche Autor fand auch bei *Digitalis lanata* im Feldversuch eine Steigerung, während Court und Allemann (18a) in einem Feldversuch eine Abnahme für diese Pflanze feststellten. Auf Sandnährböden beobachteten aber die beiden letzteren Autoren eine Steigerung der Glykosidbildung, wenn die Kaligabe gegenüber den anderen Hauptnährstoffen nicht übermäßig vermehrt wurde.

Die Saponinbildung in *Saponaria officinalis* wird nach Dafert und Mauerer (25) in den Sämlingen ebenfalls positiv angeregt, während Stecklinge ähnlich wie bei der einseitigen N- und P-Düngung in der Saponinbildung nicht beeinflußt werden. Die zuletzt erwähnten Untersuchungen von Court und Allemann (18a) sowie Untersuchungen von de Graaff (42) zeigen, daß eine *einseitige* Düngung mit einem der drei Hauptnährstoffe N, P oder Kali nicht über eine ge-

wisse Grenze getrieben werden kann, ohne die Wirkstoffbildung toxisch zu beeinflussen. Die steigende Wirkung einer einzigen Nährstoffkomponente folgt einer ausgesprochenen Optimumkurve und führt bei starker Überdosierung zu einem bedeutend rascheren Abfall der Kurve, als deren Anstieg vor dem Optimum verläuft.

Eine ganze Anzahl von Untersuchungen beschäftigt sich mit dem Einfluß von *Mischdüngungen* der drei Hauptnährstoffkomponenten. Die Untersuchungen lassen fast durchwegs erkennen, daß harmonisch abgestimmte Nährstoffkombinationen in der Regel günstiger wirken als einseitige Zufuhr einer einzigen Nährstoffkomponente. Es wird bei einer solchen Düngung in der Regel zunächst der Ertrag an grüner Masse gesteigert, zugleich aber auch die Wirkstoffbildung angeregt. So erhielten Limbach und Boshart (65) bei *Datura* mit einer reinen KP-Düngung einen zirka 25% kleineren Alkaloidgehalt gegenüber einer NPK-Düngung. Höhere N-Gaben vermochten jedoch den Alkaloidgehalt nicht weiter zu steigern. Ähnliche Resultate erhielten Maurin (68) für *Datura* und Guillaume (43) für *Lupinus*. Aus den Untersuchungen von Klan (60) für *Hyoscyamus* zeigt sich ebenfalls, daß eine Volldüngung günstig ist, daß aber das Weglassen von N Wachstum und Wirkstoffbildung hemmt. Keinen nennenswerten Einfluß erhielten Hiltner und Boshart (52) bei Volldüngung an *Atropa Belladonna*. Pater (87—89) wies bei *Hyoscyamus* sogar eine schädigende Wirkung der Volldüngung nach. Die Untersuchungen von Pallmann und Schindler (83) lassen erkennen, daß bei einer PN-Düngung die Solaninbildung in Kartoffeln mindestens ebenso intensiv vor sich geht wie bei einer Volldüngung, dagegen tritt ein leichter Abfall in der Solaninbildung ein, wenn nur mit PK gedüngt wird.

Auch für *Ätherisch-Öl-Drogen* weisen Untersuchungen von Dafert und Rudolf (26) und Hecht (47) für *Kamille* Gehaltssteigerungen nach Volldüngung nach. Jedoch liegen für Ätherisch-Öl-Drogen auch Untersuchungen von Potlog (90) an *Kümmel* und Dafert und Scholz (27) an *Kümmel* und *Fenchel* vor, die keine Steigerung der Wirkstoffbildung konstatierten.

Die große Bedeutung des N in Düngermischungen ergibt sich auch aus den Untersuchungen von Court und Allemann (18a), die analog der oben zitierten Untersuchungen von Pallmann und Schindler an *Solanum* fanden, daß bei ausschließlicher PK-Ernährung die Glykosidbildung in *Digitalis lanata* stark vermindert ist, während wiederum bei NP- und NK-Düngung die Glykosidbildung bedeutend stärker war, jedoch nicht an die Bildung bei Volldüngung heranreichte.

Überblicken wir die hier mitgeteilten Resultate über Beeinflussung von Wuchs und Wirkstoffbildung durch die einzelnen Bodenfaktoren, so

möchten wir zunächst festhalten, daß fast alle Untersuchungen auf natürlichen Böden erfolgt sind. Bei allen diesen Arbeiten kann das erhaltene Resultat nicht ausschließlich durch die künstliche Änderung des einen oder anderen Bodenfaktors verursacht sein. Die anderen chemischen und physikalischen Bodenfaktoren werden mehr oder weniger die Änderung des zu prüfenden Faktors kompensieren und so mit am gemessenen Resultat in Erscheinung treten. Will man das tatsächliche Ausmaß der Beeinflussung durch einen einzelnen Faktor ermitteln, so wird man in Zukunft wohl ausschließlich zur Kultur auf künstlichen Nährböden greifen müssen. Die auf diese Weise erhaltenen Resultate werden in erster Linie für die reine physiologische Forschung wichtig sein. Für den praktischen Arzneipflanzenanbau dagegen werden Resultate von natürlichen Böden, mit oder ohne deren Beeinflussung, immer von großem Werte sein.

Zum Abschluß dieses Kapitels möchten wir uns noch der Frage zuwenden, welchen Umfang die durch die Bodenfaktoren verursachten Variationen im Wirkstoffgehalt annehmen können. Um in dieser Richtung schlüssige Resultate zu erhalten, müssen wir wohl im wesentlichen die Untersuchungen zuziehen, welche bewußt alle nicht vom Boden herrührenden klimatischen, genetischen, kulturtechnischen und die erntebedingten Einflüsse auszuschalten versuchen.

Die umfassendste Arbeit, die den soeben gestellten Anforderungen entspricht, ist diejenige von Wüst (132). Sie befaßt sich allerdings nur mit neun verschiedenen Rohböden, ohne diese in irgend einer Weise zu beeinflussen. Da die Böden alle in einem Umkreis von zirka 100 m liegen und alle nicht edaphisch bedingten Faktoren soweit als möglich ausgeschaltet wurden, glauben wir, daß schlüssige Ergebnisse in bezug auf die Streuung aus der Untersuchung gezogen werden dürfen. Bevor wir auf die Streuung eintreten, möchten wir kurz noch einige weitere Resultate der Arbeit resümieren. Ganz allgemein stellt Wüst (132) einen großen Einfluß der neun verschiedenen Bodenarten (Sand, Kreide, Verrucano, Bündnerschiefer, Gneis, Flysch, Jura, Humus und Ton) auf Wachstum, Aussehen, Ertrag an grüner Masse und Wirkstoffgehalt der untersuchten Pflanzen (Pfefferminze, Baldrian, Bibernelle und Eibisch) fest. Auf den reichlich mit löslichen Nährstoffen versehenen Böden (Lehm, Humus, Kreide und Jura) haben sich auch die üppigeren und größeren Pflanzenexemplare entwickelt als auf den ärmeren Böden (Sand, Bündnerschiefer, Verrucano und Flysch). Es scheint, daß speziell der N-Gehalt, in Verbindung mit dem löslichen Phosphor und Kali, stark an der Produktion der grünen Masse beteiligt ist. Ganz allgemein stellt der Verfasser fest, daß sich Flysch, Bündnerschiefer und Sand für einen Anbau von Pfefferminz, Baldrian, Bibernell und Eibisch wenig eignen. Verrucano, Jura und Gneis erwiesen sich bereits als etwas günstiger. Die besten Resultate wurden auf Humus, Lehm und Kreide erzielt.

Stellen wir nun die von Wüst gefundenen Höchst- und Mindestgehalte an Wirkstoffen einander gegenüber, so erhalten wir folgendes:

bei Mentha piperita:

Höchstgehalt	an ätherischem Öl auf	Humus	2,37 %
Mindestgehalt	» » » »	Flysch	1,61 %
max. Unterschied	ausgedrückt in %	des Höchstgehaltes	= 32 %

bei Valeriana officinalis:

Höchstgehalt	an ätherischem Öl auf	Gneis	1,94 %
Mindestgehalt	» » » »	Flysch	1,29 %
max. Unterschied	ausgedrückt in %	des Höchstgehaltes	= 33 %

bei Pimpinella magna:

Höchstgehalt	an ätherischem Öl auf	Kreide	0,47 %
Mindestgehalt	» » » »	Bündnerschiefer	0,35 %
max. Unterschied	ausgedrückt in %	des Höchstgehaltes	= 26 %

bei Althaea officinalis:

Höchster	Viskositätswert	auf Humus	4,025 cP 20°
Kleinster	»	» Bündnerschiefer . .	1,463 cP 20°
max. Unterschied	ausgedrückt in %	des Höchstwertes	= 64 %

Die von Wüst mitgeteilten Resultate lassen erkennen, daß der Boden für die Wirkstoffbildung in Arzneipflanzen eine wichtige Rolle spielt.

Hecht (48), der in einer großen Zusammenstellung die Einflüsse der verschiedenen Faktoren, die bis zu dem Datum seiner Arbeit bekannt waren, zusammenfaßte, kommt zur Ansicht, daß die Bodeneinflüsse erheblich kleinere Schwankungen im Alkaloidgehalt verursachen, als dies für die klimatischen und ganz besonders die genetischen Faktoren der Fall ist. Diese Ansicht vertritt auch Salgues (104). Er glaubt, daß sich der Chemismus des Bodens mehr im Ertrag an grüner Masse als in einer Beeinflussung des Wirkstoffgehaltes auswirkt. Sandfort (105) dagegen möchte in ihrer Untersuchung über die Schwankung im Alkaloidgehalt von *Datura* dem Boden eine ebenso große Bedeutung zumessen wie den übrigen Faktoren.

Während nach den soeben zitierten Autoren die Streuung der Wirkstoffgehalte auf verschiedenen Böden recht ungleich groß sein kann und zum Teil ein erhebliches Ausmaß erreicht, zeigen die wenigen Untersuchungen auf künstlichen Nährböden, wie diejenigen von Birkeli (6) und von Haller (46), eine bemerkenswert kleine Schwankung zwischen den höchsten und niedersten Wirkstoffgehalten.

Aus allen diesen Arbeiten geht hervor, wie lückenhaft unser Wissen auf diesem Gebiete noch ist. Im anschließenden speziellen Teil unserer Arbeit beschreiben wir die eigenen Versuche und diskutieren die erhaltenen Resultate.

B. Spezieller Teil

I. Die Versuchspflanzen

Die Wahl unserer Versuchspflanzen fiel aus den bereits in der Einleitung angegebenen Gründen auf folgende Pflanzengruppen und Pflanzen:

1. Glykosidpflanzen

Aus dieser Reihe wählten wir für unsere Versuche die aus Yünnan stammende *Bergenia Delawayi* (Franch.), Engl., (Fam. Saxifragaceae). Diese wird seit Jahrzehnten in Mitteleuropa als Zierpflanze gehalten und hat sich hier bis in Lagen von 2400 m als winterhart erwiesen. Die Bergeniaarten sind zum großen Teil Bewohner von feuchten, halbschattigen Standorten (Moritz [77]). Ihre lederigen Blätter sind reich an Gerbstoff und Arbutin, weshalb die Droge medizinisch eventuell als Ersatz für Bärentraubenblätter gebraucht werden kann.

2. Ätherisch-Ölpflanzen

Unter den Ätherisch-Ölpflanzen fiel unsere Wahl auf *Peucedanum Ostruthium* (L.) Koch (= *Imperatoria Ostruthium* L.), eine in Berglagen von ganz Europa verbreitete Umbellifere. Die bis einen Meter hoch werdende Pflanze bevorzugt Bergmatten, feuchtere Schutthalden, Rüfenen und Bachufer auf Kalk- und Kieselböden.

Die als Droge verwendeten Organe (Rhizom, Ausläufer und Wurzel) enthalten 0,2 bis 1,4% ätherisches Öl (Gildemeister und Hoffmann [45]), das in schizogenen Sekretbehältern als Bestandteil eines gelblich-weißen Milchsaftes vorkommt. Nach Lange (zit. nach Gildemeister [45]) enthält das Öl neben freier Palmitinsäure Isobuttersäure, Isovaleriansäure, Isopropylidenessigsäure, Ameisen- und Essigsäure in verestertem Zustande. Ob die Isopropylidenessigsäure bereits im ursprünglichen Öl vorhanden ist oder sich erst bei der Destillation bildet, ist noch fraglich. 95 Prozent des Öles bestehen aus Terpenen, von denen Dipenten, d-Limonen, α-Pinen und d-Phellandren nachgewiesen wurden. Außerdem enthält das Öl noch einen Alkohol $C_{10}H_{20}O$ (?) und ein Sesquiterpen.

Die Droge ist ferner sehr reich an verschiedenen Oxykumarinen wie Imperatorin, Isoimperatorin, Oxypeucedanin, Osthol, Ostruthol, Ostruthin (Späth und Mitarbeiter [109—117]) sowie Gummi, fettes Öl und Harz. Ein früher gefundener Bitterstoff (Osthin) konnte weder von Späth und Mitarbeitern noch von Herzog und Kron (51) bestätigt werden.

Als weitere Ätherisch-Öldroge untersuchten wir *Artemisia laxa* (Lam.) Fritsch (= *Artemisia mutellina* [Villars]), einen kurzrasigen

Halbstrauch mit kräftigem Erdstock, der zahlreiche kurze Stengel, Blattrosetten und bis über 10 cm lange, aufrechte oder aufsteigende Stengel treibt. Sie ist eine Hochgebirgspflanze, die mit Vorliebe auf Gipfelfelsen und Moränen bis zu zirka 3500 m über Meer vorkommt und schwach saure bis alkalische Böden bevorzugt. Als Inhaltsstoffe enthält sie ätherisches Öl und Bitterstoffe.

3. Alkaloidpflanzen

Wir beabsichtigten, *Atropa Belladonna, Datura stramonium* und *Lobelia inflata* zu untersuchen. Leider wurden aber die sich entwickelnden Daturapflänzchen im Jugendstadium auf fast allen Böden durch Tierfraß vernichtet. Aus diesem Grunde mußte die Datura aus unserem Programm gestrichen werden.

Die zu den Solanazeen gehörende *Atropa Belladonna* L. wächst wild mit Vorliebe an lichten Waldstellen, wobei sie nach Pater (86) den reinen Buchenwald bevorzugt. Nach den natürlichen Standorten zu schließen, gedeiht die Tollkirsche besser auf Kalk, findet sich jedoch auch gelegentlich auf kieselhaltigen Böden. *Atropa Belladonna* ist ein ausdauerndes, strauchartiges Kraut, das bis 2 m hoch werden kann. Als Droge werden Wurzel und Blatt verwendet. Das Blatt enthält 0,2 bis 1 %, im Mittel 0,3 bis 0,5 %, die Wurzel 0,3 bis 1 % Alkaloide.

Die wesentlichen Inhaltsstoffe des Blattes sind: l-Hyoszyamin (70 bis 95 %), Atropin (im frischen Blatt höchstens in Spuren, bildet sich jedoch beim Trocknen des Blattes durch Razemisierung aus Hyoszyamin), Skopolamin (nur kleine Mengen, kann auch fehlen). Die Nebenalkaloide Belladonnin, Apoatropin und Bellaradin sind im Blatt noch nicht sicher nachgewiesen worden. Ferner kommen vor: flüchtige Basen wie Pyridin, N-Methylpyrrolidin, N-Methylpyrrolin sowie Gerbstoff und β-Methyläskuletin, das frei und als Glukosid (Skopolin) vorkommt. *Radix Belladonnae* enthält hauptsächlich dieselben Wirkstoffe wie *Folium Belladonnae*. Das Atropin entsteht auch in der Wurzel hauptsächlich beim Trocknen durch Razemisierung von Hyoszyamin. Zeitweise kommen in kleinen Mengen die Nebenalkaloide Belladonnin, Apoatropin und Bellaradin vor, je nach Jahreszeit auch wechselnde Mengen von Rohrzucker und Stärke sowie β-Methyläskuletin.

Die zweite Alkaloidpflanze *Lobelia inflata* L. (Campanulaceae-Lobelioideae) ist ein meist einjähriges, selten zweijähriges, bis 60 cm hohes Kraut, das im östlichen Nordamerika heimisch ist. Sie wächst hauptsächlich in lichten Wäldern, auf Wiesen und Ödplätzen.

Die Pflanze enthält in allen Organen Alkaloide, und zwar das Hauptalkaloid l-Lobelin, daneben d,l-Lobelin (= Lobelidin), ferner Norlobelin, Lobelanin, Lobelanidin, Norlobelanin, Norlobelanidin und Lobinin.

II. Die Versuchsanlage Adlisberg

1. Allgemeine Situation

Um ein klares Bild über den Einfluß des Bodens auf die Arzneipflanzen zu erhalten, muß man versuchen, alle andern Faktoren wie Klima, Pflanzenmaterial, Kulturbedingungen usw. so gut als möglich auszuschalten. Durch Anlegen der Versuchsböden an demselben Ort auf einem nicht zu weitläufigen Areal kann der Klimafaktor eliminiert werden. Wir hatten den Vorteil, in dem zur *Eidg. Forstlichen Zentralanstalt* gehörenden Versuchsgarten Adlisberg eine solche Versuchsanlage, in der neun verschiedene Schweizer Böden in einem Umkreis von zirka 50 m nebeneinanderliegen, zur Verfügung zu haben. Zudem besitzt diese Anlage noch eine meteorologische Station, was für unsere Versuche sehr günstig war, weil wir so gleichzeitig eine Klimakontrolle besaßen. Die Versuchsanlage liegt östlich von Zürich, in einer Höhe von 675 m ü. M. Unsere Versuchsböden wurden dort bereits im Jahre 1890 in Beeten von zirka 25 m² Fläche und zirka 80 cm Tiefe angelegt. Sie stammen geographisch von folgenden Orten:

Sand	aus der oberen Süßwassermolasse des Adlisberges
Kreide	aus der Nähe von Stansstad
Verrucano	aus der Nähe von Murg am Walensee
Bündnerschiefer	aus der Nähe von Chur
Gneis	aus der Nähe von Amsteg
Flysch	aus der Nähe von Alpnachstad
Jura	von Baden (Kt. Aargau)
Humus	Torferde von Schwamendingen
Ton	Lehm des Versuchsgartens Adlisberg.

Der Lehm ist ein alter Waldboden aus dem Moränenmaterial des Linthgletschers; die andern Böden stammen aus Steinbrüchen und Schutthalden und können daher als Rohböden betrachtet werden. Im Jahre 1890 wurden sie zu Versuchszwecken mit verschiedenen Baumarten bepflanzt, später benutzte sie A. Wüst für seine Arzneipflanzenkulturen.

Ein Vergleich der chemischen Analysenresultate der Böden von früher mit denjenigen von Wüst zeigt, daß sich die Böden betreffend ihrer chemischen Zusammensetzung im Laufe dieser Jahre sehr wenig verändert haben. Die Verwitterung geht also nur sehr langsam vor sich, und die angebauten Pflanzen vermochten den Boden ebenfalls nicht entscheidend zu verändern.

2. Anbau und Pflege der Versuchspflanzen

Die Versuchspflanzen konnten aus verschiedenen Gründen nicht unmittelbar in die Versuchsböden gesät werden. Sie stammten zum Teil

aus Saatbeeten und zum Teil von Wildstandorten. Beim Versetzen auf den Adlisberg wurde jeweils durch Abwaschen der Wurzeln vermieden, daß fremde Bodenanteile in die Versuchsböden gelangen konnten. Während der Versuchsdauer bestand die Pflege in Freihalten von Unkraut und gelegentlichem Auflockern der Böden. Zusätzliches Wasser erhielten die Pflanzen nur während der Zeit des Anwachsens. Zu den einzelnen Versuchspflanzen haben wir das Folgende zu bemerken:

a) Bergenia Delawayi

Die Bergeniasetzlinge bezogen wir von der Gärtnerei Frickart in Stäfa. Im Frühjahr 1940 wurden sie auf unsere Versuchsböden gesetzt, wo sie sich auf den meisten Böden bald zu ansehnlichen Exemplaren entwickelten.

b) Peucedanum Ostruthium

Unsere Meisterwurzpflanzen wurden an einem engbegrenzten Standort in Maran bei Arosa ausgegraben. Die Pflanzen wurden möglichst rasch auf dem Adlisberg auf unsere Versuchsböden gesetzt. Sie entwickelten sich befriedigend. Leider trat auf allen Böden, außer Verrucano, Pilzbefall auf. Die befallenen Blätter wurden jeweils entfernt.

c) Artemisia laxa

Die Artemisien wurden auf der *Alp Cruina* im Bedrettotal geholt. Um Rassen- und Varietätsunterschiede möglichst auszuschalten, wurden die Pflänzchen alle auf einem engbegrenzten Raum, auf dem sie in großer Zahl wuchsen, ausgegraben.

d) Atropa Belladonna

Der Versuch, Sämlinge aus selbstgewonnenen Tollkirschensamen auf die Versuchsböden zu pflanzen, schlug im Sommer 1943 zum Teil infolge abrupter Witterungsverhältnisse fehl. Infolgedessen setzten wir am 15. Oktober 1943 Rhizomstücke mit anhaftenden Wurzeln von einem einheitlichen Atropastamm, aus dem Garten des Pharmazeutischen Institutes, auf die Versuchsanlage. Diese Atropastöcke lieferten ab Frühjahr 1944 auf allen Böden kräftige und gesunde Pflanzen, von denen wir unser Versuchsmaterial gewinnen konnten.

e) Lobelia inflata

Das Saatgut stammte ursprünglich aus dem Botanischen Garten Bern. Es wurde dann in der MSA Flüelen, von der wir unsere Setzlinge bezogen, weiter gezüchtet. Ein Teil der Setzlinge wurde vor dem Verbringen auf die Versuchsböden pikiert und ein Teil unmittelbar aus dem Saatbeet auf die Bodentypen versetzt. Die pikierten Setzlinge wuchsen bedeutend rascher als die nichtpikierten.

3. Ernte, Trocknung und Aufbewahrung

a) Bergenia Delawayi

Um die Pflanzen in ihrer Entwicklung möglichst wenig zu stören, wurde im Jahre 1940 noch nicht geerntet, sondern erst in den Jahren 1941 und 1942. Es wurden nach Möglichkeit nur die älteren, jedoch völlig gesunden Blätter gepflückt. Diese sollen nach Moritz (77) einen höheren Arbutingehalt aufweisen als die jüngern. Die Blätter wurden samt Blattstiel mit einer Schere abgeschnitten, das Material in Blechbüchsen verpackt und ins Laboratorium befördert. Dort wurden die Stiele abgeschnitten und die Blätter gründlich gewaschen. Bei der Ernte 1942 wurden alle, bei derjenigen von 1941 nur die Hälfte der Blätter zwischen Filtrierpapier abgetrocknet, mit einem Messer längs des Hauptnerves entzweigeschnitten und sofort bei 50 bis 60° C getrocknet. Die andere Hälfte der 1941er Blatternte wurde zwecks Abtötung der Fermente, noch ganz, während genau einer Minute in stark kochendes Wasser getaucht und dann auf Filtrierpapier ausgebreitet. Sobald die auf diese Weise stabilisierte Droge an der Oberfläche trocken war, wurde sie ebenfalls halbiert und bei 50 bis 60° C getrocknet. Das trockene Drogenmaterial verpackten wir in Papiersäcke und bewahrten es bis zur Untersuchung in Blechbüchsen über Kalk auf.

b) Peucedanum Ostruthium

Die Stöcke wurden jeweils sehr sorgfältig ausgegraben, die anhaftende Erde durch Waschen so gut wie möglich entfernt, die Pflanzen in Zeitungen gewickelt und ins Labor gebracht. Dort wurden die Wurzelorgane nochmals gereinigt und in Wurzeln, Rhizome und Ausläufer aufgeteilt. Die Rhizome und die dickeren Ausläufer wurden halbiert, um die Trocknung zu beschleunigen. Die Trocknung erfolgte bei gewöhnlicher Temperatur, und zwar auf dem Estrich des Pharmazeutischen Institutes der ETH. Die lufttrockene Droge wurde dann in die Aufbewahrungskalkbüchsen gebracht.

c) Artemisia laxa

Von den verschiedenen Stöcken schnitten wir mit der Schere schön grüne Stengel samt Blättern und Blüten heraus, und zwar bei jedem Stock nur so viel, daß er in der Weiterentwicklung möglichst wenig gestört wurde. Das geschnittene Material wurde in Gaze verpackt und sofort in Blechbüchsen über ungelöschtem Kalk getrocknet. Wo es nötig erschien, wurde der Kalk nach einer gewissen Zeit erneuert.

d) Atropa Belladonna

Wegen der vorher bereits erwähnten Schwierigkeiten beim Auspflanzen der Sämlinge konnten wir nur im Jahre 1944 Ernten einbrin-

gen, und zwar wurde am 18. September 1944 eine Blatternte vorgenommen, und am 26. Oktober 1944 ernteten wir dann die ganzen Pflanzen. Da der Alkaloidgehalt in Solanazeendrogen am Morgen höher ist als am Abend und ferner taufeuchte Drogen kleinere Gehalte geben als trockene (Boshart [8]), ernteten wir jeweils an einem sonnigen Vormittag, sobald die Blätter taufrei waren. Die gesunden Blätter wurden mit einer Schere abgeschnitten und, um Verwechslungen vorzubeugen, sofort in Papiersäcke verpackt. Die Wurzeln gruben wir mit einer Schaufel aus, dann trennten wir sie mit Hilfe eines Messers von den kahlen Stengeln ab. Das Erntegut wurde sofort ins Laboratorium gebracht und dort gereinigt. Die Blätter und die in kleine Querscheiben geschnittenen Wurzelstücke wurden auf Hurden ausgebreitet und im Umlufttrockenschrank bei 60° C getrocknet. Das trockene Material wurde dann wie üblich in Papiersäcke verpackt und in gut verschlossenen Blechbüchsen über gebranntem Kalk aufbewahrt.

e) Lobelia inflata

Nach Esdorn (34) weist Lobelia zwei zeitliche Maxima an Wirkstoffen auf, nämlich kurz vor oder während des Blütebeginns und gegen Ende der Blütezeit. Die Reife der Pflanze darf aber nicht zu weit fortgeschritten sein, da beim Vergilben sonst ein sehr schneller und starker Alkaloidverlust eintritt. Wir ernteten gegen das Ende der Blütezeit, und zwar wurde die Ernte in zwei Malen eingebracht, denn ein Teil unserer Lobelien war in der Entwicklung zurückgeblieben, die andern dagegen waren bereits erntereif. Die erste Ernte wurde am 27. August 1943, nachmittags zwischen 15 und 17 Uhr, bei sonnigem Wetter vorgenommen. Die zweite am 5. Oktober 1943, nachmittags 15 Uhr, ebenfalls bei sonnigem Wetter. Die ganzen Pflanzen konnten leicht aus dem Boden gezogen werden. Da die Lobeliaalkaloide sehr wärmeempfindlich sind (Esdorn [34]), sahen wir von einer Trocknung im Trockenschrank bei künstlicher Wärme ab und trockneten auf einem luftigen Dachboden bei gewöhnlicher Temperatur. Die trockene Droge wurde wieder wie üblich in Papiersäcke verpackt und über Kalk aufbewahrt. Auch im Jahre 1944 mußte aus denselben Gründen wie im Vorjahre die Ernte in zwei Malen eingebracht werden. Dies geschah das erstemal am 31. August 1944, zwischen 15.45 und 16.45 Uhr. In der Nacht und am Morgen des Erntetages fiel ein warmer Gewitterregen, am Nachmittag zur Zeit der Ernte war es jedoch wieder schön und heiß. Die zweite Lobeliaernte wurde dann noch bei zuerst sonnigem, dann bewölktem und windigem Wetter am 7. September 1944 vorgenommen. Auch diese beiden Male wurden die Pflanzen gereinigt und auf dem Dachboden zum Trocknen ausgelegt. Die getrocknete Droge verpackten wir wieder in Papiersäcke und legten sie in die Kalkbüchsen.

4. Phänologische Beobachtungen

Der besseren Übersicht wegen möchten wir die während dem Anbau gemachten phänologischen Beobachtungen, so gut es geht, in Form von Tabellen zusammenstellen (siehe Tabellen 1, 2, 3 und 4).

Zusammenfassung

Aus Tabelle 1 geht hervor, daß während den drei Versuchsjahren die Blütenbildung bei *Bergenia Delawayi* auf den Böden Verrucano, Gneis, Flysch und Kreide am größten ist, etwas geringer ist sie auf Sand und Jura, am schwächsten ist sie auf Bündnerschiefer, Humus und Ton. Diese drei letztgenannten Böden liefern aber gleich wie der Sand schöne und große Blätter, während dieselben gerade bei Kreide, Flysch, Verrucano und auch beim Jura weniger schön entwickelt sind.

Für *Meisterwurz* ergibt sich: reichliche Blütenbildung auf Ton, eine mittlere bis ordentliche auf Flysch, auf allen andern Böden bilden sich nur wenig oder gar keine Blüten. Die Pflanzen leiden auf allen Böden, außer dem Verrucano und zum Teil auch dem Gneis, mehr oder weniger unter Pilzbefall. Was die Entwicklung der Pflanzen anbetrifft, so war sie während den drei Versuchsjahren am besten auf Ton, auf Sand und Gneis war sie gut, auf Verrucano und Kreide ordentlich, auf Flysch, Humus, Jura, ganz besonders aber auf Bündnerschiefer mager.

Die *Artemisia laxa* scheint in bezug auf die vegetative Entwicklung am besten auf dem Gneis zu gedeihen. Bei sehr guter Entwicklung, sehr reicher Blütenbildung erhalten wir auch eine glänzende Ausbeute an reich verzweigten Stöcken mit langgestielten Blättern. Beinahe ebenso gute Resultate wie der Gneis liefern Verrucano und merkwürdigerweise auch Kreide. Etwas weniger günstig, aber immerhin noch gut bis ordentlich, entwickelt sich die Artemisia auf Sand, Ton, Humus und Jura. Der Bündnerschiefer und Flysch scheinen jedoch der Pflanze nicht zu behagen.

Atropa Belladonna gedeiht eindeutig am besten auf dem Humusboden, aber auch Ton- und Sandboden sagen ihr zu. Eine Mittelstellung nehmen der Jura, Flysch und Gneis ein. Am schlechtesten findet sie ihr Fortkommen auf Kreide, Bündnerschiefer und ganz besonders auf Verrucano (siehe Abbildungen auf Tafeln 7 und 8, Seiten 320/21).

Bei *Lobelia inflata* sind die Wurzeln der pikierten Pflanzen überall viel besser ausgebildet als bei den nichtpikierten. Infolgedessen wuchsen auch die pikierten Lobelien meist zu schönen und kräftigen Exemplaren heran. Tafel 8, Abbildung 2, zeigt diesen Unterschied sehr schön bei den Lobelien 1944 auf Verrucano.

Sehr geeignet für eine gute Entwicklung der Lobeliapflanzen sind die Böden Ton und Humus, auch Gneis und Jura gehen noch an. Eine Mittelstellung nehmen Sand, Kreide und Bündnerschiefer ein, schlecht eignen sich für Lobeliaanbau der Verrucano und im Jahre 1944 auch der Flysch.

5. Die klimatischen Verhältnisse während den Versuchsjahren 1940—1944

Wenn auch alle von unsern Pflanzen dem gleichen Klima ausgesetzt waren, weil unsere Böden in einem Umkreis von nur zirka 50 m liegen, erscheint es uns doch nötig, das Klima der verschiedenen Versuchsjahre kurz tabellarisch wiederzugeben, da so eventuell ein abnormales Verhalten einzelner Versuche von Jahr zu Jahr erklärt werden kann.

Wir haben überdies sowohl im Boden als auch im Bereich der oberirdischen Organe die Wärmesumme nach der Methode von Pallmann (82) bestimmt.

A. Messungen der meteorologischen Station Adlisberg in den Jahren 1940—1944

Die von der *Eidg. Anstalt für das Forstliche Versuchswesen* ausgeführten Messungen wurden jeweils vom Monat April bis und mit September vorgenommen. Von diesen Messungen sind für unsere Versuche die folgenden von Bedeutung:

a) die Lufttemperatur an der Bodenoberfläche;
b) die Temperatur des Bodens an der Erdoberfläche;
c) das Lufttemperaturminimum;
d) die relative Luftfeuchtigkeit;
e) die Sonnenscheindauer;
f) die Niederschläge.

Um diese Zahlen auswerten zu können, brauchen wir einen gewissen Standard als Maßstab. Zu unseren Vergleichszahlen wählten wir Durchschnittswerte, die aus den Resultaten einer zehnjährigen Untersuchungsperiode berechnet wurden. Wir entnahmen diese Daten (der Jahre 1927 bis 1936) der Dissertation von Wüst.

Tabelle 1

Böden	Bergenia Delawayi						Peucedanum Ostruthium											
	Blütenbildung			Blätter			Blütenbildung			Pilzbefall			Bestand			erhaltene Stöcke		
	1940	1941	1942	1940	1941	1942	1940	1941	1942	1940	1941	1942	1940	1941	1942	1940	1941	1942
	%	%	%													%	%	%
Ton	0	5	0	groß	groß	groß	reich	reich	reich	+++	+++	+++	dicht	dicht	dicht	100	100	100
Humus	5	0	0	groß	groß	groß	1	0	0	++	++	++	mager!	mager	mager	80	70	50
Jura	10	15	10	mittel	mittel	klein	mager	mager	mager	++	+++	+++	unter-mittel	eher mager	eher mager	70	60	60
Bündnerschiefer	10	0	0	groß	groß	groß	1	0	0	++	++	++	mager	sehr mager	sehr mager	25	15	5
Sand	15	10	15	groß	groß	groß	0	0	0	++++!	+++	+++	dicht	gut	gut	100	90	80
Kreide	25	20	15	mittel	mittel	mittel bis klein	0	0	0	+	+	+	dicht	gut	ordentlich	80	75	60
Flysch	30	20	50	mittel	klein	mittel	mittel	ordentlich	ordentlich	+	+	+	mager!	mager	mager	70	65	60
Gneis	30	20	20	groß	groß	mittel bis groß	schwach bis mittel	wenig	ordentlich	Spur	kein Befall	+	gut	sehr gut	gut	90	85	80
Verrucano	30	30	25	klein	klein	mittel bis klein	0	0	0	kein Befall	kein Befall	kein Befall	ordentlich	ordentlich	gut bis ordentlich	80	80	70

Tabelle 2

Böden	Artemisia laxa																	
	Blütenbildung			Entwicklung			erhaltene Stöcke			Stockverzweigung			Blattstiele			Keimung aus Samen/pro Stock		
	1940	1941	1942	1940	1941	1942	1940	1941	1942	1940	1941	1942	1940	1941	1942	1940	1941	1942
	%	%	%				%	%	%									
Ton	30	20	mittel bis gut	brauchbar	ordentlich	ordentlich	70	55	50	reich	reich	reich	lang	lang	lang	0	0	0
Humus	25	20	mittel	mäßig	mäßig	mäßig	55	50	50	ordentlich	mäßig	reich	kurz	kurz	kurz	0	vereinzelt	0
Jura	15	15	wenig	mäßig	ordentlich	ordentlich	70	60	60	knapp	mittel	mittel	mittel	mittel	kurz	0	0	0
Bündnerschiefer	10	10	sehr wenig	schlecht	schlecht	sehr schlecht	35	30	20	wenig	0	wenig	kurz	kurz	kurz	vereinzelt	0	0
Sand	15	20	wenig	gut	gut	gut	95	90	80	reich	reich	reich	kurz	kurz	kurz-rasig	4	5	5
Kreide	60	45	reich	sehr gut	sehr gut	sehr gut	100	95	95	sehr reich	reich	reich	mittel	mittel	kurz-rasig	4	5	4
Flysch	0	0	0	schlecht!	schlecht	schlecht	15	15	10	wenig	wenig	wenig	lang	lang	lang	0	0	0
Gneis	90	80	sehr reich	sehr gut	sehr gut	sehr gut	100	100	90	prächtig	reich	reich	lang	lang	lang	5	7	8
Verrucano	60	50	reich	gut	sehr gut	ordentlich bis gut	95	90	90	mäßig	ordentlich	mäßig	sehr lang	sehr lang	sehr lang	3	4	3

Tabelle 3

Atropa Belladonna

Böden	Anzahl der Stöcke						Blühende Stöcke				
	15.10.43	4.5.44	20.6.44	18.7.44	16.8.44	18.9.44	4 5.44	20.6.44	18.7.44	16.8.44	18.9.44
Sand . . .	20	17	17	16	16	16	0	2	4	3	6
Kreide . .	16	12	12	12	12	12	0	0	1	0	4
Verrucano .	20	15	19	18	17	17	0	0	0	0	0
Bündnerschiefer .	20	16	17	18	18	18	0	0	0	0	0
Gneis . . .	20	12	12	12	12	12	0	1	2	1	5
Flysch . .	20	14	10	10	10	10	0	0	1	2	7
Jura . . .	25	17	15	15	14	14	0	1	2	1	4
Humus . .	20	20	20	20	20	20	0	7	8	11	17
Ton . . .	20	14	13	16	16	14	0	1	8	2	8

Böden	Früchte tragende Stöcke			Entwicklung		
	18.7.44	16.8.44	18.9.44	20. Juni 1944	18. Juli 1944	16. August 1944
Sand . . .	0	4	5	—	recht gut	recht gut; 5 Stück zirka 40 bis 50 cm hoch
Kreide . .	0	0	1	alle noch klein	gut	gut; alle zwischen 10 bis 20 cm hoch
Verrucano .	0	0	0	alle noch klein	mittel	mittel; alle zwischen 8 bis 15 cm hoch
Bündnerschiefer .	0	0	0	alle noch klein	mittel bis gut	gut; alle zwischen 10 bis 20 cm hoch
Gneis . . .	0	2	3	—	recht gut	gut; 1 Stock zirka 60 cm hoch
Flysch . .	0	0	3	gut	recht gut	gut; 2 Stöcke zirka 50 cm hoch
Jura . . .	0	1	1	3 gut, die andern noch klein	recht gut	mittel bis gut; 1 Stock zirka 60 cm hoch
Humus . .	0	12	17	alle gut	sehr gut	sehr gut; alle Stöcke bis zirka 90 cm hoch
Ton . . .	0	6	4	gut	sehr gut	sehr gut; 13 Stöcke bis zirka 90 cm hoch

Böden	Entwicklung (Fortsetzung)	Durchmesser der dicksten frischen Wurzeln (oben gemessen)
	18. September 1944	26. Oktober 1944
Sand . . .	größte Atropa 75 cm; kleinste Atropa 8 cm	4,5 cm
Kreide . .	größte Atropa 38 cm; kleinste Atropa 7 cm	1,5 cm
Verrucano .	größte Atropa 19 cm; kleinste Atropa 5 cm	1,3 cm
Bündnerschiefer .	größte Atropa 23 cm; kleinste Atropa 4 cm	2,0 cm
Gneis . . .	größte Atropa 64 cm; kleinste Atropa 6,5 cm	2,2 cm
Flysch . .	größte Atropa 60 cm; kleinste Atropa 4,5 cm	3,3 cm
Jura . . .	größte Atropa 59 cm; kleinste Atropa 12 cm	3,5 cm
Humus . .	größte Atropa 80 cm; kleinste Atropa 29 cm	8,0 cm
Ton . . .	größte Atropa 75 cm; kleinste Atropa 25 cm	4,5 cm

a) Lufttemperatur an der Bodenoberfläche

Die Zahlen bedeuten das Monatsmittel für die Registrierzeiten. M = das daraus berechnete Gesamtmonatsmittel.

	1940				1941			
	7 h	13.30 h	18 h	M	7 h	13.30 h	18 h	M
April	4,5	10,3	9,0	7,9	2,5	7,2	6,5	5,4
Mai	8,5	14,2	13,3	12,0	4,4	10,7	11,1	8,7
Juni	12,0	17,8	17,0	15,6	11,9	18,3	19,1	16,4
Juli	13,0	18,2	17,2	16,1	14,5	21,1	21,9	19,2
August . . .	11,5	17,3	16,7	15,1	11,9	16,7	17,3	15,3
September .	10,3	15,1	13,2	12,9	8,5	14,2	14,5	12,4

	1942				1943			
	7 h	13.30 h	18 h	M	7 h	13.30 h	18 h	M
April	4,1	10,6	9,0	7,9	5,5	11,4	10,4	9,1
Mai	8,3	13,9	14,8	12,3	9,6	15,7	15,2	13,5
Juni	11,0	17,4	18,8	15,7	11,6	16,5	16,0	14,7
Juli	13,1	18,6	19,1	16,9	13,9	20,0	20,0	18,0
August . . .	12,6	18,7	19,7	17,0	14,7	21,4	20,8	19,0
September .	11,6	17,3	17,2	15,4	11,3	16,4	14,9	14,2

	1944				1927—1936
	7 h	13.30 h	18 h	M	M
April	5,4	12,1	10,8	9,4	7,55
Mai	8,3	14,2	14,1	12,2	12,44
Juni	11,8	16,8	16,1	14,9	16,38
Juli	14,1	19,2	19,0	17,5	18,30
August . . .	16,2	23,1	21,7	20,3	16,90
September .	10,1	14,6	12,7	12,5	13,70

Vergleichen wir nun die registrierten Werte mit dem zehnjährigen Durchschnitt, so finden wir für das Jahr 1940 die Monate Juli, August und September etwas zu kühl. Im Jahre 1941 entsprechen nur Juni und Juli den Vergleichswerten, die andern Monate, ganz besonders der Mai, sind entschieden zu kühl ausgefallen. Mehr oder weniger dem Durchschnitt entsprechen die erhaltenen Zahlen für 1942. Etwas zu kühl ist der Juli, der September dagegen war wärmer, als dem Durchschnittswerte entspricht. Der Frühling 1943 ist wärmer ausgefallen als der Vergleichswert, der Juni war etwas zu kalt, der August eher recht warm. Und endlich im Jahre 1944 haben wir einen warmen April und August. Der Mai entspricht ziemlich dem zehnjährigen Durchschnitt, der Juni, Juli und September sind dagegen eher zu kühl.

Tabelle 4

Lobella inflata

Böden	Gesetzte Pflanzen			Erhaltene Stöcke							Blühende Pflanzen			Pflanzen mit reifen Kapseln		Wurzelbildung		
	1943	1944		7. Juli 43	13. Aug. 43	27. Aug. 43	18. Juli 44		16. Aug. 44		13. Aug. 43	16. Aug. 44		16. Aug. 44		Ernte 1943	Ernte 1944	
	nicht pikiert	nicht pikiert	pikiert	nicht pikiert	nicht pikiert	nicht pikiert	nicht pikiert	pikiert	nicht pikiert	pikiert	nicht pikiert	nicht pikiert	pikiert	nicht pikiert	pikiert	nicht pikiert	nicht pikiert	pikiert
Sand	156	126	36	119	87	87	126	36	126	36	55	83	36	83	0	mager	mittel	gut
Kreide	120	112	41	111	66	63	112	41	112	41	66	86	41	86	0	mager	mittel	gut
Verrucano . . .	105	98	42	?	105	105	73	42	73	42	71	37	42	0	0	mager	mager	gut
Bündnerschiefer .	110	130	20	108	108	108	130	20	130	20	80	60	20	0	0	mager	mittel bis schlecht	mittel
Gneis	110	90	30	106	103	103	90	30	90	30	34	90	30	0	0	mager	mittel	gut
Flysch	110	107	22	74	63	62	107	22	107	22	44	107	22	107	0	mager	schlecht	mittel
Jura	100	108	36	65	29	24	83	36	83	36	24	—	36	24	0	mager bis gut	mittel	gut
Humus	110	100	24	109	109	109	100	24	100	24	89	100	24	0	0	gut	gut	sehr gut
Ton	110	80	30	101	98	98	64	30	64	30	87	64	30	0	0	sehr gut	gut	sehr gut

Böden	Verzweigte Pflanzen			Allgem. Zustand der Pflanzen			Größte Pflanze			Kleinste Pflanze		
	Ernte 1943	Ernte 1944		Ernte 1943	Ernte 1944		Ernte 1943	Ernte 1944		Ernte 1943	Ernte 1944	
	nicht pikiert	nicht pikiert	pikiert	nicht pikiert	nicht pikiert	pikiert	nicht pikiert	nicht pikiert	pikiert	nicht pikiert	nicht pikiert	pikiert
							cm	cm	cm	cm	cm	cm
Sand	39	82	35	mittel	gut	gut	40,0	41,0	41,0	10,0	5,5	23,0
Kreide	33	59	30	mittel	schön kräftig, z. T. klein	schön kräftig	34,0	35,0	44,0	10,0	4,5	7,0
Verrucano . . .	20	2	14	klein und mager	sehr klein und mager	mittel	32,5	25,0	43,0	9,5	4,5	11,0
Bündnerschiefer .	74	117	18	kräftig	mittel	mittel	39,0	38,0	34,0	15,0	9,0	10,0
Gneis	57	75	30	kräftig	mittel	recht gut und kräftig	49,5	41,0	48,0	9,5	9,0	16,5
Flysch	43	31	7	kräftig	mittel bis schlecht	mittel bis schlecht	39,5	33,5	34,0	11,0	2,5	6,0
Jura	14	79	36	kräftig	mittel	recht schön und kräftig	46,0	44,5	46,0	12,0	8,5	11,0
Humus	101	75	22	schön und kräftig	sehr schön und kräftig	kräftig, Stengel z. T. s-förmig gebogen	44,0	46,5	50,5	11,5	9,0	9,0
Ton	88	42	26	sehr kräftig und schön	z. T. schön kräftig, z. T. sehr klein und kümmerlich	sehr schön und kräftig	51,5	49,5	48,0	12,0	4,5	11,0

b) Temperatur des Bodens an der Erdoberfläche

Die Zahlen bedeuten das Monatsmittel für die Registrierzeiten. M = das daraus berechnete Gesamtmonatsmittel.

	1940				1941			
	7 h	13.30 h	18 h	M	7 h	13.30 h	18 h	M
April	4,8	6,0	6,9	5,9	3,7	4,5	5,2	4,5
Mai	9,2	10,4	11,3	10,3	6,5	7,6	8,6	7,5
Juni	12,6	14,1	14,9	13,8	13,0	14,1	15,0	14,0
Juli	13,6	15,1	15,8	14,8	16,4	17,5	18,4	17,4
August . . .	12,9	14,3	15,0	14,1	13,6	14,5	15,4	14,5
September .	11,4	12,5	13,0	12,3	10,7	11,4	12,4	11,5

	1942				1943			
	7 h	13.30 h	18 h	M	7 h	13.30 h	18 h	M
April	5,3	6,5	7,2	6,3	6,1	7,3	8,0	7,1
Mai	9,3	10,4	11,5	10,4	10,3	11,8	12,6	11,6
Juni	12,7	13,8	15,1	13,9	12,3	13,5	14,3	13,4
Juli	14,3	15,4	16,4	15,4	14,6	15,9	16,8	15,8
August . . .	14,3	15,4	16,6	15,4	15,9	17,2	18,1	17,1
September .	13,5	14,2	15,2	14,3	12,8	13,9	14,4	13,7

	1944				1927—1936
	7 h	13.30 h	18 h	M	M
April	5,8	8,0	8,6	7,5	5,8
Mai	8,4	10,6	11,4	10,1	10,4
Juni	12,1	14,2	14,6	13,7	14,3
Juli	14,4	16,4	17,2	16,0	16,2
August . . .	16,5	18,8	19,7	18,3	15,57
September .	11,4	13,2	13,2	12,6	13,21

Wir stellen fest, daß, verglichen mit den zehnjährigen Durchschnittswerten, die Monate Juli, August und September des Jahres 1940 zu kühl ausgefallen sind. Im Jahre 1941 finden wir die Monate April, Mai, August und September zu kühl, der Juni entspricht dem Zehnjahresdurchschnitt, der Juli hingegen ist etwas wärmer. Die Werte des Jahres 1942 stimmen außer dem September, der wärmer ist, mit den Vergleichszahlen überein. Betrachten wir die Meßresultate der Bodentemperatur an der Erdoberfläche des Jahres 1943, so sehen wir, daß sie sich analog verhalten wie die Messungsergebnisse der Lufttemperatur des betreffenden Jahres. Im

Jahre 1944 entsprechen die gemessenen Werte dem Durchschnitt, außer dem April und dem August, die wärmer waren.

c) Lufttemperaturminimum

Die Messungen wurden an der Bodenoberfläche vorgenommen. M = Monatsmittel.

	1940	1941	1942	1943	1944	1927–1936
	M	M	M	M	M	M
April	1,9	0,0	1,8	2,2	2,9	1,31
Mai	5,4	2,1	5,8	3,5	5,4	5,30
Juni	9,2	9,1	8,8	7,1	8,6	9,09
Juli	9,9	11,9	10,3	10,9	11,2	10,80
August . . .	9,0	9,7	10,4	11,4	13,3	10,20
September .	8,2	6,3	9,3	8,9	7,5	7,70

Die in den Jahren 1940 und 1942 gemessenen Minimaltemperaturen entsprechen also mehr oder weniger den Durchschnittswerten von 1927 bis 1936. Im Jahre 1941 war die Minimaltemperatur im April, Mai und September zu tief, im Juli eher zu hoch. Im Jahre 1943 liegt die Minimaltemperatur verglichen mit dem Durchschnitt 1927 bis 1936 zu hoch in den Monaten April, August und September, zu tief im Mai und Juni. Das Jahr 1944 entspricht im allgemeinen den Durchschnittswerten, außer dem April und August, wo die Minimaltemperatur bedeutend höher ist als diese Vergleichszahlen.

d) Relative Luftfeuchtigkeit

Unter der relativen Luftfeuchtigkeit versteht man den Prozentsatz des vorhandenen Wasserdampfes verglichen mit der bei der betreffenden Temperatur maximal möglichen Menge.

Die Zahlen bedeuten das Monatsmittel für die Registrierzeiten. M = das daraus berechnete Gesamtmonatsmittel.

	1940				1941			
	7 h	13 30 h	18 h	M	7 h	13.30 h	18 h	M
April	86	62	67	72	87	67	66	73
Mai	92	66	69	75	93	67	64	75
Juni	95	67	70	78	93	63	57	71
Juli	94	69	77	80	94	63	59	72
August . . .	96	68	71	79	95	73	70	79
September .	96	75	83	85	98	70	68	79

	1942				1943			
	7 h	13.30 h	18 h	M	7 h	13.30 h	18 h	M
April	88	63	65	72	79	56	53	63
Mai	88	66	62	72	87	65	65	72
Juni	87	66	62	71	91	71	75	79
Juli	89	64	60	71	92	67	67	75
August . . .	92	67	63	74	87	62	63	71
September .	93	68	70	77	97	77	84	86

	1944				1927—1936
	7 h	13.30 h	18 h	M	M
April	89	57	59	68	77,7
Mai	87	62	63	71	77,6
Juni	89	67	69	75	77,5
Juli	92	67	71	77	77,7
August . . .	96	62	69	76	81,5
September .	94	75	87	85	86,9

Bezugnehmend auf die Werte 1927 bis 1936 läßt sich sagen, daß die erhaltenen Werte mehr oder weniger diesen Zahlen entsprechen. Etwas zu tief liegen die Resultate für den Monat April in den Jahren 1943 und 1944. Auch der August 1943 ist gegenüber dem Durchschnitt etwas zu tief ausgefallen.

e) Sonnenscheindauer

Die Sonnenscheindauer ist abhängig von einem konstanten Faktor, dem natürlichen Horizont eines Ortes und einem variablen Faktor, der Bewölkung.

Total = Anzahl Stunden Sonne in dem betreffenden Monat.

Stunden pro Tag = mittlere Anzahl Stunden Sonne auf einen Tag des betreffenden Monats berechnet.

	1940		1941		1942	
	Total	Stunden pro Tag	Total	Stunden pro Tag	Total	Stunden pro Tag
April	142,45	4,75	104,90	3,50	162,50	5,42
Mai	182,95	5,90	130,90	4,22	182,05	5,87
Juni	185,95	6,20	206,80	6,89	225,65	7,52
Juli	184,25	5,94	232,45	7,50	201,45	6,50
August . . .	196,05	6,32	162,00	5,23	193,30	6,24
September .	130,60	4,35	155,35	5,18	173,65	5,79

	1943		1944		1927—1936
	Total	Stunden pro Tag	Total	Stunden pro Tag	M
April	169,75	5,66	146,30	4,88	4,23
Mai	187,75	6,06	192,60	6,21	5,40
Juni	166,30	5,54	154,20	5,14	6,59
Juli	229,50	7,40	165,45	5,34	6,80
August . . .	207,00	6,68	213,00	6,87	5,95
September .	111,65	3,72	102,00	3,40	4,46

Unsere Werte stimmen mehr oder weniger mit den zehnjährigen Durchschnittswerten überein.

f) Niederschläge

Monatssummen der Niederschläge in Millimetern

	1940	1941	1942	1943	1944	1927—1936
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
April	82,4	76,3	56,0	43,1	57,3	180,85
Mai	172,3	162,5	117,0	57,5	44,5	125,70
Juni	142,9	97,4	121,2	123,2	158,3	138,80
Juli	176,2	87,7	141,9	112,7	106,2	155,99
August . . .	136,2	226,5	139,9	39,1	97,5	136,88
September .	241,8	17,0	76,8	156,2	111,5	106,59

Vergleichen wir die Resultate, so finden wir in allen Jahren im Monat April auffallend geringe Niederschläge, verglichen mit dem Durchschnittswert 1927—1936. Im Monat Mai war die Niederschlagsmenge in den Jahren 1940 und 1941 etwas höher als der Durchschnitt, in den Jahren 1943 und 1944 dagegen zu niedrig. Die Monate Juni und Juli stimmen mit dem Monatsdurchschnitt 1927—1936 ziemlich überein, einzig die Werte des Jahres 1941 sind zu tief. Im August liegen die Werte für das Jahr 1941 zu hoch, für die Jahre 1943 und 1944 zu tief. Auch der Monat September zeigt starke Differenzen. So sind die Niederschläge im Jahre 1940 höher, in den Jahren 1941 und 1942 wesentlich niedriger als die durchschnittliche Regenmenge von 1927—1936.

B. Eigene Temperaturmessungen

a) Allgemeines

Den periodischen Temperaturmessungen mittels Thermometers haftet immer der Nachteil an, daß nur die Temperatur einzelner Momente erfaßt wird. Wenn auch die daraus errechneten Mitteltemperaturen an-

Tafel 7

Entwicklung der *Atropa Belladonna*

Abbildung 1. Auf Ton

Abbildung 2. Auf Kreide

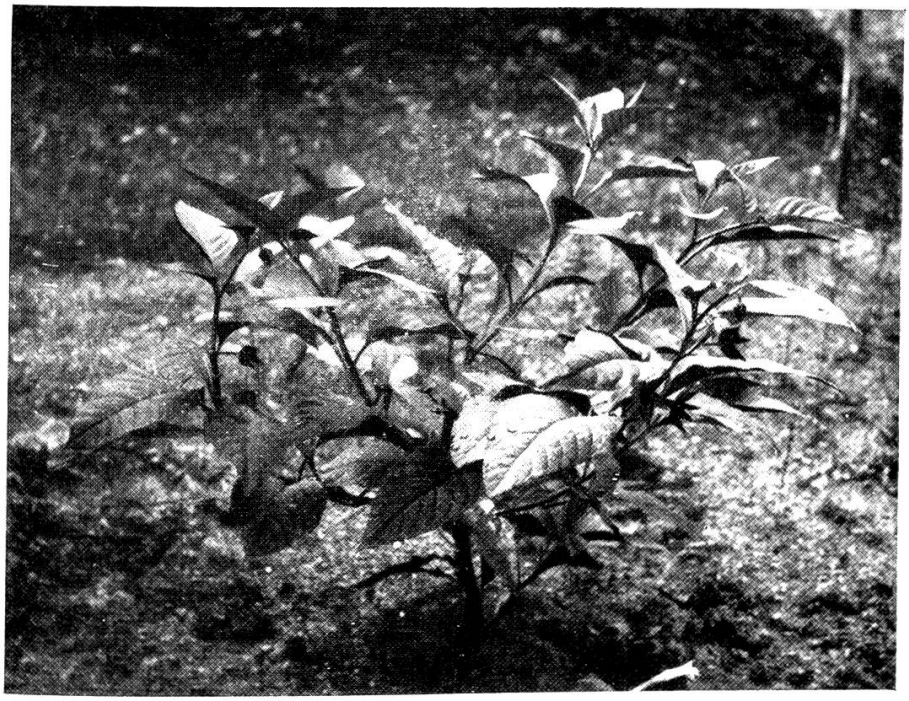


Abbildung 3. Auf Flysch

Tafel 8

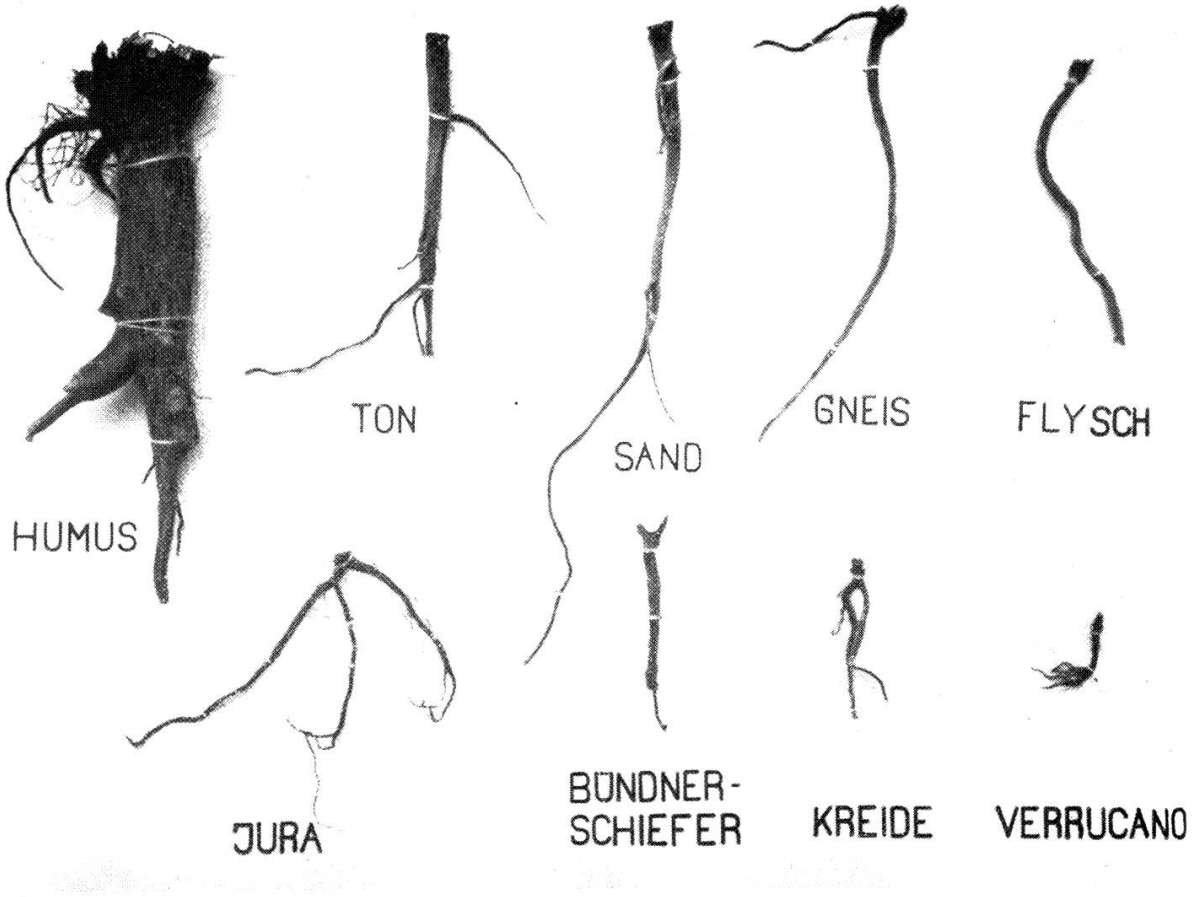


Abbildung 1. Entwicklung der Belladonnawurzeln (Ernte 1944)

Von den geernteten, frischen Belladonnawurzeln wurde von jedem Boden das kräftigste und bestentwickelte Exemplar photographiert

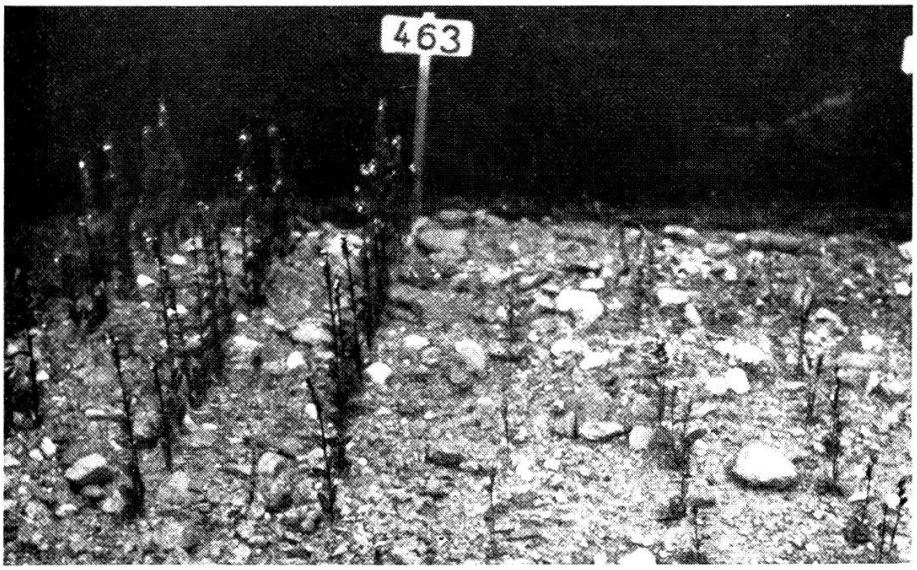


Abbildung 2. Pikierte und nicht pikierte Lobelien

nähernd den Wärmegenuß am betreffenden Ort wiedergeben, haben wir es doch vorgezogen, mit der von Pallmann (82) ausgearbeiteten Bestimmung der Wärmesumme, der sogenannten « eT-Zahl », einen besseren Einblick in die Verhältnisse auf und in unseren Böden zu erlangen. *Die eT-Zahl entspricht jener Temperatur, die als Konstanttemperatur über die ganze Meßperiode herrschen müßte, um den gleichen Endeffekt zu erreichen.* Die erhaltenen Temperaturwerte stellen keine *arithmetischen Mittel* der aufgetretenen Temperaturen dar, sondern ein sogenanntes « *exponentielles Temperaturmittel* » der Meßperiode. So ist die eT-Zahl für eine bestimmte Meßperiode höher als das arithmetische Mittel aus den verschiedenen Etappentemperaturen, da die höheren Etappentemperaturen mit höherem Gewicht in die eT-Zahl eingehen als die niederen. Die eT-Zahl liefert somit eine Mitteltemperatur, die für die meisten Systeme der belebten und unbelebten Natur besser mit der « wirksamen Mitteltemperatur » übereinstimmt als die *arithmetische Mitteltemperatur.*

b) Prinzip

Das Prinzip der Methode beruht auf der Zerlegung von Rohrzucker in wässeriger Lösung durch Wasserstoffionen in Traubenzucker und Fruchtzucker.

$$\text{Rohrzucker} \xrightarrow[\text{durch } (H^{\cdot})]{\text{invertiert}} \underbrace{\text{Traubenzucker} + \text{Fruchtzucker}}_{\text{Invertzucker}}$$

Die Geschwindigkeit dieser Reaktion wird nach Pallmann bei konstantem *p*H durch die Temperatur sehr stark beeinflußt.

Zur praktischen Durchführung der Messungen schmilzt man eine sterile Zucker-Zitrat-Pufferlösung von *p*H = 2,9, deren Anfangsdrehung man bestimmt hat, in Glasampullen ein, legt diese für eine gewisse Zeitspanne am Versuchsort aus und ermittelt nachher die Inversionsbeträge polarisationsoptisch. Diese Messung gründet sich auf die optische Aktivität des Rohrzuckers und des Invertzuckers. Diese beiden Komponenten besitzen nach Vorzeichen und Ausmaß stark unterschiedliche spezifische Drehungen.

Aus den abgelesenen Inversionsbeträgen, der beim Herstellen der Ampullen gemessenen Anfangsdrehung und der ermittelten Enddrehung der vollständig invertierten Zuckerpufferlösung läßt sich die eT-Zahl berechnen. Über die Technik der Ampullenherstellung, die mathematische Ableitung und Berechnung der eT-Zahl an Hand eines Beispieles gibt die Originalarbeit von Pallmann (82) Auskunft.

c) Auslegen der Ampullen im Gelände und Einholen derselben nach abgelaufener Versuchszeit

Die nach Vorschrift von Pallmann hergestellten Ampullen wurden über Nacht im Kühlschrank aufbewahrt und am Morgen des folgenden Tages sofort auf den Adlisberg gebracht. Für jeden Boden waren sechs Ampullen bestimmt, und zwar wurden je zwei Stück 25 cm tief, zwei andere 5 cm tief im Boden vergraben, zwei weitere Ampullen befestigten wir mittels Drahtes an Holzstäben so, daß die Ampullen 30 bis 35 cm über dem Boden in der Luft hingen. Die Ampullen wurden auf allen Böden mehr oder weniger in der Mitte der Versuchsfläche ausgelegt, um eine eventuelle Beschattung durch Bäume möglichst auszuschalten. Nach Ablauf der Versuchszeit gruben wir die Ampullen vorsichtig aus, markierten und transportierten sie so rasch als möglich ins Laboratorium, wo sofort mit der Bestimmung der Drehwinkel begonnen wurde. Die Bestimmung wurde mit dem Kern-Polarimeter bei Natriumlicht im 100-mm-Rohr durchgeführt. Die Ampullen, die nicht mehr am selben Tag bestimmt werden konnten, wurden im Kühlschrank aufbewahrt. Am nächsten Tag wurden dann die unterkühlten Ampullen vor der Bestimmung rasch im Wasserbad auf 20° C erwärmt und sogleich polarimetriert.

d) Resultate

Wir führten vier Serien von solchen Messungen durch, und zwar:

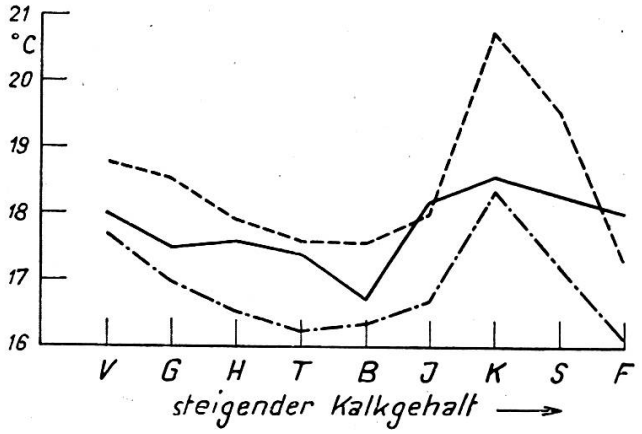
1. Serie vom 15. Juli 1943 bis 5. Oktober 1943
2. Serie vom 5. Oktober 1943 bis 9. Mai 1944
3. Serie vom 30. Mai 1944 bis 27. Juli 1944
4. Serie vom 27. Juli 1944 bis 1. November 1944

1. Meßperiode (15. Juli 1943 bis 5. Oktober 1943 = 82 Tage)

Böden	Luft (zirka 30 cm über Boden) eT in °C	Böden	Boden 5 cm tief eT in °C	Böden	Boden 25 cm tief eT in °C
Kreide	18,6	Kreide	20,8	Kreide	18,4
Sand	18,3	Sand	19,6	Verrucano	17,7
Jura	18,2	Verrucano	18,8	Sand	17,2
Verrucano	18,0	Gneis	18,5	Gneis	17,0
Flysch	18,0	Jura	18,0	Jura	16,7
Humus	17,6	Humus	17,9	Humus	16,5
Gneis	17,5	Bündnerschiefer	17.6	Bündnerschiefer	16,3
Ton	17,4	Ton	17,6	Ton	16,2
Bündnerschiefer	16,7	Flysch	17,3	Flysch	16,1

Abbildung 1

eT-Zahlen 15. Juli bis 5. Oktober 1943



Legende:

——— = eT in der Luft (30 bis 35 cm)

– – – – – = eT im Boden (5 cm tief)

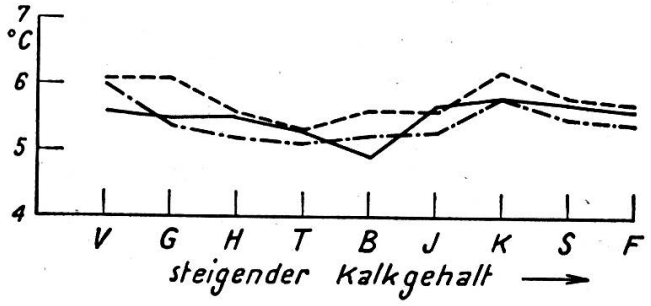
—·—·—·— = eT im Boden (25 cm tief)

2. *Meßperiode* (5. Oktober 1943 bis 9. Mai 1944 = 217 Tage)

Böden	Luft (zirka 30 cm über Boden) eT in °C	Böden	Boden 5 cm tief eT in °C	Böden	Boden 25 cm tief eT in °C
Kreide	5,8	Kreide	6,2	Verrucano . . .	6,0
Sand	5,7	Verrucano . . .	6,1	Kreide	5,8
Jura	5,7	Gneis	6,1	Sand	5,5
Verrucano . . .	5,6	Sand	5,8	Flysch	5,4
Flysch	5,6	Flysch	5,7	Gneis	5,4
Humus	5,5	Humus	5,6	Jura	5,3
Gneis	5,5	Jura	5,6	Humus	5,2
Ton	5,3	Bündnerschiefer	5,6	Bündnerschiefer	5,2
Bündnerschiefer	4,9	Ton	5,3	Ton	5,1

Abbildung 2

eT-Zahlen 5. Oktober 1943 bis 9. Mai 1944



Legende:

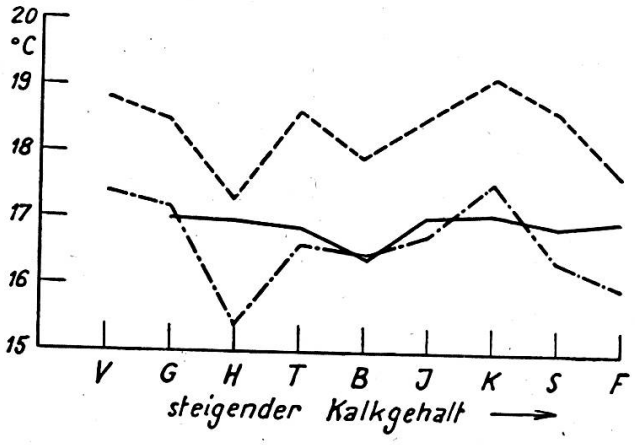
——— = eT in der Luft (30 bis 35 cm)
– – – – – = eT im Boden (5 cm tief)
—·—·— = eT im Boden (25 cm tief)

3. Meßperiode (30. Mai 1944 bis 27. Juli 1944 = 58 Tage)

Böden	Luft (zirka 30 cm über Boden) eT in °C	Böden	Boden 5 cm tief eT in °C	Böden	Boden 25 cm tief eT in °C
Kreide	17,1	Kreide	19,2	Kreide	17,6
Gneis	17,0	Verrucano . . .	18,8	Verrucano . . .	17,4
Flysch	17,0	Sand	18,7	Gneis	17,2
Jura	17,0	Ton	18,6	Jura	16,8
Humus	17,0	Jura	18,5	Ton	16,6
Ton	16,9	Gneis	18,5	Bündnerschiefer	16,5
Sand	16,9	Bündnerschiefer	18,0	Sand	16,4
Bündnerschiefer	16,4	Flysch	17,7	Flysch	16,0
Verrucano . . .	?	Humus	17,3	Humus	15,4

Abbildung 3

eT-Zahlen 30. Mai bis 27. Juli 1944



Legende:

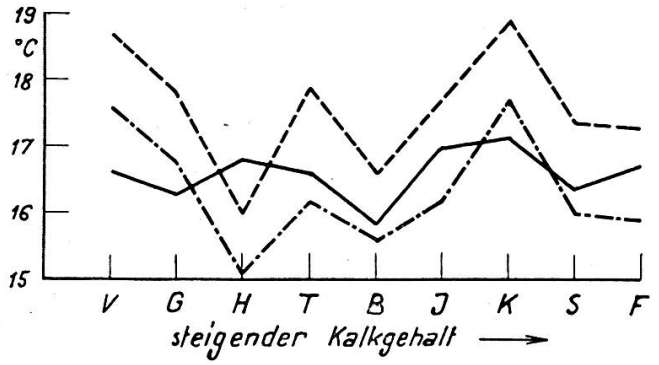
——— = eT in der Luft (30 bis 35 cm)
– – – – – = eT im Boden (5 cm tief)
–·–·–·– = eT im Boden (25 cm tief)

4. Meßperiode (27. Juli 1944 bis 1. November 1944 = 97 Tage)

Böden	Luft (zirka 30 cm über Boden) eT in °C	Böden	Boden 5 cm tief eT in °C	Böden	Boden 25 cm tief eT in °C
Kreide	17,1	Kreide	18,9	Kreide	17,7
Jura	17,0	Verrucano . . .	18,7	Verrucano . . .	17,6
Humus	16,8	Ton	17,9	Gneis	16,7
Flysch	16,7	Gneis	17,8	Jura	16,2
Verrucano . . .	16,6	Jura	17,7	Ton	16,2
Ton	16,6	Sand	17,4	Sand	16,0
Sand	16,4	Flysch	17,3	Flysch	15,9
Gneis	16,3	Bündnerschiefer	16,6	Bündnerschiefer	15,6
Bündnerschiefer	15,8	Humus	16,0	Humus	15,0

Abbildung 4

eT-Zahlen 27. Juli bis 1. November 1944



Legende:

——— = eT in der Luft (30 bis 35 cm)
– – – – – = eT im Boden (5 cm tief)
—·—·— = eT im Boden (25 cm tief)

e) Besprechung der Resultate

Die graphischen Darstellungen der eT-Zahlen geben uns einen Einblick in die auf und in unseren Versuchsböden herrschenden Temperaturverhältnisse. Ein Vergleich der Meßperioden der beiden Jahre ist nicht gut angängig, da die einzelnen Perioden nicht dieselbe Anzahl Tage umfassen und sich auch nicht genau im Datum decken. Am ehesten ist noch ein Vergleich der Periode 15. Juli 1943 bis 5. Oktober 1943 mit derjenigen vom 27. Juli 1944 bis 1. November 1944 möglich. Und zwar ergibt sich beim Vergleich, daß diese Jahreszeit im Jahre 1943 etwas wärmer war als im Jahre 1944. Die Lufttemperatur (30—35 cm über dem Boden gemessen) ist in allen vier Meßperioden am höchsten auf Kreide, am tiefsten auf Bündnerschiefer. Auch die höchste Bodentemperatur, und zwar in 5 cm und 25 cm Tiefe gemessen, weist in allen vier Meßperioden, eine einzige Ausnahme ausgenommen, der Kreidekalk auf. Als zweitwärmster Boden muß wohl der Verrucano angesehen werden. Die tiefste Bodentemperatur (in 5 und 25 cm Tiefe) findet sich bei der ersten Meßperiode beim Flysch, in der zweiten beim Ton, in der dritten und vierten beim Humus. Für die Temperaturverhältnisse der andern Böden läßt sich keine Gesetzmäßigkeit aufstellen.

Aus den graphischen Darstellungen (Abbildungen 1, 2, 3 und 4) geht hervor, daß die Bodentemperaturen in 5 und 25 cm Bodentiefe parallel verlaufen, und zwar war der Boden in 5 cm Tiefe bei allen unseren Mes-

sungen wärmer als in 25 cm Tiefe. Die Lufttemperaturkurve liegt überall mehr oder weniger zwischen den Bodentemperaturkurven drin.

6. Chemische und physikalische Analyse der Versuchsböden

Die Adlisberger Versuchsböden wurden schon verschiedene Male analysiert. Trotzdem es sich um Rohböden handelt, die sich im Laufe ihrer Entwicklung verändern, haben wir von einer neuen Untersuchung dieser Böden abgesehen, denn die Verwitterung und Umwandlung der Böden geht, wie die Analysenresultate der Jahre 1898, 1903 und 1939 zeigen, nur sehr langsam vor sich.

Um die Böden zu charakterisieren, geben wir im folgenden nur die im Jahre 1939 bestimmten Resultate an. Diese Analysen sind teils von Wüst selbst, teils durch seine Veranlassung von der *Eidg. Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Zürich-Oerlikon,* ausgeführt worden. Einzig für einige physikalische Bodenfaktoren, wie Wassergehalt, Wasserkapazität, Luftkapazität und Porenvolumen, zitieren wir die Resultate der Analysen der *Eidg. Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt* aus dem Jahre 1927, da auf diesem Gebiete keine späteren Analysen vorliegen. In einer umfassenden Tabelle zwischen S. 348/49 werden wir auch noch die ersten Analysen aus dem Jahre 1898 und 1903 aufführen.

A. Chemische Zusammensetzung der Adlisberger Versuchsböden

a) Chemische Analysen von A. Wüst, Pharm. Inst. der ETH, im Jahre 1939

Der Auszug wurde mit Salzsäure aufgeschlossen

Boden	P_2O_5	K_2O	CaO	N	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$
	%	%	%	%	%
Flysch	0,11	0,06	15,75	0,08	5,66
Sand	0,05	0,07	9,12	0,05	4,74
Kreide	0,30	0,12	6,51	0,20	6,90
Bündnerschiefer .	0,10	0,08	3,29	0,09	7,56
Jurakalk	0,08	0,08	4,20	0,11	6,86
Humus	0,14	0,03	1,30	1,05	3,93
Lehmboden . . .	0,12	0,06	1,45	0,19	5,17
Gneis	0,12	0,09	0,36	0,11	5,02
Verrucano . . .	0,13	0,11	0,25	0,06	3,60

b) Bestimmung der leichtlöslichen Nährstoffe Phosphorsäure und Kali-Anteile durch die Eidg. Landw. Versuchsanstalt in Zürich-Oerlikon

Boden	Phosphorsäurebedürfnis		Kalibedürfnis
	CO_2-Auszug	Bikarbonatauszug	mg K_2O in 100 g Boden = Testzahl
	Testzahl	Testzahl	
Humus	0—2 = st. bed. *	0—2 = st. bed. *	0,2
Kreide	0—2 = st. bed. *	0—2 = st. bed. *	0,7
Verrucano . . .	0—2 = st. bed. *	0—2 = st. bed. *	0,7
Jurakalk	0—2 = st. bed. *	0—2 = st. bed. *	1,1
Lehm	0—2 = st. bed. *	0—2 = st. bed. *	1,3
Sand	0—2 = st. bed. *	0—2 = st. bed. *	1,4
Gneis	0—2 = st. bed. *	0—2 = st. bed. *	2,1
Flysch	0—2 = st. bed. *	0—2 = st. bed. *	2,4
Bündnerschiefer .	0—2 = st. bed. *	0—2 = st. bed. *	2,8

* st. bed. = stark bedürftig.

Allgemein gelten Böden mit einer Phosphorsäure-Testzahl über 8 als nicht phosphorsäurebedürftig. Ebenso betrachtet man alkalische Böden mit mehr als 2 mg leichtlöslichem Kali in 100 g als gut mit Kali versorgt; für saure Böden gilt als Grenzzahl für die Bedürftigkeit 3 mg K_2O auf 100 g Boden.

c) pH-Bestimmungen der Böden
(kolorimetrisch bestimmt)

Boden	*p*H-Wert 1939
Flysch	7,4
Bündnerschiefer .	7,3
Kreide	7,3
Jura	7,2
Gneis	7,2
Lehm	7,1
Sand	7,1
Verrucano . . .	6,9
Humus	6,6

Diese Zahlen zeigen, daß die Versuchsböden zwar ziemlich unterschiedliche *p*H aufweisen, daß aber keine extrem sauren oder alkalischen Böden vorliegen.

B. Mechanische Analyse der Versuchsböden

a) Differenzierung des Bodenskelettes

Boden	Bodenskelett (Bestandteile über 2 mm)	Feinerde (Bestandteile unter 2 mm)
Sand	4,4 %	95,6 %
Humus	7,1 %	92,9 %
Lehm	12,7 %	87,3 %
Verrucano . . .	29,4 %	70,6 %
Gneis	30,8 %	69,2 %
Jura	40,5 %	59,5 %
Flysch	42,2 %	57,8 %
Kreide	52,1 %	47,9 %
Bündnerschiefer .	61,4 %	38,6 %

b) Differenzierung der Feinerde

(mit dem Schlämmapparat nach Wiegner)

Wüst verwendete die modifizierte Bestimmungsmethode von Wiegner-Geßner. Die Analyse ergab folgendes Bild:

Boden	Korngrößen in Prozent der Trockenerde					Abschlämmbares
	2—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,01 mm	
Flysch	34,4	3,1	4,0	5,1	8,2	45,2
Sand	15,0	40,2	8,3	10,0	21,0	5,5
Kreide	12,0	10,0	10,3	5,5	25,0	37,2
Jura	10,5	7,4	4,0	15,0	26,4	36,7
Bündnerschiefer .	46,5	8,1	3,6	6,0	5,2	30,6
Lehm	3,0	10,8	8,5	17,8	3,7	56,2
Humus	32,2	5,0	15,8	8,0	18,3	20,7
Gneis	28,4	11,2	27,0	5,6	11,3	16,5
Verrucano . . .	30,2	15,6	15.3	10,3	3,1	25,5

c) Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Adlisberger Bodenarten durch die Eidg. Landw. Versuchsanstalt

Boden	Feinerde		Wassergehalt	Porenvolumen	Luftkapazität	Wasserkapazität	
	Gew.	Vol.				Gew.	Vol.
	%	%	g	%	%	%	%
Flysch	55	55	352	49,9	14,7	25,8	35,2
Sand	95	95	448	50,6	5,8	33,5	44,8
Kreide	62	62	406	53,1	12,5	32,5	40,6
Bündnerschiefer .	44	44	313	41,6	10,3	19,3	31,3
Jura	67	67	386	51,7	13,1	29,7	38,6
Humus	78	80	650	71,4	6,4	100,3	65,0
Lehm	71	71	456	58,1	12,5	41,1	45,6
Gneis	60	60	372	43,0	5,8	24,3	37,2
Verrucano . . .	66	66	342	41,2	7,0	21,6	34,2

Überblicken wir nun die von Wüst angeführten Resultate, so läßt sich zusammenfassend folgendes sagen:

In bezug auf den P_2O_5-Gehalt sind der Kreidekalk reich, Humus, Verrucano, Lehm, Gneis und Flysch gut, Bündnerschiefer normal, Jura und Sand mäßig mit P_2O_5 versehen. Die Gesamtphosphorsäurebestimmung ist nützlich, um ein Bild über die Phosphorreserven des Bodens zu bekommen. Nun stehen aber der Pflanze nicht der gesamte Phosphatvorrat des Bodens sofort zur Verfügung, sondern nur ein Teil davon (= leichtlösliche Phosphorsäure). Der Rest der Phosphorsäure kann erst nach und nach, im Verlauf mehrerer Vegetationsperioden, von den Pflanzen aufgenommen werden. Da es für kurzfristige Anbauversuche wichtiger ist, die Menge der leichtlöslichen Nährstoffe zu kennen, die von der Pflanze auch aufgenommen werden können, ließ Wüst auch diese bestimmen. Alle unsere Böden waren stark bedürftig nach leichtlöslicher Phosphorsäure.

Ihr *K_2O-Gehalt* ist mäßig, Humus ist sogar arm an K_2O. Wüst konnte feststellen, daß die Löslichkeit von Kali stark von der Reaktion des Bodens abhängt. Der saure Humus weist vierzehnmal weniger lösliches Kali auf als der alkalische Bündnerschiefer. Auch mit dem Kalkgehalt kann die Kalilöslichkeit in Beziehung gebracht werden, indem die stark kalkhaltigen Böden Flysch, Bündnerschiefer und Sand hohe Kaliwerte liefern.

Nach den letzten Analysen von 1939 sind unsere Böden mit Ausnahme von Verrucano, Gneis und Humus alle reich mit *Kalk* versehen. Vergleichen wir die Analysenresultate von 1898, 1903 und 1939, so sehen wir, daß der Kalkgehalt unserer Böden beträchtlich abnimmt.

Ein hoher *N-Gehalt* ist nicht unbedingt ein Zeichen hoher Fruchtbarkeit. Böden, die viel $CaCO_3$ enthalten, sind nach Russell (99) meist reicher an N als andere Mineralböden. Wüst konnte in seinen Versuchen beobachten, daß die Böden mit hohem N-Gehalt auch mehr produzierten. Er fand den Humus als sehr reich an N, Kreide reich, Lehm, Jura und Gneis gut, Bündnerschiefer, Flysch, Verrucano und Sand mäßig mit N versehen.

Von Wichtigkeit für die Güte der Böden ist aber auch das *Verhältnis der Phosphorsäure zu den Sesquioxyden.* Wüst fand für unsere Böden in dieser Beziehung Kreide und Humus als sehr günstig, Gneis, Lehm, Verrucano und Flysch günstig, Bündnerschiefer und Jura weniger günstig, Sand sogar ungünstig. Auch der Gehalt an Sesquioxyden hat sich gegenüber früher nicht stark verändert.

In bezug auf die *mechanische Bodenanalyse* stellen wir fest: Sand, Humus und Lehm sind Böden mit großem Feinerdegehalt, Bodenbestandteile über 2 mm Durchmesser sind bei diesen Böden spärlich. Einen mittleren Gehalt an Feinerde und Bodenskelett besitzen der Verrucano,

Gneis, Jura und Flysch. Stark vertreten finden wir das Bodenskelett bei Kreide, vor allem aber bei Bündnerschiefer.

Der *Sandboden* zeigt eine sehr gleichmäßige Struktur, da die feinsten Tonteilchen fehlen oder nur sehr wenig vertreten sind. Infolgedessen besitzt der Sandboden keine kolloiden Eigenschaften. Es findet kein Basenaustausch und keine Festlegung der Phosphate statt. Das Wasser wird nur in geringem Maße zurückgehalten. Dafür erlaubt die Struktur der Porenräume eine leichte Wasserbewegung. Sandige Böden neigen nach Russell dazu, trocken, locker und arm an löslichen Stoffen zu sein.

Unser *Humusboden* ist weitgehend gleichmäßig zersetzt. Er besitzt einen relativ reichen Kalkgehalt. Humus besitzt ähnlich wie Ton die Fähigkeit, gelöste Stoffe zu binden.

Der *Lehmboden* ist durchschnittlich ein mittelschwerer Boden. Die Bewegung von Wasser und Luft wird durch die große Menge von feinem Material zurückgehalten. Deshalb besitzen die Lehmböden einen gleichmäßigeren Wassergehalt als z. B. Sandböden.

Der *Gneisboden* ist reich mit eckigen Steinen versehen, die einerseits für eine gute Durchlüftung sorgen, was ja für das Wurzelwachstum wichtig ist, andererseits ermöglichen sie ein gutes Eindringen der Wurzeln in den Boden. Leider ist der Gehalt an Abschlämmbarem sehr gering.

Der *Verrucanoboden* ist durch seine rote Farbe gekennzeichnet. In seinem mechanischen Aufbau hat er große Ähnlichkeit mit dem Gneis. Er besitzt aber etwas mehr abschlämmbare Bestandteile.

Unser *Bündnerschieferboden* besteht zum größten Teil aus Steinen und ist ausgesprochen arm an Feinerde.

Beim *Flyschboden* zerfallen die größeren Stücke rasch an der Luft. Die sich bildenden Blättchen schließen den Boden an der Oberfläche sehr stark ab. Aus diesem Grunde haben die Pflanzenwurzeln beim Eindringen in den Boden einen bedeutenden Widerstand zu überwinden.

Der *Kreideboden* ist noch wenig verwittert, trotzdem ist er ziemlich locker.

Der *Jurakalkboden* fällt durch seine gelbliche Farbe auf. Neben dem mittleren Gehalt an Feinerde enthält er noch reichlich scharfkantige Gesteinsbrocken.

III. Die Böden der Wildstandorte

1. Allgemeines

Wie wir bereits in der Einleitung bemerkt haben, schien es uns wertvoll, die Bodenzusammensetzung der natürlichen Standorte unserer Versuchspflanzen kennen zu lernen. Gleichzeitig bestimmten wir den Wirkstoffgehalt der an den betreffenden Stellen wild gewachsenen Pflanzen.

Wir hofften dabei eventuelle Aufschlüsse über die von uns gefundenen Reaktionen der Versuchspflanzen auf die Bodentypen der Versuchsanlage Adlisberg finden zu können. Zugleich ist es zweifellos von wissenschaftlichem Interesse, die Anforderungen an die Bodenzusammensetzung für einzelne Pflanzen genauer kennen zu lernen. Wir sind uns dabei bewußt, daß natürlich die Nachbarpflanzen auf den Boden, auf welchem die zu untersuchende Pflanze wächst, einen erheblichen Einfluß ausüben. Die praktische Durchführung dieses Vorhabens war natürlich nur für die bei uns heimischen Versuchspflanzen *Atropa Belladonna*, *Artemisia laxa* und *Peucedanum Ostruthium* möglich. Wir hatten bei der Wahl der zu untersuchenden Böden darauf geachtet, zunächst einmal solche Bodentypen zu analysieren, auf denen die Pflanze häufig und gut gedeiht. Daneben haben wir nach Möglichkeit auch einige Böden in die Untersuchung einbezogen, die der Pflanze weniger zuzusagen scheinen, auf denen sie indessen doch noch ordentlich gut gedeiht. Diese letzteren Bemerkungen gelten ganz besonders für *Artemisia laxa.*

In der Analyse der Böden mußten wir uns aus zeitlichen Gründen eine gewisse Beschränkung auferlegen. So haben wir von einer detaillierten physikalischen Analyse der Bodenfaktoren abgesehen und nur die Feinerde und das Bodenskelett bestimmt. Von den chemischen Faktoren haben wir nach Möglichkeit diejenigen bestimmt, die auch für die Böden der Versuchsanlage Adlisberg schon bekannt sind. Es betrifft dies den Gesamtstickstoff, den Gehalt an Phosphorsäure, an Aluminium- und Eisenoxyd, den Kali- und den Kalkgehalt. Überdies haben wir die *p*H der Böden aller Wildstandorte bestimmt. Nach Möglichkeit haben wir die mineralogische Zugehörigkeit der Gesteine der Fundorte bestimmen lassen. Diese Bestimmung wurde in freundlicher Weise von Prof. Dr. R. L. Parker, vom Mineralogischen Institut der ETH, ausgeführt, was wir auch an dieser Stelle bestens verdanken möchten. Für einzelne Gesteine wäre zur genaueren Bestimmung die Herstellung von Dünnschliffen nötig gewesen. Da aber die Böden fast aller Standorte durch Fremdgesteine mehr oder weniger vermischt sind und daher die genaue Bestimmung einzelner Leitgesteine doch nur von beschränktem Wert gewesen wäre, haben wir davon abgesehen, die Bestimmung durch Dünnschliffe präzisieren zu lassen.

Im folgenden geben wir zunächst kurz die geographische Situation der Wildstandorte und die mineralogische Charakteristik der gröberen Anteile des Bodenskelettes sowie eventuell Angaben über den Bodentypus, worauf wir dann über die Analysen der einzelnen Böden berichten werden.

1. Peucedanum Ostruthium

Standort	Boden oder Gestein
Maran b. Arosa, zirka 1835 m ü. M.	Alluvionsboden mit Serpentin und Gneisstücken
Riffelalp (Nähe Bahnstation), zirka 2213 m ü. M.	wohl Moräne mit Gneis, Grünschiefer und Serpentin
Altenorenalp (ob Linthal), zirka 1700 m ü. M.	feuchter Weideboden, Wildflysch, gröbere Bodenskelettanteile = Gebirgskalk
Urserli (Brienzerberg, B. O.), zirka 1800 m ü. M.	Karrenfeld, stark humöser Boden, Kalkstein, Bodenskelett wohl Malm

2. Artemisia laxa

Standort	Boden oder Gestein
Rhäzüns (auf Kiesbänken des Rheinbettes), zirka 650 m ü. M.	Alluvionsboden mit Mischung von Urgestein und Kalk
Laucherhorn (bei Schynige Platte), zirka 2200 m ü. M.	Malmkalkfelsen mit wenig Boden in Felsritzen
Rote Kuh—Grienläger ob Außerberg (Wallis), etwas unter Punkt 2301,9 m ü. M.	grobspätiger Kalkstein, ziemlich stark verwittert, « Sandkalk »
Rote Kuh—Grienläger ob Außerberg (Wallis), zirka 2340 m ü. M.	Phyllit, Dogger oder Lias, ziemlich stark verwittert
Rote Kuh—Grienläger ob Außerberg (Wallis), zirka 2370 m ü. M.	Schiefer-Kalkphyllit, Lias, ziemlich stark verwittert
Cornopaß (Bedrettotal)	Moräne, Mischung von Urgestein und Kalk

3. Atropa Belladonna

Standort	Boden oder Gestein
Horgen (ob Stotzweid)	Waldboden auf Moräne, Leitgestein = Kalkstein
Wallisellen-Bassersdorf	Waldboden, Molasse
Ob Tierfehd (Linthal)	aus Schuttkegel: grober Kalk (braun), dichter Kalk (schwarz), kristallines Gestein ? Quarzporphyr ? Hornfels ?

2. Bodenanalysen

A. Entnahme der Bodenproben

Unsere Proben wurden gemäß Pallmanns Angaben folgendermaßen entnommen:

Die Pflanzen, deren Unterlage wir analysieren wollten, wurden vorsichtig mit einer Pflanzenschaufel gelockert, so daß beim Herausheben möglichst viel Erde an der Wurzel hängen blieb. Man schüttelte dann die Erde auf ein bereitgehaltenes Papier und füllte sie dann in Papiersäcke, die mit den nötigen Angaben versehen wurden. Einzig am Laucherhorn konnten wir nicht so vorgehen, da die Pflänzchen in einer schmalen Felsrinne wuchsen. Die Bodenprobe mußte dort mit Hilfe eines Messers aus der Felsrinne herausgekratzt werden. Die Bodenproben wurden auf einem luftigen Estrich auf Packpapier ausgebreitet und getrocknet. Sobald das Material lufttrocken war, wurde es in Flaschen oder Büchsen abgefüllt und in diesen bis zur Untersuchung aufbewahrt.

B. Chemische Bodenanalyse der Wildstandortsböden

a) Stickstoffbestimmung

Der Stickstoff im Boden kann organisch gebundener Stickstoff des Humus, ferner Ammoniakstickstoff und Nitratstickstoff sein. Der Gehalt an Ammoniakstickstoff und Nitratstickstoff ist meist sehr gering (sie machen unter normalen Bedingungen selten mehr als 1 % des im Boden vorhandenen Stickstoffes aus), so daß er gegenüber der im Humus gebundenen Stickstoffmenge keine Rolle spielt.

Zur Bestimmung des Gesamtstickstoffes wählten wir die Methode von Kjeldahl in der Modifikation von Parnas (84) und Wagner (125). Da wir an der Methode einige Änderungen vornehmen mußten, um sie für die Bestimmung unserer Böden brauchbar zu machen, möchte ich die Ausführung kurz beschreiben.

Die Bodenproben (Feinerde) werden vor dem Abwägen in einem Mörser fein zerrieben, damit eine Ungleichmäßigkeit der Probeentnahme, entstehend durch einzelne Wurzelstücke, vermieden wird. Von dieser Erde wiegt man mit Hilfe einer analytischen Waage 5 bis 10 g Boden (genau gewogen) auf ein Kartenblatt von bekanntem Gewicht ab. Nun wird die Erde sorgfältig in einen trockenen Kjeldahlkolben geschüttet, wobei man darauf achten muß, daß keine festen Partikel im Kolbenhals hängen bleiben. Durch sanftes Aufklopfen des Kolbens auf ein zusammengefaltetes Tuch kann am Hals anhaftende Substanz leicht in den Kolben befördert werden. Nun fügt man 0,4 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ und 20 cm^3 konzentrierte H_2SO_4 zu. Die Säure muß die Erde vollständig durchfeuchten. Auf den Kolbenhals setzt man einen Glastrichter, um Spritzverluste zu vermeiden. Jetzt wird das Gemisch auf dem Kjeldahlkochgestell in einer gut ziehenden Kapelle sorgfältig erhitzt. Am Anfang ist ein sorgfältiges Umschwenken des Kolbens von Vorteil, weil dadurch das heftige Stoßen der kochenden Flüssigkeit etwas gemildert wird. Ebenso ist es zweckmäßig, das Erhitzen während der ersten Viertelstunde beständig zu überwachen, um ein Überschäumen des aufzuschließenden

Gemisches durch sofortiges Wegnehmen des Kjeldahlkolbens von der Flamme zu verhindern. Durch kräftiges Schütteln bekämpft man ein weiteres Aufsteigen des Inhaltes. Bei stark kalkhaltigen Böden muß schon beim Zusatz der Schwefelsäure sehr vorsichtig gearbeitet werden, sonst überschäumen die Kolben, bevor überhaupt erwärmt wird. Man erhitzt nun unter mäßigem Sieden. Sobald die Flüssigkeit grün bis gelblich geworden ist, kocht man noch eine bis zwei Stunden weiter und läßt dann abkühlen.

Bei diesem Prozeß schließt die konzentrierte Schwefelsäure viele organische Stoffe unter völliger Zersetzung auf. Kohlenstoff wird zu Kohlensäure, Wasserstoff teilweise zu Wasser oxydiert, der Stickstoff wird mit Wasserstoff in Ammoniak übergeführt, das sich mit überschüssiger Schwefelsäure zu Ammoniumsulfat verbindet. Je nach dem Veraschungsgemisch, das man verwendet, wird aller Stickstoff oder auch nur ein Teil davon (zum Beispiel der organische N) in Ammoniak übergeführt. Die anorganischen Bestandteile liegen in dem veraschten Gemisch zuletzt als Sulfate vor. Das zugefügte Kupfersulfat beschleunigt die Zersetzung.

Destillation: Die Bestimmung wurde in dem von Parnas konstruierten Apparat ausgeführt (Beschreibung siehe Original [84]). Dieser Apparat gestattet eine Destillation in vier bis sechs Minuten verlustlos durchzuführen und den Destillationskolben nach beendeter Destillation automatisch zu entleeren, ohne daß der Apparat je auseinandergenommen werden muß.

In einen Meßzylinder gießt man 100 cm^3 Wasser. 40 cm^3 von diesem Wasser gibt man nun nach und nach zu dem erkalteten Veraschungsgemisch. Dieses erwärmt sich dabei aufs neue, und der Kjeldahlkolben wird zum Erkalten in ein Becherglas mit kaltem Wasser gestellt. Unterdessen gibt man in die Vorlage genau 30 cm^3 H_2SO_4 0,25n, fügt 8 bis 10 Tropfen Tashiroindikator zu, bis die Flüssigkeit deutlich violett gefärbt ist. Die Quetschhähne an den Gummischläuchen unterhalb des Zwischenrohres und unterhalb des Trichters an der Apparatur werden geöffnet. Der Dampfentwickler wird angeheizt und so geregelt, daß nur wenig Dampf durch die offene Mündung am unteren Ende des Zwischenrohres entweicht. Nun spült man das mit 40 cm^3 Wasser verdünnte und wieder erkaltete Veraschungsgemisch in den Destillierkolben, spült den Kjeldahlkolben noch fünfmal mit 10 cm^3 Wasser nach, läßt aber nach Möglichkeit den Sand im Kjeldahlkolben zurück. Dann taucht man die Mündung des Kühlers in die in der Vorlage befindliche Flüssigkeit. Darauf gießt man 115 cm^3 thiosulfathaltige dreißigprozentige NaOH (Natriumthiosulfatgeh. = 20 g pro l) durch den Einfülltrichter, indem man dafür Sorge trägt, daß die Lauge möglichst unmittelbar in den Trichterhals gelangt, und spült mit den restlichen 10 cm^3 Wasser, die im

Meßzylinder verblieben sind, nach. Das Thiosulfat fällt während des Kochens das als Katalysator verwendete Cu aus und befördert dadurch den Zerfall der Ammoniakkomplexe. Nun klemmt man den Schlauch des Einfülltrichters sofort ab, dreht die Flamme des Brenners hoch; sobald Dampf durch das Zwischenrohr entweicht, klemmt man auch dort sofort ab. Die Destillation beginnt nun sofort und ist beendet, wenn die Flüssigkeit in der Vorlage bis zur Marke bei 130 cm^3 (entspricht 100 cm^3 Destillat) angestiegen ist. Die Vorlage wird gesenkt. Durch das abtropfende Wasser wird die Mündung des Rohres in einigen Sekunden abgespült. Jetzt spritzt man es von außen mit Hilfe einer kleinen Spritzflasche noch in die Vorlage ab. Die Vorlage wird entfernt und die Flamme abgedreht. In höchstens 30 Sekunden ist der Inhalt des Destillierkolbens im Zwischenrohr und kann abgelassen werden.

Die nicht verbrauchte Säure in der Vorlage wird mit 0,25 n NaOH zurücktitriert. Der Tashiroindikator liefert einen deutlichen Farbumschlag von Violett nach Grün.

Berechnung: 1 cm^3 0,25 n H_2SO_4 = 0,00350 g N.

Die Differenz der vorgelegten und der zurücktitrierten 0,25 n H_2SO_4 multipliziert mit 0,0035 ergibt also die Menge N in g in der Untersuchungsmenge. Daraus kann man auch die Menge N in 100 g Boden berechnen (= Prozent).

Resultate: Die angegebenen Prozent N beziehen sich auf absolut trockenen Boden.

Böden	Stickstoff
1. Urserli	1,01 %
2. Laucherhorn	0,76 %
3. Altenorenalp	0,59 %
4. Bassersdorf	0,26 %
5. Rutschhang ob Tierfehd	0,22 %
6. Riffelalp	0,21 %
7. Horgenberg	0,20 %
8. Rote Kuh (oberste Probe)	0,18 %
9. Cornopaß	0,16 %
10. Maran	0,14 %
11. Rote Kuh (unterste Probe)	0,12 %
12. Rote Kuh (mittlere Probe)	0,08 %
13. Rhäzüns	0,01 %

Russell (99) ist der Ansicht, daß Böden, die viel $CaCO_3$ enthalten, meist reicher an Stickstoff seien als andere Mineralböden, und zwar treffe das für die obern wie für die untern Schichten zu. Vergleichen wir aber unsere Stickstoffwerte mit den weiter hinten in unserer Arbeit angegebenen Kalkgehalten, so sehen wir, daß dies für die von uns bestimmten Böden nicht zutrifft.

F. Wohltmann (Pallmann [130]) gibt für den Gehalt der Böden an Stickstoff folgende Normen an:

mehr als 0,3 % N:	sehr reich, Raubbau zulassend
0,3 — 0,2 % N:	reich
0,2 — 0,1 % N:	gut
0,1 —0,06 % N:	mäßig
0,06—0,03 % N:	arm
0,03—0,02 % N:	sehr arm
unter 0,02 % N:	beschränkt anbaufähig

Die Böden von Urserli, Laucherhorn und Altenorenalp sind somit sehr reich an Stickstoff. Die Böden von Wallisellen-Bassersdorf, Rutschhang ob Tierfehd, Riffelalp und Horgenberg können als reich, Rote Kuh (oberste Probe), Cornopaß, Maran und Rote Kuh (unterste Probe) als gut, Rote Kuh (mittlere Probe) als mäßig und der Alluvionsboden von Rhäzüns als beschränkt anbaufähig bezeichnet werden.

b) Herstellung des Bodenauszuges zur Bestimmung der Nährstoffe

Man muß sich vor Beginn der Nährstoffanalyse darüber schlüssig werden, ob man die Nährstoffe im Boden bestimmen will, die im Laufe einer kurzen Vegetationsperiode löslich werden, etwa zum Zwecke der Vorausbestimmung des mutmaßlichen Ertrages der nächsten Ernte, oder ob man die Nährstoffe ermitteln will, die in längerer Zeit den Wurzeln der Pflanzen überhaupt zugänglich werden, vielleicht zum Zwecke der Bodeneinschätzung. Zur Bestimmung der rasch verfügbaren Pflanzennährstoffe hat man verschiedene schwache Lösungsmittel vorgeschlagen, die die Wirkung der Wurzeln nachahmen sollen. Für die Bestimmung der teils sofort, teils erst im Laufe längerer Zeit den Wurzeln zugute kommenden Nährstoffe wird der Boden mit kalter oder heißer Salzsäure ausgezogen. Unsere Untersuchungen verfolgen den Zweck, die Böden einzuschätzen. Wir müssen also unsere Bodenauszüge nach der letztern Methode herstellen. Und zwar gingen wir genau nach dem Lehrbuch von Pallmann vor.

200 cm³ Bodenlösung entsprechen 100 g lufttrockener Feinerde

Dieser Auszug wurde nun für die folgenden Bestimmungen verwendet:

α. Bestimmung des Gehaltes an Phosphorsäure

Die Phosphorsäure wurde zuerst mit Molybdänlösung als Ammoniumphosphormolybdat, später mit Magnesiamixtur gefällt. Der zweite Niederschlag wurde nach dem Waschen geglüht und als Magnesiumpyrophosphat gewogen. (Genaue Beschreibung der Ausführung siehe Wiegner-Pallmann [130].)

Berechnung: Die Prozente wurden als P_2O_5 aus Magnesiumpyrophosphat zunächst in Prozenten der lufttrockenen Feinerde ausgerechnet. Wenn a Gramm Magnesiumpyrophosphat gewogen und 50 cm³ Bodenlösung (= 25 g Boden) verwendet wurden, so ist:

$$\% \; P_2O_5 \text{ in lufttrockener Feinerde} = \frac{0{,}6379 \cdot 100}{25} \cdot a \; \% = 2{,}5516 \cdot a \; \%$$

Dieses Ergebnis wurde noch auf die absolute Trockensubstanz der Feinerde umgerechnet.

Resultate:

Böden	P_2O_5-Gehalt in absolut trockener Feinerde
1. Laucherhorn	0,34 %
2. Altenorenalp	0,29 %
3. Urserli	0,27 %
4. Rhäzüns	0,12 %
5. Rutschhang ob Tierfehd	0,12 %
6. Rote Kuh (oberste Probe)	0,11 %
7. Horgen (Stotzweid)	0,10 %
8. Rote Kuh (mittlere Probe)	0,07 %
9. Riffelalp	0,06 %
10. Bassersdorf	0,06 %
11. Cornopaß	0,06 %
12. Maran	0,06 %
13. Rote Kuh (unterste Probe)	0,06 %

Für die Bewertung des *P_2O_5-Gehaltes* von Böden wurden verschiedene Normen aufgestellt. Wir möchten hier nur die von Maercker (Wiegner-Pallmann [130], S. 250) aufführen, nämlich:

über 0,15 % P_2O_5 = reich
0,15—0,10 % P_2O_5 = gut
0,10 % P_2O_5 = normal
0,10—0,05 % P_2O_5 = mäßig
unter 0,05 % P_2O_5 = arm

Gemäß dieser Normierung sind von unsern Wildböden Laucherhorn, Altenorenalp und Urserli reich an P_2O_5. Rhäzüns, Rutschhang ob Tierfehd und Rote Kuh (oberste Probe) sind gut und Horgen ist normal mit P_2O_5 versehen. Einen mäßigen P_2O_5-Gehalt weisen dagegen folgende sechs Böden auf: Rote Kuh (mittlere Probe), Riffelalp, Bassersdorf, Cornopaß, Maran und Rote Kuh (unterste Probe). Diese Gesamtphosphorsäurebestimmung gibt uns also ein Bild über die Phosphorreserven unserer Böden. Falsch wäre es jedoch, wenn man aus diesen Resultaten ohne weiteres auf die für die Pflanzen sofort verfügbare Phosphorsäure

Schlüsse ziehen würde, sind doch die Löslichkeit der Phosphorsäure und die Aufnahme durch die Pflanzen, wie wir früher schon erwähnt haben, sehr verschieden. Wichtig für die Löslichkeit der Phosphorsäure ist die Bodenreaktion. So vermögen nach Wrangell gewisse Kulturpflanzen, wie zum Beispiel Buchweizen, Senf usw., die Phosphorsäure selbst bei schwach alkalischer Reaktion aufzuschließen, während andere, wie zum Beispiel die Gramineen, schwerlösliche Phosphorsäure nur bei saurer Reaktion aufnehmen können. Dies zeigt, wie schwierig es ist, Zusammenhänge zwischen Phosphorsäuregehalt und Aufnahme durch die Pflanzen zu finden. Wichtig ist ferner, das Verhältnis der Phosphorsäure zur Summe von Al_2O_3 und Fe_2O_3 zu kennen. Doch darauf werden wir dann bei den Resultaten der $Al_2O_3 + Fe_2O_3$-Bestimmung eingehen.

β. Bestimmung der Summe von Aluminium- und Eisenoxyd

Die Bestimmung wurde nach der Methode von Wiegner-Pallmann (130) ausgeführt, und zwar werden aus der Bodenlösung Eisen und Aluminium neben der Phosphorsäure mit Ammoniak als Hydroxyde gefällt. Der Niederschlag wird durch mehrmaliges Auflösen in Salzsäure und erneutes Fällen mit Ammoniak gereinigt und dann geglüht. Beim Wägen erhält man das Gewicht von Al_2O_3, Fe_2O_3 und P_2O_5 (neben Spuren von TiO_2 und Mn_3O_4). Zieht man davon die vorher bestimmte Menge P_2O_5 ab, so erhält man annähernd das Gewicht von $Al_2O_3 + Fe_2O_3$.

Resultate:

Böden	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$-Gehalt in absolut trockener Feinerde
1. Urserli	10,59 %
2. Altenorenalp	9,63 %
3. Rutschhang ob Tierfehd	8,49 %
4. Maran	8,22 %
5. Rote Kuh (mittlere Probe)	7,53 %
6. Riffelalp	5,92 %
7. Bassersdorf	5,75 %
8. Horgen (Stotzweid)	4,29 %
9. Rhäzüns	3,98 %
10. Cornopaß	2,87 %
11. Laucherhorn	2,59 %
12. Rote Kuh (oberste Probe)	2,15 %
13. Rote Kuh (unterste Probe)	2,12 %

Die Summe ($Al_2O_3 + Fe_2O_3$) im Verhältnis zur Menge P_2O_5 gibt einigen Aufschluß über die Phosphorsäurelöslichkeit.

Als Norm gelten folgende vergleichbare Prozentzahlen:

$P_2O_5 : (Al_2O_3 + Fe_2O_3) = 1 : 40$ = sehr günstig
$P_2O_5 : (Al_2O_3 + Fe_2O_3) = 1 : 40$ bis $1 : 60$ = günstig
$P_2O_5 : (Al_2O_3 + Fe_2O_3) = 1 : 60$ bis $1 : 90$ = wenig günstig
$P_2O_5 : (Al_2O_3 + Fe_2O_3) = 1 :$ mehr als 90 = ungünstig

Bei unsern Böden liegen folgende Verhältnisse vor:

1.	Laucherhorn	1 : 7,6 (= 1 : 8)
2.	Rote Kuh (oberste Probe)	1 : 20
3.	Rhäzüns	1 : 33
4.	Altenorenalp	1 : 33
5.	Rote Kuh (unterste Probe)	1 : 35
6.	Urserli	1 : 39
7.	Horgen (Stotzweid)	1 : 43
8.	Cornopaß	1 : 48
9.	Rutschhang ob Tierfehd	1 : 71
10.	Bassersdorf	1 : 96
11.	Riffelalp	1 : 99
12.	Rote Kuh (mittlere Probe)	1 : 108
13.	Maran	1 : 137

Als sehr günstig wären demnach folgende Böden anzusehen: Laucherhorn, Rote Kuh (oberste Probe), Rhäzüns, Altenorenalp, Rote Kuh (unterste Probe) und Urserli. Günstig liegen die Verhältnisse bei den Böden Horgen (Stotzweid) und Cornopaß, weniger günstig am Rutschhang ob Tierfehd. In dieser Beziehung ungünstig erweisen sich die Bodenproben von Bassersdorf, Riffelalp, Rote Kuh (mittlere Probe) und Maran.

γ. Bestimmung des Kalkgehaltes

Das Filtrat, herrührend von der Aluminium- und Eisenoxydbestimmung, wurde gemäß Vorschrift von Wiegner-Pallmann wie folgt weiter behandelt: Das auf 300 cm³ eingedampfte Filtrat wird zum Sieden erhitzt und dann mit Ammoniumoxalat gefällt. Der gereinigte Kalziumoxalatniederschlag wurde in einem Platintiegel im Verbrennungsofen während 30 Minuten auf 1000° C erhitzt und dann als CaO gewogen.

Resultate:

Böden	CaO-Gehalt des absolut trockenen Bodens
1. Laucherhorn	32,67 %
2. Rote Kuh (oberste Probe)	25,55 %
3. Rote Kuh (unterste Probe)	23,24 %
4. Horgen (Stotzweid)	17,77 %
5. Rhäzüns	11,65 %

Böden	CaO-Gehalt des absolut trockenen Bodens
6. Rutschhang ob Tierfehd	10,95 %
7. Cornopaß	2,84 %
8. Bassersdorf	2,36 %
9. Urserli	1,60 %
10. Altenorenalp	1,50 %
11. Maran	0,68 %
12. Riffelalp	0,52 %
13. Rote Kuh (mittlere Probe) . . .	0,45 %

Der Kalziumoxydgehalt, der im Bodenauszug bestimmt wird, entstammt dem Kalziumkarbonat, ferner dem Kalzium, das an den Ton und den Humus gebunden war. Die Karbonate und ganz besonders das $CaCO_3$, das der Menge nach am meisten vorkommt, haben namentlich in schweren Böden ihre Bedeutung, indem sie für die Herstellung einer günstigen Dispersität sorgen. Sie sind ferner wichtig für die Abstumpfung freier Säuren, für die Sättigung und die Koagulation der sauren Humusstoffe und für die biologischen Vorgänge (Stickstoffanreicherung, Umsetzung der Stickstoffverbindungen, Zersetzung der Humusstoffe). Sie stellen eine Bodenreaktion her, die meist durch *p*H-Werte zwischen 6,7 und 8,5 gekennzeichnet ist.

Maercker (Wiegner-Pallmann [130], S. 254—255) sieht folgende Bodeneinteilung vor:

	Lehmböden	Sandböden
Arm an Kalk .	unter 0,10 % CaO	unter 0,05 % CaO
Mäßig	0,10—0,25 % CaO	0,10—0,15 % CaO
Normal	0,25—0,50 % CaO	0,15—0,20 % CaO
Gut	0,50—1,00 % CaO	0,20—0,30 % CaO
Reich	über 1,00 % CaO	über 0,30 % CaO

Aus unsern Werten für den Kalkgehalt sieht man, daß dieser je nach Boden außerordentlich stark schwanken kann. Vergleichen wir unsere Resultate mit der Bodeneinteilung von Maercker, so sehen wir, daß unsere Böden alle reich mit Kalk versehen sind. Bedeutend höhere Kalkgehalte hatten wir allerdings auf dem Urserli und der Altenorenalp vermutet.

δ. Bestimmung des Kaligehaltes

Um die Kalibestimmung vornehmen zu können, müssen vorerst Eisen und Aluminium, dann aber auch die Hauptmenge der Erdalkalien aus der Bodenlösung entfernt werden. Wir verfuhren nach Wiegner-Pallmann (130) und fällten das Aluminium und das Eisen mit Bariumhydroxyd. Mit Hilfe von ammoniakhaltigem Ammoniumkarbonat wurden dann Barium und Kalzium möglichst vollständig entfernt. Durch

Eindampfen zur Trockene und vorsichtiges Glühen vertreibt man noch die Ammoniumsalze. Mit dem Rückstand, den wir in möglichst wenig heißem Wasser aufgenommen hatten, führten wir dann die Kaliumbestimmung nach der Perchloratmethode durch.

Sofern 15 g Boden verwendet und a g $KClO_4$ gewogen wurden, so ist

$$\% \, K_2O = \frac{0{,}3399 \cdot 100}{15} \cdot a \, \% = 2{,}266 \cdot a \, \%$$

Das erhaltene Resultat wurde dann noch auf Prozente der absoluten Trockensubstanz der Feinerde umgerechnet.

Resultate:

Böden	K_2O in absolut trockener Feinerde
1. Bassersdorf	0,14 %
2. Horgen (Stotzweid)	0,07 %
3. Riffelalp	0,07 %
4. Rote Kuh (oberste Probe)	0,07 %
5. Rhäzüns	0,04 %
6. Rote Kuh (unterste Probe)	0,03 %
7. Urserli	0,02 %
8. Rutschhang ob Tierfehd	0,02 %
9. Cornohütte	0,02 %
10. Maran	0,01 %
11. Altenorenalp	0,01 %
12. Laucherhorn	0,01 %
13. Rote Kuh (mittlere Probe)	0,006 %

Maercker (Wiegner-Pallmann [130], S. 245) bezeichnet Böden mit:

mehr als 0,25 % K_2O = reich
0,15—0,25 % K_2O = normal
0,15—0,05 % K_2O = mäßig
unter 0,05 % K_2O = arm

Von unsern Böden wären demnach die Böden Bassersdorf, Horgen, Riffelalp und Rote Kuh (oberste Probe) mäßig, alle andern Böden arm mit K_2O versehen.

Nach Schneidewind (« Die Ernährung der landwirtschaftlichen Versuchspflanzen », S. 189 [1915]) gibt die mechanische Bodenanalyse einen gewissen Anhalt für das Kalibedürfnis eines Bodens. Die Böden sind im allgemeinen um so kalireicher, je reicher sie an abschlämmbaren Teilen sind. Die Hauptform der Kaliumverbindungen des Bodens sind die Silikate. Im allgemeinen ist man der Ansicht, daß das austauschbare Kalium des Ton-Humus-Komplexes die Hauptquelle der Pflanzenernährung darstellt, obgleich leicht zersetzbare Kaliumminera-

lien ebenfalls teilnehmen. Beim Herstellen des Bodenauszuges durch kochende Salzsäure wird von Kalium ein beträchtlicher Teil nicht ausgezogen. Es wäre natürlich auch interessant, das leichtlösliche Kali und die leichtlösliche Phosphorsäure zu bestimmen. Leider reichte das gesammelte Analysenmaterial nicht dazu aus.

C. pH-Bestimmung der Böden

a) Allgemeines

Die Reaktion des Bodens steht in Abhängigkeit von dem mehr oder weniger reichlichen Vorhandensein von Kalzium, Wasserstoff und Natrium am Ton- und an den Humuskolloiden. Ist genügend $CaCO_3$ in Vorrat, so ist der Boden neutral oder alkalisch; in kühlen, feuchten Gegenden, die eine Auslaugung begünstigen, wird er sauer, da das Kalzium der Auswaschung unterliegt, während in ariden Regionen der Boden zur Alkalität neigt durch das Vorherrschen der Natriumkationen.

Bei der Messung der *p*H-Werte eines Bodens treten meist zwei grundlegende Schwierigkeiten auf. Das *p*H des Bodens kann nicht in dessen natürlichen Lage gemessen werden, sondern man muß eine Probe entnehmen und diese suspendieren. Durch das Lufttrocknen und Lagern besteht nun aber die Möglichkeit, daß das *p*H verändert wird. Dieser Effekt ist jedoch, sofern er eintritt, nur gering. Die zweite Schwierigkeit besteht darin, daß das anscheinende *p*H einer Bodensuspension mit der Konzentration des Bodens in der Suspension sich verändert. Nach Wiegner und Pallmann (130) treten im Boden zwei Arten von Säuren auf, nämlich *lösliche Säuren* (zum Beispiel H_2SO_4, H_3PO_4, CO_2) und *unlösliche Säuren* (wie kolloider Ton und organische Substanz, die austauschbaren Wasserstoff besitzen). Diese kolloiden Säuren dissoziieren, wenn sie im Wasser dispergiert sind, indem sie einen diffusen Schwarm von H-Ionen abgeben, die, obgleich sie beweglich sind, sich nicht weit von der Teilchenoberfläche entfernen können. Sie sind imstande, auf eine Elektrode anzusprechen und Rohrzucker zu invertieren, doch müssen sie mit dem Kolloidteilchen wandern. Wenn nun ein Teilchen sich absetzt, führt es seinen Schwarm von H-Ionen mit sich hinab. Somit zeigt das *p*H der klaren überstehenden Lösung nur die löslichen Säuren an. Das *p*H in der Suspension zeigt jedoch auch den obendrein durch einen Teil der von den Bodenteilchen dissoziierten Wasserstoffionen hervorgerufenen Effekt an.

b) Ausführung der Bestimmung

Wir bestimmen die Wasserstoffionenkonzentration unserer Böden kolorimetrisch, um sie mit den Adlisberger Böden, die Wüst ebenfalls auf diese Weise bestimmt hat, vergleichen zu können. Da uns das von

W ü s t benutzte Ionoskop nicht zur Verfügung stand, stellten wir selbst eine ähnliche Vergleichsreihe von Teströhrchen her. Aus dem Grunde möchten wir die Ausführung der Bestimmung kurz beschreiben.

20 g des luftgetrockneten Bodens werden mit 50 cm³ destilliertem Wasser in einem Erlenmeyerkolben gemischt. Sollte der Boden fast alles Wasser aufsaugen, wie dies bei humosen oder sehr humusreichen Böden der Fall ist, so darf man statt 50 cm³ Wasser auch 100 cm³ Wasser zusetzen, denn bei gut gepufferten Böden (Humus-, Ton- oder Kalkböden) ist diese Abweichung von geringem Einfluß, da sich für die kolorimetrischen Messungen innerhalb eines ziemlich großen Verdünnungsbereiches ein konstantes Lösungsgewicht in der klaren Bodenlösung einstellt. Die Boden-Wasser-Mischung läßt man unter häufigem Umschütteln drei Stunden stehen, damit sich das Gleichgewicht einstellen kann. Mit Hilfe einer Pipette entnimmt man der klaren, über dem Bodensatz stehenden Lösung 7 cm³ Flüssigkeit und gibt sie in ein sauberes Reagensglas. Dieses wird damit ausgespült, und der Inhalt wird in ein zweites Reagensglas gegossen. Man gibt sieben Tropfen Wasser zu und stellt das Reagensglas mit der Spülflüssigkeit in das rechte hintere Loch eines Walpollschen Komparators. Es dient zum Ausgleich einer eventuellen Trübung. Auf diese Weise sind zugleich Pipette und Meßglas mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gereinigt worden, und es können viele Bestimmungen hintereinander ausgeführt werden, ohne jedesmal Pipette und Reagensglas zu trocknen. Nun werden 7 cm³ der Bodenlösung in das vorgereinigte Reagensglas abgefüllt und sieben Tropfen eines geeigneten Indikators zugesetzt. Um zu wissen, welcher Indikator verwendet werden muß, stellten wir roh das *p*H der Lösung mit Indikatorpapier von Merck fest. Man trachtet danach, daß man den Indikator wählt, der mit der Bodenlösung einen Faktor liefert, der einem Teströhrchen aus der Mitte einer Horizontalreihe von Vergleichsröhrchen mit verschiedenen, aber bekannten *p*H-Werten entspricht. Die Herstellung dieser Testreihen beschreiben wir weiter unten. An den beiden Enden der Horizontalreihen werden die Messungen unsicher, da die Teströhrchenlösung an dieser Stelle zu verdünnt oder zu konzentriert sind. Das Reagensglas mit Bodenlösung und Indikator wird in das linke vordere Loch des Komparators gesteckt. Dahinter in das linke hintere Loch wird ein Reagensglas mit 7 cm³ *Aqua dest.* und sieben Tropfen *Aqua dest.* gebracht. Das rechte vordere Loch dient zur Aufnahme desjenigen Teströhrchens aus der Vergleichsreihe, das bei der Durchsicht durch die Schaulöcher gegen das Licht die gleiche Farbe aufweist wie die Bodenlösung mit dem Indikator.

Man steckt nun nacheinander, an einem Ende der geeigneten Standardröhrchenreihe beginnend, jedes Teströhrchen in das rechte vordere Loch, bis man Farbengleichheit mit dem Versuchsröhrchen erreicht hat.

Beim Durchsehen durch die Schaulöcher halte man den Komparator gegen einen weißen Hintergrund. Bei dieser Anordnung der vier Röhrchen im Komparator hat man in beiden Beobachtungsrichtungen von vorn nach hinten gleiche Schichtdicke und gleichen Trübungsgrad. Hinter der links stehenden Bodenlösung stellt das Wasser die gleiche Schichtdicke her wie in der rechten Anordnung. Hinter dem rechts befindlichen Teströhrchen wird durch die verdünnte Bodenlösung der gleiche Trübungsgrad wie in der linken Anordnung erzeugt.

Der an den farbgleichen Standardröhrchen verzeichnete *p*H-Wert gibt den *p*H-Wert der Bodenlösung an. Liegt die Farbtiefe zwischen zwei Teströhrchen, so entspricht das Mittel der beiden verzeichneten Werte dem *pH*-Wert der Bodenlösung. Nach dieser Methode kann der *p*H-Wert auf $\pm$ 0,1 genau ermittelt werden.

Wir stellten für unsere *p*H-Bestimmungen folgende Standardvergleichsreihen auf:

Indikator	*p*H	Farbänderung
Phenolrot	8,4—6,8	rot ⟶ gelb
Bromthymolblau . . .	7,6—6,2	blau ⟶ gelb
Methylrot	6,3—4,2	gelb ⟶ rot

Mit Hilfe der Tabletten von S l i s Wzn., Apotheker, Utrecht (Nachtegaalstraat 67) machten wir Pufferlösungen von folgenden *p*H-Werten: 8,0, 7,8, 7,6 usw. bis *p*H 5,0. Je 7 cm³ dieser Pufferlösungen wurden in saubere Jenaer Reagensgläser gefüllt. 7 Reagensgläser, die Pufferlösungen von *p*H 8,0—6,8 enthielten, wurden mit je 7 Tropfen Phenolrot versetzt, zu 8 Reagensgläsern, enthaltend die Pufferlösungen von *p*H 7,6—6,2, fügt man 7 Tropfen Bromthymolblau. In die letzten 7 Reagensgläser, mit den Pufferlösungen von *p*H 6,2—5,0 gibt man je 7 Tropfen Methylrot. Die Reagensgläser wurden mit Korken verschlossen und diese noch mit Kollodium luftdicht gemacht. Die so erhaltenen Standardröhrchen versah man sofort mit Etiketten, die den Namen des Indikators und das *p*H der betreffenden Lösung enthielten. Man bewahrte sie in einem dunklen Kasten, möglichst vor Licht geschützt, auf.

Resultate:

Böden	*p*H-Wert
1. Rote Kuh, oberste Probe	7,7
2. Rote Kuh, unterste Probe	7,7
3. Rhäzüns	7,6
4. Horgen (Stotzweid)	7,6
5. Rutschhang ob Tierfehd	7,6
6. Laucherhorn	7,6
7. Cornopaß	7,5
8. Urserli	7,5

Böden	pH-Wert
9. Bassersdorf	7,2
10. Altenorenalp	7,0
11. Rote Kuh, mittlere Probe	6,9
12. Maran	5,9
13. Riffelalp	5,7

Die schweizerischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalten (130) bezeichnen die Abstufungen der Reaktionszahlen folgendermaßen:

*p*H 4,6 und darunter	= sehr stark sauer
*p*H 4,7—5,2	= stark sauer
*p*H 5,3—5,8	= sauer
*p*H 5,9—6,7	= schwach sauer
*p*H 6,8—7,2	= neutral
*p*H 7,3—7,6	= schwach alkalisch
*p*H 7,7—7,9	= alkalisch
*p*H 8,0 und darüber	= stark alkalisch

Von unsern Böden reagieren also der Riffelalpboden sauer, Maran schwach sauer, Rote Kuh (mittlere Probe), Altenorenalp und Bassersdorf neutral, das Urserli, Cornopaß, Laucherhorn, Rutschhang ob Tierfehd, Horgen und Rhäzüns schwach alkalisch und Rote Kuh (oberste und unterste Probe) alkalisch. Vergleichen wir die erhaltenen *p*H-Werte mit dem Kalkgehalt unserer Böden, so kann man eine gewisse Ähnlichkeit erkennen. Die Böden mit dem höhern Kalkgehalt weisen auch ein höheres *p*H auf.

D. Mechanische Bodenanalyse der Wildstandortsböden

Von einer kompletten mechanischen Bodenanalyse sahen wir ab, da es sich ja ausschließlich um Rohböden handelt. Wir begnügten uns mit der Bestimmung des Verhältnisses zwischen Bodenskelett und Feinerde. Der gesamte lufttrockene Boden (zirka 1 kg) wurde auf einer großen Waage auf 1 Gramm genau gewogen. Der Boden wurde dann durch ein 2-mm-Sieb abgesiebt, nachdem er vorerst mit den Fingern so leicht zerdrückt wurde, daß nur die Krümel auseinanderfallen, nicht aber die Einzelkörner zerrieben werden. Die auf dem Sieb verbleibenden Rückstände (Steine, Wurzeln), das sogenannte *Bodenskelett,* wurden zurückgewogen.

Wir erhielten folgende Resultate:

Böden	Bodenskelett	Feinerde
1. Laucherhorn	92,0 %	8,0 %
2. Maran	75,4 %	24,6 %
3. Rutschhang ob Tierfehd	72,9 %	27,1 %
4. Rote Kuh, unterste Probe	69,7 %	30,3 %
5. Rote Kuh, oberste Probe	60,4 %	39,6 %

Böden	Bodenskelett	Feinerde
6. Rhäzüns	56,4 %	43,6 %
7. Rote Kuh, mittlere Probe	56,2 %	43,8 %
8. Bassersdorf	52,8 %	47,2 %
9. Riffelalp	45,8 %	54,2 %
10. Horgen (Stotzweid)	42,1 %	57,9 %
11. Cornopaß	33,8 %	66,2 %
12. Urserli	20,7 %	79,3 %
13. Altenorenalp	13,8 %	86,2 %

Bei unsern Böden Laucherhorn, Maran, Rutschhang ob Tierfehd, Rote Kuh (alle drei Proben), Rhäzüns, Bassersdorf, Riffelalp und Horgenberg ist das Bodenskelett stark vertreten. Eine Mittelstellung nimmt der Boden vom Cornopaß ein, während in den Böden Urserli und Altenorenalp Bestandteile über 2 mm Durchmesser nur noch schwach vertreten sind.

IV. Zusammenstellung der chemischen und physikalischen Eigenschaften sämtlicher Böden

Siehe Tabellen 5 und 6, Seite 348/49.

V. Versuche auf den Bodentypen der Anlage Adlisberg

Vorbemerkung: Die nachfolgenden Bestimmungen der Asche- und Wirkstoffgehalte wurden alle auf das *absolute Trockengewicht* der Drogen bezogen. Dieses ermittelten wir bei unsern Drogen mit nicht flüchtigen Wirkstoffen nach der PhH V-Methode (Trocknen bei 103—105° C). Bei unsern Ätherisch-Öldrogen dagegen bestimmten wir das absolute Trockengewicht, gemäß der Forderung unserer Pharmakopöe, im Phosphorpentoxyd-Exsikkator.

Für den Pflanzenphysiologen wären zweifellos auch die auf das Frischpflanzengewicht bezogenen Wirkstoff- und Aschegehalte von Interesse gewesen, den Pharmakognosten aber interessiert mehr der Gehalt in der trockenen Droge. Da die Fragestellung dieser Arbeit im wesentlichen eine pharmakognostische ist, haben wir als Bezugsgröße die absolut trockene Droge verwendet.

Bei der kurvenmäßigen Darstellung der Asche- und Wirkstoffgehalte mußten wir uns für eine bestimmte Anordnung der Böden entschließen. Die Reihenfolge war auf den Gehalt an der einen oder andern Bodenkomponente abzustellen. An sich wäre es interessant gewesen, die Böden nach mehreren Gesichtspunkten zu ordnen, wie etwa nach N-, P-, Kali-, Kalkgehalt usw. Dieses Vorgehen hätte indessen zu einer außerordentlich hohen Zahl von graphischen Darstellungen geführt und damit die Publikation der Arbeit finanziell sehr stark belastet. Nach reiflicher Prüfung der zahlenmäßigen Resultate und nach Aufstellung einiger Ver-

suchskurven haben wir uns entschlossen, die Böden für die *graphische Darstellung* der Aschegehalte nach steigendem Kalkgehalt zu ordnen. Für die graphische Darstellung der Wirkstoffgehalte dagegen fanden wir es zweckmäßiger, die Böden nach steigendem Stickstoffgehalt aufzuzeichnen. In den *numerischen Tabellen* zur Angabe der Analysenresultate haben wir, im Gegensatz zu den graphischen Darstellungen, die Reihenfolge der Böden nach fallendem Wirkstoffgehalt der darauf geernteten Pflanzen geordnet.

1. Bestimmung des Aschegehaltes

Unter *Asche* versteht die Pharmakopöe die Menge des nichtflüchtigen, kohlefreien Rückstandes, der beim vorsichtigen Verbrennen eines Stoffes hinterbleibt.

Die Asche besteht daher theoretisch nur aus den Mineralbestandteilen des betreffenden Pflanzenorganes, und zwar im wesentlichen in Form der Karbonate (Alkali- und Erdalkaliverbindungen) sowie von Oxyden. In geringerem Maße kommen auch Sulfate und Phosphate vor.

In praxi haften jedoch jedem Pflanzenorgan äußerlich immer größere oder kleinere Mengen von Mineralien an, die niemals vollständig entfernt werden können und daher bei der Aschebestimmung mitbestimmt werden. Die Arzneibücher fordern, daß die Drogen möglichst wenig solche fremde Asche enthalten, und sie setzen daher Höchstzahlen für die Aschegehalte fest, die wichtige Kriterien für den Reinheitsgrad der Drogen darstellen.

Bei unsern Ernten auf dem Adlisberg machten wir immer wieder die Beobachtung, daß die Pflanzen auf den leichten Böden, ganz besonders auf dem Sandboden, stark beschmutzt waren, und zwar war dies besonders stark der Fall, wenn es kurz vor der Ernte heftig geregnet hatte. Durch das heftige Aufschlagen der Regentropfen auf den Boden wurden die leichten Bodenpartikel auf Stengel und Blätter der Pflanzen geschleudert.

Bestimmungsmethode: Die Bestimmung erfolgte nach PhH V, jedoch mit der Abänderung, daß nicht auf dem Asbestkarton mit aufgeschüttetem Sandring (Schutz vor Einfluß des Leuchtgases), sondern auf dem Porzellandreieck verascht wurde. Wir haben die PhH V-Methode zunächst ausprobiert, haben aber dabei folgende Nachteile gefunden:

1. Am Tiegel bleiben Asbestfasern und Seesand haften, die nachher schwer zu entfernen sind.
2. Beim Glühen mit voller Flamme wird leicht Seesand verschleudert und kann so in den Tiegel gelangen und falsche Resultate verursachen.
3. Die entweichenden Dämpfe kondensieren sich als braunschwarzer Rand am oberen Tiegelrand und können so nicht gut entfernt wer-

Tabelle 5

Chemische Bodenanalysen

Adlisberger Böden	P_2O_5			K_2O			CaO			N		Al_2O_3	Fe_2O_3	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	MgO		Gesamt-SiO_2	P_2O_5-Bedürfnis	Kalibedürfnis	pH	
	1898	1903	1939	1898	1903	1939	1898	1903	1939	1898	1939	1903	1903	1939	1898	1903	1903	1939	1939	1927	1939
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		mg K_2O/100 g Boden		
1. Sand	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06	0,07	13,97	10,76	9,12	0,07	0,05	1,50	1,94	4,74	4,59	5,93	49,69	stark bedürftig	1,4	7,0	7,1
2. Kreide	0,25	0,26	0,30	0,11	0,15	0,12	9,99	7,55	6,51	0,27	0,20	2,40	3,43	6,90	0,64	0,84	58,69	stark bedürftig	0,7	7,2	7,3
3. Verrucano . . .	0,08	0,10	0,13	0,05	0,09	0,11	0,65	0,57	0,25	0,08	0,06	1,47	2,64	3,60	0,38	0,64	71,38	stark bedürftig	0,7	7,0	6,9
4. Bündnerschiefer .	0,10	0,12	0,10	0,03	0,04	0,08	8,87	5,90	3,29	0,11	0,09	1,61	3,05	7,56	0,65	1,85	46,47	stark bedürftig	2,8	7,4	7,3
5. Gneis	0,15	0,15	0,12	0,14	0,05	0,09	0,70	0,66	0,36	0,14	0,11	1,72	2,39	5,02	0,81	0,94	69,46	stark bedürftig	2,1	7,2	7,2
6. Flysch	0,04	0,09	0,11	0,07	0,08	0,06	21,17	17,73	15,75	0,12	0,08	2,02	2,99	5,66	0,54	0,54	38,38	stark bedürftig	2,4	7,4	7,4
7. Jura	0,08	0,09	0,08	0,09	0,10	0,08	8,45	5,85	4,20	0,16	0,11	2,42	3,37	6,86	0,59	0,90	58,64	stark bedürftig	1,1	7,2	7,2
8. Humus	0,09	0,18	0,14	0,03	0,05	0,03	3,09	2,46	1,30	1,20	1,05	1,96	2,06	3,93	0,79	0,78	37,26	stark bedürftig	0,2	6,8	6,6
9. Ton	0,09	0,13	0,12	0,08	0,05	0,06	2,72	1,20	1,45	0,27	0,19	2,28	2,56	5,17	1,42	1,78	65,41	stark bedürftig	1,3	7,2	7,1

Wildstandortsböden	P_2O_5	K_2O	CaO	N	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	pH
	1948	1948	1948	1948	1948	1948
	%	%	%	%	%	
1. Rhäzüns	0,12	0,04	11,65	0,01	3,98	7,6
2. Maran	0,06	0,01	0,68	0,14	8,22	5,9
3. Horgenberg	0,10	0,07	17,77	0,02	4,29	7,6
4. Bassersdorf	0,06	0,14	2,36	0,26	5,75	7,2
5. Riffelalp	0,06	0,07	0,52	0,21	5,92	5,7
6. Altenorenalp	0,29	0,01	1,50	0,59	9,63	7,0
7. Laucherhorn	0,34	0,01	32,67	0,76	2,59	7,6
8. Urserli	0,27	0,02	1,60	1,01	10,59	7,5
9. Rote Kuh (unterste Probe)	0,06	0,03	23,24	0,12	2,12	7,7
10. Rote Kuh (mittlere Probe)	0,07	0,006	0,45	0,08	7,53	6,9
11. Rote Kuh (obere Probe)	0,11	0,07	25,55	0,18	2,15	7,7
12. Rutschhang ob Tierfehd	0,12	0,02	10,95	0,22	8,49	7,6
13. Cornopaß	0,06	0,02	2,84	0,16	2,87	7,5

Tabelle 6

Physikalische Bodenanalysen

Adlisberger Böden	Bodenskelett 1898	Feinerde 1898	Bodenskelett 1939	Feinerde 1939	Differenzierung der Feinerde im Jahre 1898					Differenzierung der Feinerde im Jahre 1939						Physikalische Eigenschaften der Böden (März 1927)						
					2—1 mm	1—0,5 mm	0,5—0,25 mm	0,25—0,1 mm	Abschlämmbares	2—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	0,1—0,05 mm	0,05—0,01 mm	Abschlämmbares	Feinerde		H_2O-Gehalt	Porenvolumen	Luftkapazität	Wasserkapazität	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	Gewichts-%	Volumen-%	g	%	%	Gewichts-%	Volumen-%
1. Sand	4,6	95,4	4,4	95,6	0,9	12,2	55,3	12,6	9,4	15,0	40,2	8,3	10,0	21,0	5,5	95	95	448	50,6	5,8	33,5	44,8
2. Kreide	50,2	49,8	52,1	47,9	5,5	4,2	7,0	15,5	33,0	12,0	10,0	10,3	5,5	25,0	37,2	62	62	406	53,1	12,5	32,5	40,6
3. Verrucano . .	31,6	68,4	29,4	70,6	19,9	13,2	20,7	12,3	21,9	30,2	15,6	15,3	10,3	3,1	25,5	66	66	342	41,2	7,0	21,6	34,2
4. Bündnerschiefer	65,0	35,0	61,4	38,6	34,6	8,1	12,7	9,1	25,1	46,5	8,1	3,6	6,0	5,2	30,6	44	44	313	41,6	10,3	19,3	31,3
5. Gneis	31,4	68,6	30,8	69,2	19,4	16,6	13,7	14,2	19,6	28,4	11,2	27,0	5,6	11,3	16,5	60	60	372	43,0	5,8	24,3	37,2
6. Flysch	40,3	59,7	42,2	57,8	30,7	6,0	4,6	2,7	41,8	34,4	3,1	4,0	5,1	8,2	45,2	55	55	352	49,9	14,7	25,8	35,2
7. Jura	37,1	62,9	40,5	59,5	4,1	3,5	4,6	6,8	42,7	10,5	7,4	4,0	15,0	26,4	36,7	67	67	386	51,7	13,1	29,7	38,6
8. Humus	5,1	94,9	7,1	92,9	27,7	13,0	7,5	14,3	27,9	32,2	5,0	15,8	8,0	18,3	20,7	78	80	650	71,4	6,4	100,3	65,0
9. Ton	14,7	85,3	12,7	87,3	2,7	3,1	7,5	10,8	50,5	3,0	10,8	8,5	17,8	3,7	56,2	71	71	456	58,1	12,5	41,1	45,6

Wildstandortsböden	Bodenskelett 1948	Feinerde 1948
	%	%
1. Rhäzüns	56,4	43,6
2. Maran	75,4	24,6
3. Horgenberg	42,1	57,9
4. Bassersdorf	52,8	47,2
5. Riffelalp	45,8	54,2
6. Altenorenalp	13,8	86,2
7. Laucherhorn	92,0	8,0
8. Urserli	20,7	79,3
9. Rote Kuh (unterste Probe)	69,7	30,3
10. Rote Kuh (mittlere Probe)	56,2	43,8
11. Rote Kuh (obere Probe)	60,4	39,6
12. Rutschhang ob Tierfehd	72,9	27,1
13. Cornopaß	33,8	79,3

den. Man ist dann doch noch genötigt, kurz auf einem Porzellandreieck zu glühen.

Vergleichende Untersuchungen der genauen PhH V-Methode und der unsrigen gaben für letztere besser reproduzierbare Werte, so daß wir diese Methode wählten.

Resultate:

a) Aschegehalte der Blätter und Wurzeln von Atropa Belladonna des Jahres 1944

Böden	Wurzeln Gesamtasche	Böden	Blätter Gesamtasche
1. Kreide	8,55 %	1. Verrucano	15,10 %
2. Verrucano	7,85 %	2. Gneis	13,71 %
3. Jura	7,22 %	3. Flysch	13,54 %
4. Bündnerschiefer	7,10 %	4. Jura	13,31 %
5. Ton	6,89 %	5. Kreide	12,34 %
6. Gneis	5,75 %	6. Sand	12,21 %
7. Flysch	5,40 %	7. Bündnerschiefer	12,05 %
8. Sand	3,99 %	8. Ton	10,63 %
9. Humus	3,65 %	9. Humus	6,14 %

Abbildung 5

Aschegehalte der Blätter und Wurzeln von *Atropa Belladonna* des Jahres 1944

Legende:

——— = Asche der Blätter

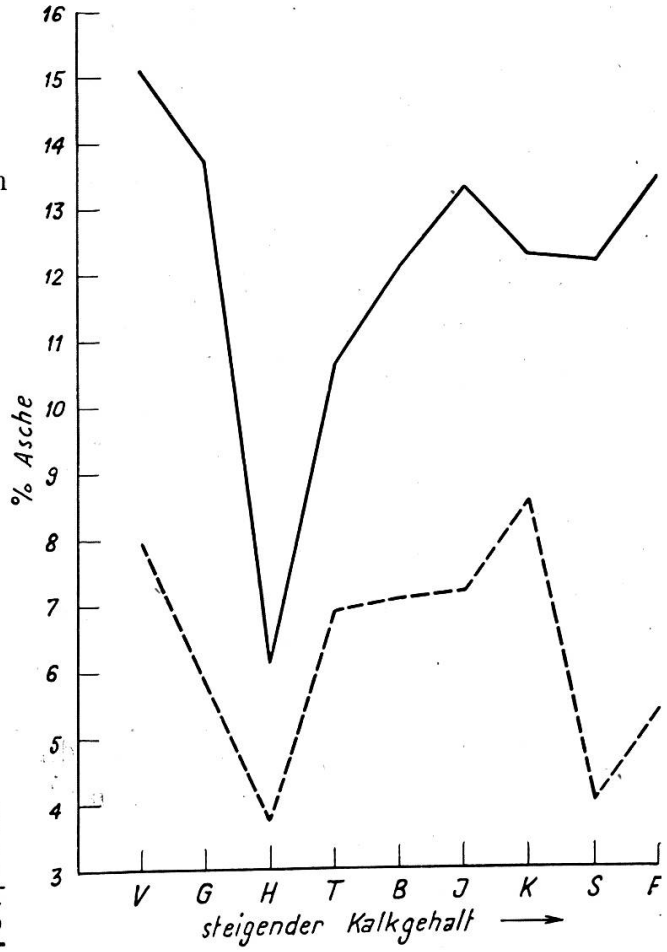
– – – = Asche der Wurzeln

Wurzeln

Höchster Wert (Kreide)	8,55 %
Tiefster Wert (Humus)	3,65 %
Streuung	4,90 %

Blätter

Höchster Wert (Verrucano)	15,10 %
Tiefster Wert (Humus)	6,14 %
Streuung	8,96 %



Die Differenz zwischen dem höchsten und dem kleinsten Gehalt, ausgedrückt in Prozenten des maximalen Gehaltes, beträgt bei den Wurzeln 57 % und bei den Blättern 59 %.

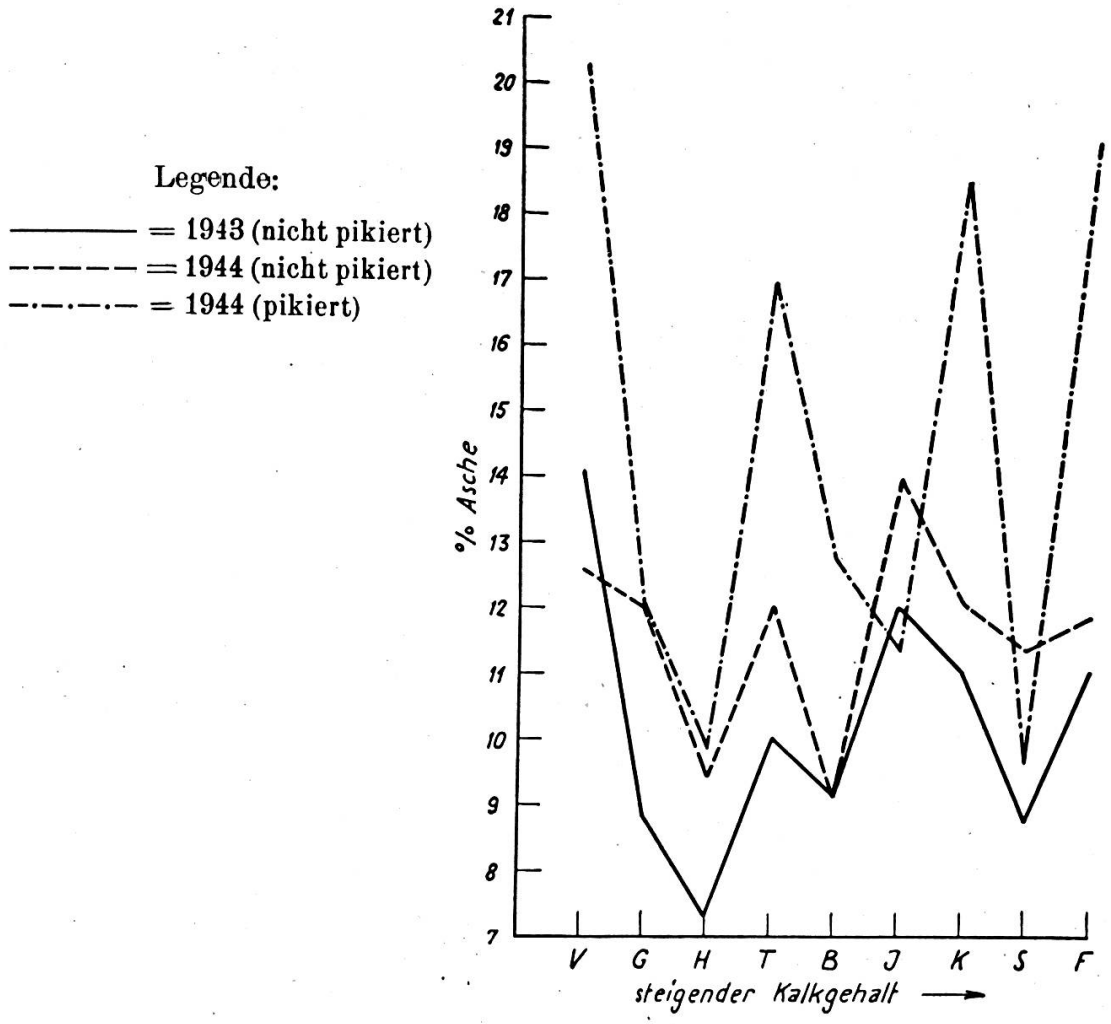
Die Aschegehaltskurven (Abbildung 5) von Wurzel und Blatt verlaufen fast parallel. Einzig beim Kreidekalk tritt eine kleine Störung auf. Ferner zeigt sich, daß der Aschegehalt der Belladonnablätter auf allen Böden wesentlich höher ist als bei den Belladonnawurzeln. Der Humus lieferte sowohl bei den Blättern wie auch bei den Wurzeln der Tollkirsche den niedrigsten Aschegehalt. Sehr aschenreich dagegen sind die auf dem Verrucano gewachsenen Tollkirschen, und zwar weisen die auf Verrucano geernteten Belladonnablätter den höchsten Aschegehalt auf. Bei den Belladonnawurzeln steht der Verrucano an zweiter Stelle. Die Streuung zwischen dem höchsten und tiefsten Aschegehalt ist bei den Blättern fast doppelt so groß wie bei den Wurzeln.

Nach der PhH V darf die Asche bei *Folium Belladonnae* nicht mehr als 16 % betragen, für *Radix Belladonnae* dagegen stellt das Schweizerische Arzneibuch keine Höchstgrenze auf. Vergleichen wir nun mit unsern Resultaten, so sehen wir, daß sämtliche auf den Adlisberger Böden gewachsenen Belladonnablätter den Forderungen der Pharmakopöe in bezug auf den Aschegehalt entsprechen.

b) Aschegehalte der Lobelia inflata 1943 und 1944

1943		*1944*		*1944*	
Böden	nicht pikiert	Böden	nicht pikiert	Böden	pikiert
1. Verrucano	14,08 %	1. Jura . .	13,96 %	1. Verrucano	20,28 %
2. Jura . .	11,98 %	2. Verrucano	12,63 %	2. Flysch .	19,16 %
3. Flysch .	11,14 %	3. Ton . .	12,13 %	3. Kreide .	18,73 %
4. Kreide .	11,01 %	4. Kreide .	12,09 %	4. Ton . .	16,98 %
5. Ton . .	10,03 %	5. Gneis . .	12,02 %	5. Bündnerschiefer .	12,81 %
6. Bündnerschiefer .	9,23 %	6. Flysch .	11,88 %	6. Gneis . .	12,09 %
7. Sand . .	8,78 %	7. Sand . .	11,35 %	7. Jura . .	11,38 %
8. Gneis . .	8,77 %	8. Humus .	9,38 %	8. Humus .	9,83 %
9. Humus .	7,25 %	9. Bündnerschiefer .	9,21 %	9. Sand . .	9,66 %

Abbildung 6
Aschegehalte der *Lobelia inflata* 1943 und 1944



1943

Höchster Aschegehalt (Verrucano)	14,08 %
Tiefster Aschegehalt (Humus) . .	7,25 %
Streuung	6,83 %

1944 (nicht pikiert)

Höchster Wert (Jura) .	13,96 %
Tiefster Wert (Bündnerschiefer)	9,21 %
Streuung	4,75 %

1944 (pikiert)

Höchster Wert (Verrucano)	20,28 %
Tiefster Wert (Sand) . .	9,66 %
Streuung	10,62 %

Die Differenz zwischen dem höchsten und dem kleinsten Gehalt, ausgedrückt in Prozent des maximalen Gehaltes, beträgt im Jahre 1943 49 %, im Jahre 1944 bei den nicht pikierten Pflanzen 34 %, bei den pikierten Pflanzen 52 %. Die stärkste Streuung der Aschegehalte weisen die pikierten Pflanzen auf.

Genau wie bei der Tollkirsche sind die auf dem Verrucano gewachsenen Pflanzen sehr aschereich, die auf dem Humus gewachsenen aschearm. Aus der graphischen Darstellung (Abbildung 6) ersehen wir einen gleichmäßigen Verlauf der Aschegehalte von 1943 und 1944 (nicht pikiert). Die Kurve der pikierten Lobelien des Jahres 1944 geht auch parallel, jedoch mit Ausnahme des Wertes für den Jura. Auch zwischen den Aschekurven von *Atropa Belladonna* (Wurzeln und Blätter [Abbildung 5]) und der graphischen Darstellung der Aschegehalte der Lobelien (Abbildung 6) läßt sich eine große Ähnlichkeit im Verlauf feststellen.

Die PhH V verlangt: Die Asche darf nicht mehr als 13% betragen. Von unsern Böden liefern also im Jahre 1943 der Verrucano, im Jahre 1944 bei den nicht pikierten Pflanzen der Jura und bei den pikierten Exemplaren der Verrucano, Flysch, Kreidekalk und Ton Lobelien mit zu hohem Aschegehalt.

c) Aschegehalte von Bergenia Delawayi

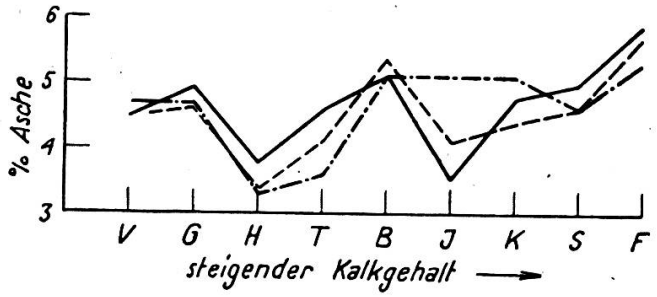
Ernte 1941

Böden	nicht stabilisiert	Böden	stabilisiert
1. Flysch	5,94 %	1. Flysch	5,70 %
2. Bündnerschiefer	5,08 %	2. Bündnerschiefer	5,32 %
3. Sand	4,95 %	3. Sand	4,60 %
4. Gneis	4,88 %	4. Gneis	4,57 %
5. Kreide	4,81 %	5. Verrucano	4,52 %
6. Ton	4,55 %	6. Kreide	4,44 %
7. Verrucano	4,50 %	7. Jura	4,13 %
8. Humus	3,78 %	8. Ton	4,05 %
9. Jura	3,50 %	9. Humus	3,38 %

Ernte 1942

Böden	nicht stabilisiert
1. Flysch	5,29 %
2. Bündnerschiefer	5,14 %
3. Jura	5,11 %
4. Kreide	5,10 %
5. Verrucano	4,74 %
6. Gneis	4,70 %
7. Sand	4,60 %
8. Ton	3,59 %
9. Humus	3,32 %

Abbildung 7
Aschegehalte von *Bergenia Delawayi* (Ernte 1941 und 1942)



Legende:

——— = Ernte 1941 (nicht stabilisiert)
– – – – – = Ernte 1941 (stabilisiert)
—·—·—·— = Ernte 1942 (nicht stabilisiert)

1941 (nicht stabilisiert)

Höchster Wert (Flysch)	5,94 %
Tiefster Wert (Jura) .	3,50 %
Streuung	2,44 %
Streuung, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes	41 %

1941 (stabilisiert)

Höchster Wert (Flysch)	5,70 %
Tiefster Wert (Humus) .	3,38 %
Streuung	2,32 %
Streuung, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes	41 %

1942 *(nicht stabilisiert)*

Höchster Wert (Flysch)	5,29 %
Tiefster Wert (Humus)	3,32 %
Streuung	1,97 %
Streuung, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes	37 %

Betrachten wir die graphische Darstellung (Abbildung 7), so sehen wir, daß die beiden Kurven des Jahres 1941 ähnlich verlaufen. Im Jahre 1942 dagegen verläuft die Kurve vom Bündnerschiefer bis zur Kreide beinahe waagrecht, während sie im Jahre 1941 vom Bündnerschiefer zum Jura stark absinkt und von dort zur Kreide wieder ansteigt. Von Kreide zu Sand steigen die 1941er-Werte ebenfalls noch schwach an, Kurve 1942 dagegen fällt. Den höchsten Aschegehalt weisen sowohl im Jahre 1941 (stabilisiert und nicht stabilisiert) wie im Jahre 1942 (nicht stabilisiert) die auf dem Flysch gewachsenen Bergeniablätter auf, während die tiefsten Werte im Jahre 1941 (nicht stabilisierte Droge) auf dem Jura, im Jahre 1941 (stabilisierte Droge) und 1942 (nicht stabilisierte Droge) auf dem Humus gefunden wurden. Auffallend bei *Bergenia Delawayi* ist die

geringe Streuung der Resultate, verglichen mit derjenigen der Atropa oder der der Lobelien.

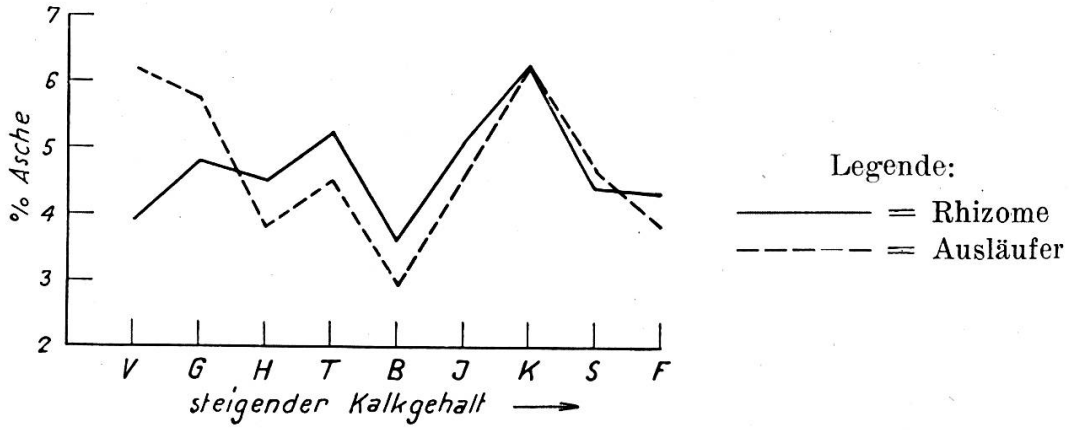
Der bei der Tollkirsche und den Lobelien in bezug auf Aschegehalt an erster oder mindestens zweiter Stelle stehende Verrucano rückt bei der Bergenia auf die fünfte oder sogar auf die siebente Stelle, während der Flysch, wie oben bereits schon erwähnt wurde, überall den höchsten Aschegehalt besitzt. Nach ihm folgt mit dem zweithöchsten Gehalt der Bündnerschiefer.

d) Aschegehalte der Rhizome und Ausläufer von Peucedanum Ostruth.

1940

Böden	Rhizome	Böden	Ausläufer
1. Kreide	6,24 %	1. Kreide	6,19 %
2. Ton	5,15 %	2. Verrucano . . .	6,19 %
3. Jura	5,12 %	3. Gneis	5,83 %
4. Gneis	4,77 %	4. Sand	4,68 %
5. Humus	4,51 %	5. Jura	4,62 %
6. Sand	4,44 %	6. Ton	4,52 %
7. Flysch	4,27 %	7. Flysch	3,82 %
8. Verrucano . . .	3,92 %	8. Humus	3,79 %
9. Bündnerschiefer .	3,61 %	9. Bündnerschiefer .	2,85 %

Abbildung 8
Aschegehalte der Rhizome und Ausläufer von *Peucedanum Ostruthium* (1940)



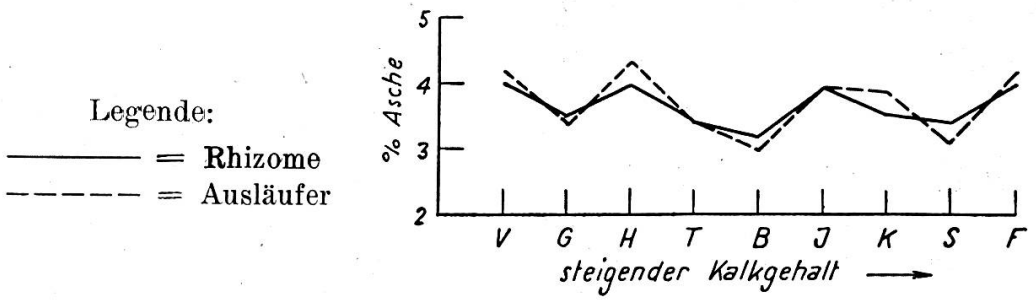
Rhizome		*Ausläufer*	
Höchster Gehalt (Kreide)	6,24 %	Höchster Gehalt (Verrucano und Kreide) .	6,19 %
Tiefster Gehalt (Bündnerschiefer)	3,61 %	Tiefster Gehalt (Bündnerschiefer)	2,85 %
Streuung	2,63 %	Streuung	3,34 %

1941

Böden	Rhizome	Böden	Ausläufer
1. Humus	4,01 %	1. Humus	4,27 %
2. Flysch	3,98 %	2. Verrucano . . .	4,19 %
3. Verrucano . . .	3,96 %	3. Flysch	4,13 %
4. Jura	3,87 %	4. Jura	3,86 %
5. Kreide	3,62 %	5. Kreide	3,81 %
6. Gneis	3,48 %	6. Gneis	3,41 %
7. Ton	3,48 %	7. Ton	3,41 %
8. Sand	3,43 %	8. Bündnerschiefer .	3,23 %
9. Bündnerschiefer .	2,95 %	9. Sand	3,11 %

Abbildung 9

Aschegehalte der Rhizome und Ausläufer von *Peucedanum Ostruthium* (1941)



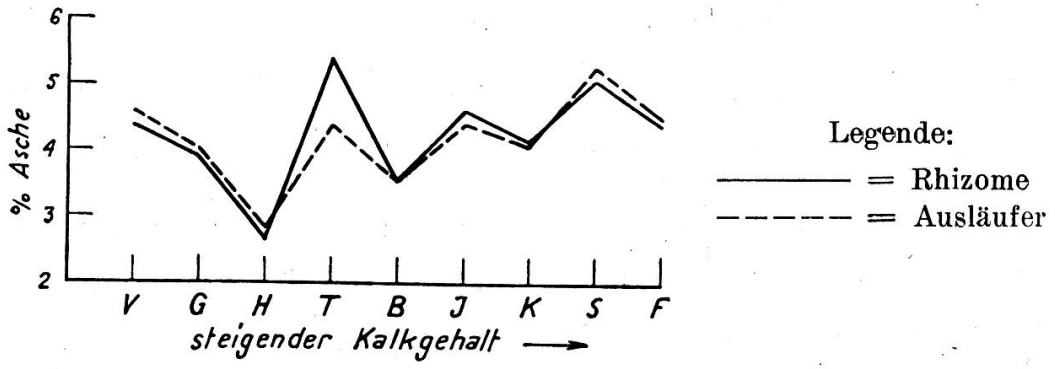
Rhizome		*Ausläufer*	
Höchster Gehalt (Humus)	4,01 %	Höchster Gehalt (Humus)	4,27 %
Tiefster Gehalt (Bündnerschiefer)	2,95 %	Tiefster Gehalt (Sand) .	3,11 %
Streuung	1,06 %	Streuung	1,16 %

1942

Böden	Rhizome	Böden	Ausläufer
1. Ton	5,44 %	1. Sand	5,20 %
2. Sand	5,08 %	2. Verrucano . . .	4,57 %
3. Jura	4,63 %	3. Flysch	4,54 %
4. Verrucano . . .	4,40 %	4. Ton	4,44 %
5. Flysch	4,35 %	5. Jura	4,39 %
6. Kreide	4,21 %	6. Kreide	4,12 %
7. Gneis	3,86 %	7. Gneis	3,99 %
8. Bündnerschiefer .	3,51 %	8. Bündnerschiefer .	3,59 %
9. Humus	2,70 %	9. Humus	2,76 %

Abbildung 10

Aschegehalte der Rhizome und Ausläufer von *Peucedanum Ostruthium* (1942)



Rhizome		*Ausläufer*	
Höchster Gehalt (Ton) .	5,44 %	Höchster Gehalt (Sand)	5,20 %
Tiefster Gehalt (Humus)	2,70 %	Tiefster Gehalt (Humus)	2,76 %
Streuung	2,74 %	Streuung	2,44 %

Bei *Peucedanum Ostruthium* können wir zwischen dem höchsten und dem tiefsten Aschegehalt folgende Differenzen, ausgedrückt in Prozenten des maximalen Aschegehaltes, feststellen:

im Jahre 1940, Rhizome = 42 %, Ausläufer = 54 %
im Jahre 1941, Rhizome = 26 %, Ausläufer = 27 %
im Jahre 1942, Rhizome = 50 %, Ausläufer = 47 %

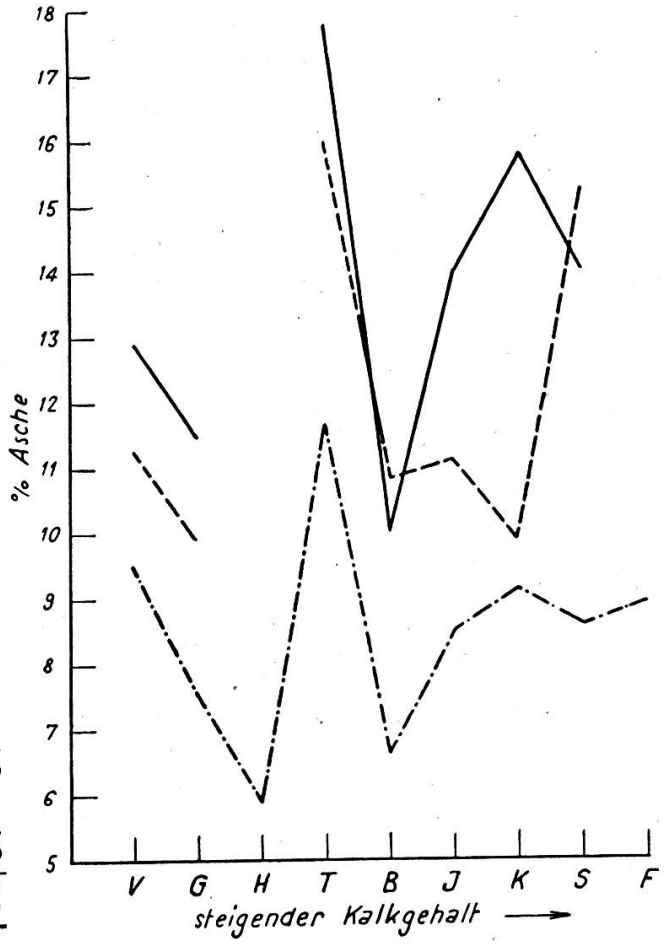
Die für die drei Versuchsjahre aufgestellten Aschegehaltskurven (Abbildungen 8, 9 und 10) variieren etwas in ihrem Verlauf, hingegen stimmen die Aschegehaltskurven der Rhizome und diejenigen der Ausläufer in jedem der drei Jahre für sich sehr schön überein. Im Jahre 1940 verzeichnet sowohl für die Rhizome wie für die Ausläufer die Kreide den höchsten, der Bündnerschiefer dagegen den tiefsten Aschegehalt. Für das Jahr 1941 kann man feststellen, daß Humus, Verrucano und Flysch die aschereichste Meisterwurz liefern, Bündnerschiefer, Sand und Ton weisen dagegen den kleinsten Gehalt auf. Anders im Jahre 1942. Hier produzierten gerade die auf Ton und Sand gewachsenen Pflanzen den höchsten Aschegehalt, Humus, Bündnerschiefer und Gneis dagegen die kleinsten Werte. Ähnlich wie bei der Bergenia können wir auch hier sehr kleine Schwankungen zwischen den höchsten und tiefsten Werten feststellen. Eine Gesetzmäßigkeit, wie zum Beispiel daß das Rhizom einen höheren Aschegehalt aufweist als die Ausläufer oder umgekehrt, läßt sich, wie die Kurven deutlich zeigen, nicht aufstellen.

e) *Aschegehalte der Artemisia laxa*

1940		*1941*		*1942*	
Böden	Aschegehalt	Böden	Aschegehalt	Böden	Aschegehalt
1. Ton . .	17,84 %	1. Ton . .	16,03 %	1. Ton . .	11,63 %
2. Kreide .	15,66 %	2. Sand . .	15,06 %	2. Verrucano	9,46 %
3. Sand . .	13,99 %	3. Verrucano	11,25 %	3. Kreide .	9,13 %
4. Jura . .	13,93 %	4. Jura . .	11,13 %	4. Flysch .	8,92 %
5. Verrucano	12,94 %	5. Bündner-		5. Sand . .	8,62 %
6. Gneis .	11,47 %	schiefer .	10,91 %	6. Jura . .	8,50 %
7. Bündner-		6. Kreide .	9,86 %	7. Gneis .	7,46 %
schiefer .	10,01 %	7. Gneis .	9,85 %	8. Bündner-	
8. Humus .	?	8. Humus .	?	schiefer .	6,60 %
9. Flysch .	?	9. Flysch .	?	9. Humus .	5,92 %

Abbildung 11
Aschegehalte
der *Artemisia laxa*

Legende:
——— = Aschegehalt 1940
– – – – – = Aschegehalt 1941
–·–·–·– = Aschegehalt 1942



1940

Höchster Gehalt (Ton) .	17,84 %
Tiefster Gehalt (Bündner-schiefer)	10,01 %
Streuung	7,83 %

1941

Höchster Gehalt (Ton) .	16,03 %
Tiefster Gehalt (Gneis)	9,85 %
Streuung	6,18 %

1942

Höchster Gehalt (Ton) .	11,63 %
Tiefster Gehalt (Humus)	5,92 %
Streuung	5,71 %

Die Streuungen zwischen dem tiefsten und dem höchsten Aschegehalt, ausgedrückt in Prozenten des maximalen Aschegehaltes, betragen bei der von uns angebauten *Artemisia laxa* im Jahre 1940 44 %, im Jahre 1941 39 % und im Jahre 1942 49 %.

Auf Humus und Flysch konnten im Jahre 1940 nur sehr kleine Ernten an *Artemisia laxa* eingebracht werden, im Jahre 1941 war auf diesen Böden überhaupt keine Ernte möglich. Aus diesem Grunde mußten wir in diesen Jahren auf eine Aschebestimmung auf den betreffenden Böden verzichten. Der höchste Aschegehalt wurde bei allen drei Jahresernten auf dem Ton gefunden, der tiefste im Jahre 1942 auf dem Humus. Im Jahre 1940 fanden wir den Bündnerschiefer am ascheärmsten und im Jahre 1941 den Gneis.

Die graphische Darstellung der Aschewerte (Abbildung 11) gibt für die Jahre 1940 und 1942 gleichmäßig verlaufende Kurven, die Aschegehalte im Jahre 1940 liegen aber beträchtlich höher als diejenigen von 1942. Die Jahreskurve 1941 dagegen weicht etwas von den andern beiden Kurven ab. Ihre Werte liegen im großen und ganzen zwischen den Resultaten 1940 und 1942. Die Schwankung zwischen den größten und kleinsten Gehalten ist bei *Artemisia laxa* wieder größer als zum Beispiel bei der *Bergenia Delawayi* oder der Meisterwurz. Sie liegt ungefähr in der Größenordnung von der Tollkirsche oder der Lobelien.

Vergleichen wir die Aschegehalte aller von uns angebauten und untersuchten Drogen, so kann man sagen, daß die pikierten Lobelien des Jahres 1944 den höchsten, die Meisterwurzrhizome des Jahres 1942 den niedrigsten Aschegehalt aufweisen. Eine absolut gültige Regel, daß die einen Böden immer aschenreiche Pflanzen hervorbringen, die andern dagegen nur aschenarme, läßt sich, wie unsere Versuche zeigen, nicht aufstellen. Immerhin ist doch ersichtlich, daß zum Beispiel der Verrucano, der Flysch und eventuell auch Ton, Sand, Jura und Kreide, mit Vorliebe Drogen mit hohem Aschegehalt produzieren, während der Humus und der Bündnerschiefer in den meisten Fällen aschenarme Pflanzen liefern.

Auch Wüst fand bei seinen Aschegehaltsbestimmungen von *Fol. Menthae, Rhizoma Valerianae, Fol.* und *Radix Althaeae* und *Radix Pimpinellae,* daß die auf dem Humus und dem Bündnerschiefer gewachsenen Pflanzen die niedrigsten Aschegehalte aufweisen. Hohe Aschegehalte dagegen erhielt er oft auf den Böden Flysch, Gneis und Jura.

Betrachten wir noch die Schwankungen der Resultate innerhalb der verschiedenen Untersuchungsserien unserer fünf Versuchspflanzen, so streuen die Werte (ausgedrückt in Prozent des maximalen Gehaltes) bei den Belladonnablättern (59 %) und den Belladonnawurzeln (57 %) am stärksten. Die kleinste Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Aschegehalt, bezogen auf den maximalen Gehalt, finden wir dagegen bei

der *Rhizoma Imperatoriae* des Jahres 1941 (26 %), und zwar ist die Streuung bei den Belladonnablättern gut doppelt so groß wie bei der 1941er Meisterwurz.

2. Wirkstoffbestimmungen

A. Alkaloiddrogen

a) Atropa Belladonna

Von unsern geernteten Belladonnawurzeln und Belladonnablättern wurde der Gesamtalkaloidgehalt bestimmt, und zwar in den Wurzeln nach der PhH V. Für die Bestimmung des Alkaloidgehaltes in den Blättern wählten wir die von O. Ruckstuhl (100) ausgearbeitete Methode, die gegenüber der PhH V-Methode verschiedene Verbesserungen aufweist. So arbeitet Ruckstuhl zum Beispiel mit geringeren Drogenmengen als die Pharmakopöe, was für uns ein großer Vorteil war, stand uns doch von einzelnen Böden nur wenig Analysenmaterial zur Verfügung. Ferner werden nach der Methode Ruckstuhl die flüchtigen Basen vollständig entfernt, und die erhaltene Titrationslösung weist eine sehr geringe Eigenfarbe auf.

Von einer differenzierten Bestimmung von Atropin, Hyoscyamin und Skopolamin sahen wir ab, da bisherige Untersuchungen von verschiedenen Autoren (Kuhn und Schäfer [64], Wasicky [127], Fehr [36] und Märki [65a]) gezeigt haben, daß in Frischpflanzen stets der überwiegende Teil der Alkaloide aus Hyoscyamin besteht.

Resultate: Es wurden stets zwei oder mehr Parallelbestimmungen ausgeführt, bis gut übereinstimmende Resultate erhalten wurden. Von diesen wurde dann jeweils das Mittel genommen.

Radix Belladonnae 1944
(nach PhH V bestimmt)

Böden	Gesamtalkaloidgehalt (ausgedrückt in % der absoluten Trockensubstanz)
1. Verrucano	1,06 %
2. Humus	1,00 %
3. Ton	0,92 %
4. Kreide	0,85 %
5. Jura	0,78 %
6. Gneis	0,78 %
7. Bündnerschiefer . .	0,76 %
8. Flysch	0,74 %
9. Sand	0,65 %
Höchster Alkaloidgehalt (Verrucano)	1,06 %
Tiefster Alkaloidgehalt (Sand) . . .	0,65 %
Differenz	0,41 %

Die Streuung zwischen dem höchsten Gehalt auf Verrucano und dem tiefsten Gehalt auf Sand beträgt 39 % (ausgedrückt in Prozent des maximalen Gehaltes auf Verrucano).

Folium Belladonnae 1944
(nach Ruckstuhl bestimmt)

Böden	Gesamtalkaloidgehalt (ausgedrückt in % der absoluten Trockensubstanz)
1. Humus	0,85 %
2. Bündnerschiefer . .	0,82 %
3. Ton	0,73 %
4. Kreide	0,63 %
5. Gneis	0,55 %
6. Verrucano	0,53 %
7. Flysch	0,48 %
8. Jura	0,45 %
9. Sand	0,27 %
Höchster Gehalt (Humus)	0,85 %
Tiefster Gehalt (Sand) .	0,27 %
Differenz	0,58 %

Der Unterschied zwischen dem höchsten Gehalt auf Humus und dem kleinsten Gehalt auf Sand beträgt 68 % (ausgedrückt in Prozent des maximalen Gehaltes auf Humus).

Der Alkaloidgehalt ist, wie aus unseren Resultaten ersichtlich ist, in den Wurzeln höher als in den Blättern, einzig der Bündnerschiefer macht in dieser Beziehung eine Ausnahme.

Die Alkaloidbildung ist besonders gut auf den Böden Humus, Ton und Kreide, d. h. also auf den Böden, die einen hohen N-Gehalt aufweisen, während die N-armen Böden Flysch und Sand im allgemeinen auch eine alkaloidärmere Droge liefern. James (56) fand an Hand von Untersuchungen, daß mit einer Vermehrung der Proteine im Belladonnablatt auch gleichzeitig eine Zunahme der Alkaloide einhergeht. Der Verfasser ist der Ansicht, daß für die Alkaloidsynthese die zeitweilig relativ hohe Aminosäurenkonzentration bei der Eiweißhydrolyse günstig ist. Aminosäuren sind die möglichen Vorstufen der Alkaloide. Direkte Versuche führten zu dem Ergebnis, das l-(+)-Arginin die Alkaloidvorstufe in *Atropa Belladonna* ist.

Aus der Reihe der Beziehungen zwischen Alkaloidbildung und N-Gehalt der Böden fällt einzig der sehr N-arme Verrucano, auf dem in den Wurzeln der größte Alkaloidgehalt resultierte. In den Blättern ist die Alkaloidbildung auf Verrucano mittelgroß. Dieses abnormale Ver-

halten ist schwer zu erklären. Am ehesten wäre noch die besonders von Rosenthaler (98 a) nachgewiesene Relation, daß kleinere Organe derselben Spezies größere Wirkstoffgehalte aufweisen, zur Erklärung herbeizuziehen. In der Tat waren die auf dem Verrucano gewachsenen Wurzeln die kleinsten von allen Bodentypen (vgl. Abbildung).

Die Pharmakopöe fordert für *Rad. Belladonnae* einen Mindestgehalt von 0,45 % Alkaloide, für *Fol. Belladonnae* verlangt sie mindestens 0,3 % Alkaloide. Unsere kultivierten Drogen weisen also mit einer Ausnahme (*Fol. Belladonnae* auf Sand) einen höheren Gehalt auf und sind daher pharmakopöekonform.

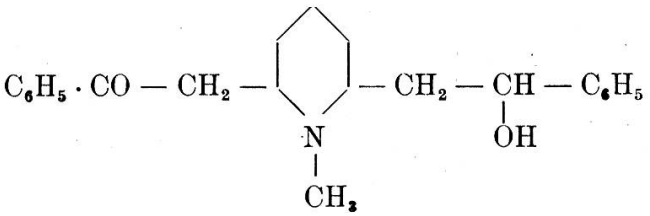
b) Lobelia inflata

Die PhH V verwendet als Droge das am Ende der Blütezeit gesammelte und getrocknete Kraut. Untersuchungen von Esdorn (34) ergaben aber, daß der Alkaloidgehalt in den Wurzeln höher ist als in den Stengeln oder den Blättern. Da die Wurzeln 6 bis 8 % des Trockengewichtes ausmachen, schlägt Esdorn vor, als Drogenform *Herba Lobeliae cum radicibus* zu nehmen, erhält man doch auf diese Weise sowohl mengenmäßig als auch in bezug auf den Alkaloidgehalt eine höhere Ausbeute. Wir führten deshalb unsere Bestimmung mit der ganzen Pflanze aus. Die von uns im Jahre 1943 angebauten und geernteten Lobelien sind alles nicht pikierte Pflanzen, im Jahre 1944 dagegen hatten wir pikierte und nicht pikierte Exemplare angebaut, die wir auch getrennt untersuchten.

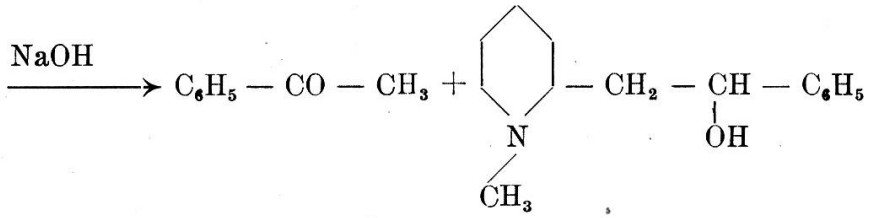
Zur Bestimmung des Wirkstoffgehaltes unserer Lobelien wählten wir zwei Methoden, nämlich die Methode der PhH V, die die Gesamtalkaloide der *Herba Lobeliae* ermittelt, und außerdem die Methode von Uffelie (122 a), der das Lobelin, Lobelanin und Norlobelanin (d. h. die Alkaloide mit einer Ketogruppe) bestimmt, indem er diese Alkaloide in alkalischem Milieu von einem *p*H 8—10 in der Hitze quantitativ in Acetophenon und 2-(2'-Oxy-2'-phenyl)-äthyl-tetrahydro-N-methylpyridin aufspaltet. Das Azetophenon wird dann mit Wasserdampf übergetrieben und anschließend jodometrisch bestimmt.

Nach unserer bisherigen Kenntnis wiegen die azetophenonabspaltenden Alkaloide mengenmäßig sehr stark vor. Sie, und besonders das Lobelin, sind zugleich die therapeutisch wichtigen Alkaloide der Lobelia. Es schien uns interessant, zu prüfen, ob auf den verschiedenen Böden das Verhältnis der azetophenonbildenden Alkaloide zu den übrigen Alkaloiden variiert. Aus diesem Grunde haben wir beide Methoden durchgeführt.

Da die Vorschrift der Methode von Uffelie nicht allgemein zugänglich sein dürfte, geben wir Prinzip und Ausführung derselben an.



Lobelin



Acetophenon 2 (2'-Oxy-2'-phenyl)-äthyl -tetrahydro-N-methylpyridin

$$6\,I + 6\,NaOH \longrightarrow 3\,NaOI + 3\,NaI + 3\,H_2O$$

$$C_6H_5 - CO - CH_3 + 3\,NaOI \longrightarrow C_6H_5 - COONa + CHI_3 + 2\,NaOH.$$

Für die genaue Beschreibung der Ausführung der Gesamtalkaloidbestimmung verweisen wir auf die PhH V, Seite 479. Zu erwähnen wäre höchstens, daß wegen der Zersetzlichkeit des Lobelins sämtliche Operationen der Bestimmung unmittelbar nacheinander durchgeführt wurden.

Wertbestimmungsvorschrift für *Herba Lobeliae* nach Uffelie

10 g Droge werden in einer Flasche von zirka 200 cm³ Inhalt mit 100 g Äther und 7 g verdünntem Ammoniak eine halbe Stunde geschüttelt (Schüttelmaschine). Der Äther wird durch einen Wattebausch filtriert. 70 g des Filtrates (= 7 g Droge) werden durch ein kleines Papierfilter in einen Scheidetrichter filtriert und mit wenig Äther nachgewaschen. Die ätherische Lösung wird nun zuerst mit 10 cm³ und dann zweimal mit 5 cm³ 0,1n HCl ausgeschüttelt, und darauf werden die salzsauren Lösungen in einen Rundkolben von zirka 250 cm³ filtriert. Der Filter wird mit wenig Wasser nachgewaschen. Die salzsaure Lösung wird mit zirka 5 Tropfen einer wässerigen Bromthymolblaulösung (1 : 500) und hierauf mit einer gesättigten Lösung von sekundärem Natriumphosphat versetzt, bis die Lösung eine grüne Farbe angenommen hat. Hierauf wird mit Wasserdampf destilliert, wobei ein stehender Kühler Verwendung findet, bis zirka 50 cm³ übergegangen sind. Das Destillat wird in einem Jodadditionskolben, den man in eine Schüssel mit Eis stellt, aufgefangen. Den Jodadditionskolben beschickt man mit 80 cm³ Wasser, so daß der Vorstoß des Kühlers unter der Wasseroberfläche mündet. Zum Destillat setzt man 5 cm³ 50prozentige Natronlauge und 50 cm³ 0,01n Jodlösung. Der Kolben wird verschlossen und 30 Minuten stehen gelas-

sen. Nun werden vorsichtig unter Kühlung 10 cm³ 38prozentige Salzsäure zugefügt und der Kolben sofort verschlossen, bis das Gemisch völlig erkaltet ist. Hernach wird das nicht verbrauchte, respektiv aus dem Hypojodit wieder ausgeschiedene Jod mit 0,01n Thiosulfatlösung zurücktitriert. Mit 50 cm³ 0,01n Jodlösung muß unter denselben Bedingungen ein Blindversuch durchgeführt werden. Die Differenz zwischen Blindversuch und der eigentlichen Bestimmung, ausgedrückt in cm³ 0,01n Natriumthiosulfatlösung, ergibt den Verbrauch an 0,01n Jodlösung.

1 cm³ 0,01n Thiosulfat-, bzw. Jodlösung = 0,562 mg Lobelin.

Resultate

Ernte 1943 (nicht pikierte Pflanzen)

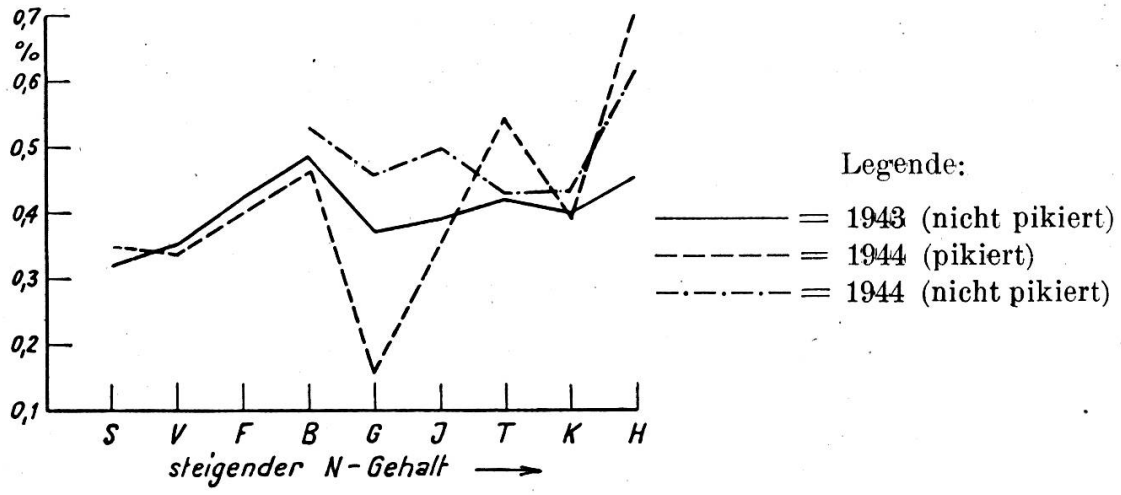
Böden	Gesamtalkaloide nach PhH V	Böden	Methode Uffelie Azetophenon-abspaltende Alkaloide
1. Bündnerschiefer	0,48 %	1. Humus	0,33 %
2. Humus	0,45 %	2. Ton	0,31 %
3. Ton	0,42 %	3. Bündnerschiefer	0,29 %
4. Flysch	0,42 %	4. Kreide	0,26 %
5. Kreide	0,40 %	5. Gneis	0,24 %
6. Jura	0,39 %	6. Flysch	0,24 %
7. Gneis	0,37 %	7. Sand	0,23 %
8. Verrucano	0,35 %	8. Verrucano	0,22 %
9. Sand	0,32 %	9. Jura	0,21 %

Ernte 1944 (pikierte Pflanzen)

Böden	Gesamtalkaloide nach PhH V	Böden	Methode Uffelie Azetophenon-abspaltende Alkaloide
1. Humus	0,69 %	1. Humus	0,40 %
2. Ton	0,54 %	2. Jura	0,30 %
3. Bündnerschiefer	0,46 %	3. Ton	0,29 %
4. Flysch	0,40 %	4. Bündnerschiefer	0,27 %
5. Kreide	0,39 %	5. Sand	0,27 %
6. Jura	0,35 %	6. Verrucano	0,23 %
7. Sand	0,35 %	7. Flysch	0,22 %
8. Verrucano	0,34 %	8. Kreide	0,21 %
9. Gneis	0,15 %	9. Gneis	0,10 %

Abbildung 12

Gesamtalkaloidgehalte von *Lobelia inflata*

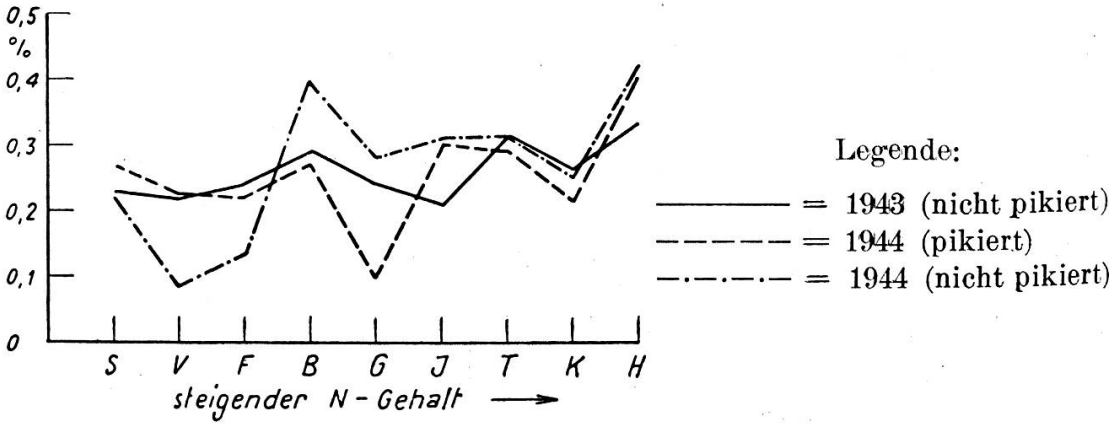


Ernte 1944 (nicht pikierte Pflanzen)

Böden	Gesamtalkaloide nach PhH V	Böden	Methode Uffelie Azetophenon-abspaltende Alkaloide
1. Humus	0,61 %	1. Humus	0,41 %
2. Bündnerschiefer . .	0,53 %	2. Bündnerschiefer . .	0,39 %
3. Jura	0,49 %	3. Ton	0,31 %
4. Gneis	0,46 %	4. Jura	0,31 %
5. Ton	0,43 %	5. Gneis	0,28 %
6. Kreide	0,43 %	6. Kreide	0,25 %
7. Sand	0,36 %	7. Sand	0,22 %
8. Flysch	?	8. Flysch	0,13 %
9. Verrucano	?	9. Verrucano	0,08 %

Abbildung 13

Gehalt von *Lobelia inflata* an azetophenonabspaltenden Alkaloiden (bestimmt nach Uffelie)



Ernte 1943 (nicht pikierte Pflanzen)

		PhH V		Nach Uffelie
Höchster Gehalt	(Bündnerschiefer) .	0,48 %	(Humus) . .	0,33 %
Tiefster Gehalt	(Sand)	0,32 %	(Jura) . .	0,21 %
Differenz		0,16 %		0,12 %
Streuung, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		33 %		36 %

Ernte 1944 (pikierte Pflanzen)

		PhH V		Nach Uffelie
Höchster Gehalt	(Humus)	0,69 %	(Humus) . .	0,40 %
Tiefster Gehalt	(Gneis)	0,15 %	(Gneis) . .	0,10 %
Differenz		0,54 %		0,30 %
Streuung, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		78 %		75 %

Ernte 1944 (nicht pikierte Pflanzen)

		PhH V		Nach Uffelie
Höchster Gehalt	(Humus ?)	0,61 %	(Humus) . .	0,41 %
Tiefster Gehalt	(Sand ?)	0,36 %	(Verrucano)	0,08 %
Differenz		0,25 %		0,33 %
Streuung, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		41 %		80 %

Im Jahre 1943 weisen die Resultate eine schwache Streuung auf. Stärker ist sie im Jahre 1944, und zwar besonders bei den pikierten Pflanzen, wo sie zirka 2,5mal so groß ist als bei der 1943er Ernte.

Wie die Versuche zeigen, liefern *Humus, Ton* und *Bündnerschiefer* die alkaloidreichsten Lobelien. Während die vegetative Entwicklung der Pflanzen auf Bündnerschiefer mittelmäßig ist, ist dieselbe dagegen auf Humus und Ton sehr gut, so daß diese beiden stickstoffreichen Böden für einen Lobelia-Anbau ganz besonders geeignet sind. Die Böden *Sand, Verrucano, Flysch* und *Gneis* produzieren alkaloidarme Droge. Zudem ist auch die Entwicklung der Lobelien auf *Verrucano* und *Flysch* schlecht und auf *Sand* mittelmäßig. Auf dem Gneis dagegen wachsen die Pflanzen normal.

Wie bei der Tollkirsche kann man auch hier mehr oder weniger feststellen, daß die reichlich mit Stickstoff versehenen Böden sowohl die Entwicklung der Pflanze als auch die Alkaloidbildung begünstigen.

Vergleichen wir die beiden graphischen Darstellungen (Abb. 12 und 13), so können wir im großen und ganzen einen übereinstimmenden Verlauf konstatieren.

Interessant ist es auch, zu wissen, wieviel Prozent die azetophenonabspaltenden Alkaloide von den in unseren Lobelien enthaltenen Gesamtalkaloiden ausmachen. Wir haben dies deshalb aus unseren Resultaten berechnet und fanden dabei folgendes:

Ernte 1943

Lobelien	auf	Humus . .	73 %
»	»	Ton . . .	74 %
»	»	Sand . . .	72 %
»	»	Gneis . .	65 %
»	»	Kreide . .	65 %
»	»	Verrucano .	63 %
»	»	Bündnerschiefer . .	60 %
»	»	Flysch . .	57 %
»	»	Jura . . .	54 %

Ernte 1944 (pikierte Pflanzen)

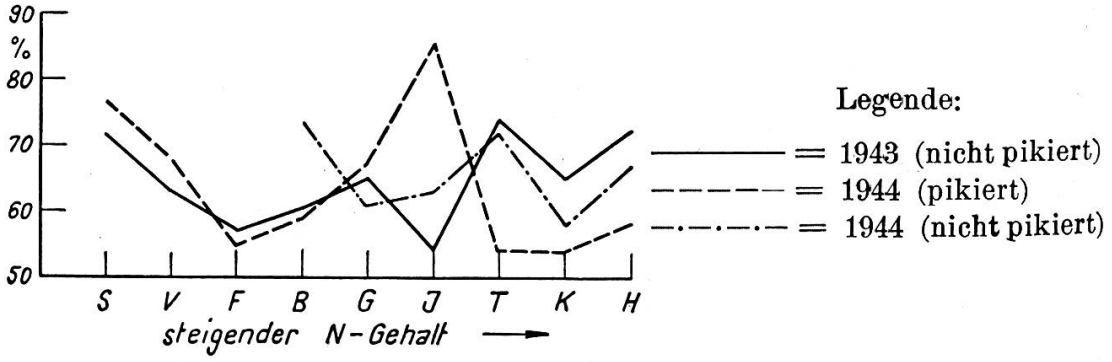
Lobelien	auf	Jura . . .	86 %
»	»	Sand . . .	77 %
»	»	Verrucano .	68 %
»	»	Gneis . .	67 %
»	»	Bündnerschiefer . .	59 %
»	»	Humus . .	58 %
»	»	Flysch . .	55 %
»	»	Kreide . .	54 %
»	»	Ton . . .	54 %

Ernte 1944 (nicht pikierte Pflanzen)

Lobelien	auf	Bündnerschiefer .	74 %
»	»	Ton	72 %
»	»	Humus	67 %
»	»	Jura	63 %
»	»	Gneis	61 %
»	»	Sand	61 %
»	»	Kreide . . .	58 %
»	»	Flysch	?
»	»	Verrucano . .	?

Abbildung 14

Verhältnis von azetophenonabspaltenden Alkaloiden zu Gesamtalkaloiden



Beim Betrachten der graphischen Darstellung Abbildung 14 sehen wir, daß die Kurven einigermaßen übereinstimmen. Divergenzen treten auf:

von *Bündnerschiefer zu Gneis,* und zwar steigen die Kurven von 1943 (nicht pikiert) und 1944 (pikiert); diejenige von 1944 (nicht pikiert) sinkt;

von *Gneis zu Jura,* wo die Kurven 1944 (pikiert) und 1944 (nicht pikiert) steigen; Kurve 1943 (nicht pikiert) sinkt, und endlich

von *Jura zu Ton,* wo die Kurven 1943 (nicht pikiert) und 1944 (nicht pikiert) steigen, während Kurve 1944 (pikiert) fällt.

PhH V fordert einen Alkaloidgehalt von mindestens 0,3 % Gesamtalkaloid. Unsere Böden produzieren also eine Droge, die dieser Forderung gerecht wird, zum Teil sogar weisen unsere Lobelien einen beträchtlich höheren Gehalt auf. Einzig der Gneis produzierte bei den pikierten Pflanzen der 1944er Ernte nur einen Alkaloidgehalt von 0,15 %, also bloß die Hälfte des von der PhH V geforderten Gehaltes.

B. Glykosidpflanzen

a) Bergenia Delawayi

Folium Bergeniae enthält als Wirkstoffe Arbutin und Gerbstoff. Da sich Arbutin wie auch die Gerbstoffe mit heißem, destilliertem Wasser quantitativ extrahieren lassen, stellten wir also zuerst einen wässerigen Drogenauszug her, der uns dann sowohl zur Arbutinbestimmung als auch zur Gerbstoffbestimmung diente.

Herstellung des Drogenauszuges:

1,000 g pulverisierte Droge (Sieb 0,8 mm), die man vor der Bestimmung zwecks Erzielung einer wasserfreien Droge ein paar Tage in einem Phosphorpentoxydexsikkator aufbewahrte, werden in einen 250-cm^3-Rundkolben mit langem Halse gegeben und einmal mit 30 cm^3, dann noch zwei- bis dreimal mit 25 cm^3 Narkoseäther versetzt und während 10 Minuten auf dem Wasserbade am Rückflußkühler zum Sieden erhitzt. Sobald der letzte Ätherauszug nicht mehr grün gefärbt ist, was gewöhnlich nach drei- bis viermaligem Ausziehen der Fall sein dürfte, ist diese Extraktion beendet. Sie bezweckt die Entfernung von Chlorophyll, Pflanzenwachsen und Pflanzenfetten, ferner von eventuell vorhandenem freien Hydrochinon, Gallussäuren und Lipoiden. Die ätherischen Auszüge werden jeweils durch eine Glasfilternutsche abgesaugt. Nach dem letzten Ätherauszug werden der Rundkolben mit der ausgezogenen Droge und die Glasfilternutsche, die ebenfalls etwas Droge enthält, in einen auf 100° C erwärmten und dann ausgeschalteten Trockenschrank gebracht, um die von der Droge zurückgehaltenen Reste des Äthers zu vertreiben, was nach 5 bis 10 Minuten der Fall ist. Der in der Nutsche

zurückgebliebene Drogenrückstand wird nun quantitativ in den Kolben zurückgebracht, mit 40 cm³ destilliertem Wasser, mit dem man vorher noch die Nutsche gründlich ausgespült hat, versetzt und am Rückflußkühler zum Sieden erhitzt. Vom Augenblick des Aufkochens an wird 10 Minuten lang in ruhigem, schwachem Sieden gehalten, wobei man bei den ersten zwei Teilextraktionen vorsichtig vorgehen muß, um ein Überschäumen der kochenden Lösung zu vermeiden. Nach dem Kochen läßt man etwas abkühlen und zentrifugiert. Das überstehende wässerige Extrakt wird durch ein gehärtetes Filter abgenutscht. Die im Zentrifugenglas zurückbleibende Droge wird wieder mit 40 cm³ vorgewärmtem destilliertem Wasser in den Kolben zurückgeschwemmt, und es wird wieder, wie oben beschrieben, extrahiert. Dieses Ausziehen der Droge mit 40 cm³ destillierten Wassers wird fünfmal ausgeführt. Den fünften, jeweils nur noch äußerst schwach opalisierenden Auszug bringt man ohne zu zentrifugieren direkt auf die Nutsche, saugt ab, wäscht mit wenig Wasser nach und füllt in einen 250-cm³-Meßkolben. Nun spült man mit wenig Wasser auch den Saugkolben aus und gibt dieses Spülwasser auch in den Meßkolben. Der Inhalt desselben wird auf 15° C abgekühlt und mit destilliertem Wasser bis zur Marke ergänzt.

250 cm³ Auszug entsprechen dann 1,000 g Droge.

a. Arbutinbestimmung

Zur Bestimmung von Arbutin in pflanzlichem Material werden namentlich folgende vier Verfahren angewendet:

a) polarimetrische Methode
b) kolorimetrische Methode
c) Bichromatmethode
d) jodometrische Methode

Wir wählten für unsere Versuche die jodometrische Methode, da sie nach den Untersuchungen von Weisflog (129) bis heute allen andern Untersuchungen überlegen sein soll. Da die Bergenien, wie Tschitschibabin und Mitarbeiter (121) für *Bergenia crassifolia* nachwiesen, kein Methylarbutin enthalten, müssen wir uns auch nicht weiter mit der Frage beschäftigen, ob unsere Bestimmungsmethode das Methylarbutin miterfaßt oder nicht. An Hand der Arbutinbestimmungsmethoden von Zechner (134), Grimme (41) und Moritz (77) arbeiteten wir für uns eine passende Methode aus.

Das Prinzip ist kurz folgendes: Der wässerige Drogenauszug wird mit basischem Bleiazetat weitgehend von störenden Stoffen befreit, das überschüssige Blei mit Schwefelsäure ausgefällt und durch Kochen der schwefelsauren Lösung das Arbutin hydrolysiert. Nach Reduktion von entstandenem Chinon mit Zinkstaub wird unter Zusatz von Stärke als

Indikator das freie Hydrochinon in bikarbonatalkalischer Lösung mit Jod titriert.

Die Methode: 100 cm^3 des wässerigen Drogenauszuges (hergestellt wie oben beschrieben) werden in ein Becherglas abpipettiert und durch Zusatz von 2 cm^3 basischer Bleiazetatlösung (102 cm^3 entsprechend 0,4 g Droge) Eiweiß- und Gerbstoffe ausgefällt. Nach gutem Umschwenken wird zentrifugiert. Sollte nach dem Zentrifugieren die Lösung noch kolloidal sein, so bedeckt man das Zentrifugenglas mit einem Uhrglas und erwärmt dasselbe für kurze Zeit auf dem Wasserbad und zentrifugiert dann von neuem. Von der überstehenden, klaren, farblosen und auf 15° C abgekühlten Lösung werden 51 cm^3 (= 0,2 g Droge) in einen langhalsigen, 250 cm^3 fassenden Rundkolben abpipettiert. Nun setzt man 24 cm^3 H_2SO_4 (1 + 4) zu. Die Schwefelsäure fällt das überschüssige Blei als Bleisulfat aus und dient gleichzeitig zur Hydrolyse des Arbutins. Das entstandene Bleisulfat wird nicht entfernt, da es die Bestimmung in keiner Weise stört. Der Kolben wird am Rückflußkühler während einer Stunde unter öfterem Umschwenken (um das Stoßen zu verhindern) zu gelindem Sieden erhitzt, dabei wird das Arbutin hydrolysiert. Dann läßt man erkalten, fügt sodann 1 g Zinkstaub zur Reduktion von eventuell gebildetem Chinon hinzu. Man läßt unter öfterem Umschwenken 5 Minuten lang stehen. Die Flüssigkeit muß hierbei fast farblos werden, sonst gibt man weitere 0,5 g Zinkstaub hinzu und läßt nochmals 5 Minuten unter Umschwenken stehen. Dann filtriert man durch eine Glasfilternutsche in einen Saugkolben und wäscht den Rückstand solange mit destilliertem Wasser nach, bis das Waschwasser neutral reagiert. Nun gibt man die Flüssigkeit im Saugkolben in ein tariertes Becherglas und neutralisiert mit festem $NaHCO_3$ (es braucht zirka 8 g). Sobald die CO_2-Entwicklung aufgehört hat, gibt man noch 1 g $NaHCO_3$ zu, um eine schwache alkalische Reaktion zu erzielen und verdünnt mit destilliertem Wasser auf 200 g (entspricht 0,2 g Droge). Nach Zusatz von etwas löslicher Stärke nach Zulkowski oder 1 cm^3 einer 1prozentigen Stärkelösung titriert man mit 0,1n Jodlösung unter Umrühren, bis die Blaufärbung eine Minute lang noch deutlich bestehen bleibt. Beim Auftreten der Blaufärbung darf jeweils der nächste Tropfen Jodlösung erst nach dem völligen Verschwinden der Färbung hinzugefügt werden. Es wurden immer zwei Parallelproben ausgeführt, und sofern diese gut übereinstimmten, wurde der Durchschnittswert genommen, sonst wurden weitere Bestimmungen ausgeführt. Da bei der Ausführung der Bestimmung außer dem Arbutin auch andere Stoffe, wie zum Beispiel das $NaHCO_3$, auch Jod verbrauchen, bestimmt man diese Menge ein für allemal an Hand eines Blindversuches. Dieser Betrag wird dann von der bei der Titration erhaltenen Menge Jod abgezogen. Wir erhielten bei unsern Versuchen einen Blindwert von 0,05 cm^3 0,1n Jod.

Der Arbutingehalt, ausgedrückt in Prozent, läßt sich aus folgender Formel berechnen:

$$\% \text{ Arbutin (wasserfrei)} = \frac{(\text{cm}^3\ 0{,}1\text{n Jodlösung} - 0{,}05) \cdot 0{,}013606 \cdot 100)}{0{,}2}$$

Bemerkungen zur Methode: Während Grimme und auch Zechner (134) erst das wässerige Extrakt mit Äther behandeln, um das eventuell vorhandene freie Hydrochinon zu entfernen, zogen wir gerade bei Beginn der Herstellung des Auszuges die Droge mit Äther aus und konnten auf diese Weise auch sofort das störende Chlorophyll, Pflanzenfette usw. entfernen.

Weisflog (129) untersuchte, ob beim Fällen des Gerbstoffes eventuell ein Verlust an Arbutin entstehe. Er konnte tatsächlich einen beträchtlichen Verlust feststellen, und er nimmt an, daß das fehlende Arbutin durch die Blei-Gerbstoffkomplexe adsorbiert worden ist. Da wir jeweils nach der Fällung der Gerbstoffe immer nur einen aliquoten Teil der überstehenden klaren Lösung verwendeten, haben wir zwar diesen Fehler nicht ausgemerzt, aber doch auf ein Minimum reduziert.

Der beim Zufügen von Schwefelsäure entstehende Bleisulfatniederschlag wurde nicht abfiltriert, da Eymann (35) feststellte, daß die Anwesenheit dieses Niederschlages beim Kochen mit der Schwefelsäure nicht nachteilig sei, ja Eymann glaubt sogar, daß infolge des Mitkochens des Bleisulfates bei der Hydrolyse in den Niederschlag eingeschlossenes Arbutin herausgelöst wird.

Die Möglichkeit eines zusätzlichen Jodverbrauches durch das Zink und den naszierenden Wasserstoff wurde von Weisflog (129) dahin klargestellt, daß nach der Filtration kein jodverbrauchender Wasserstoff mehr vorhanden sein kann, andererseits aber eine sehr exakte Filtration erwünscht ist, da Zink Jod verbraucht. Unsere Filtration der Lösung durch eine Glasfilternutsche dürfte dieser Forderung vollkommen gerecht werden.

Wie Weisflog und Eymann konnten auch wir feststellen, daß beim Arbeiten in großer Verdünnung die Nebenstoffe die Titration nicht mehr stark stören, und die Erkennung des Endpunktes bei unsern Titrationen bereitete uns keine Schwierigkeit.

Ernte 1941

Nicht stabilisierte Droge

Böden	% Arbutin (H_2O-frei)
1. Verrucano	9,02 %
2. Bündnerschiefer	8,25 %
3. Jura	7,80 %
4. Flysch	7,73 %
5. Humus	7,39 %
6. Ton	6,27 %
7. Sand	4,98 %
8. Kreide	4,46 %
9. Gneis	4,12 %

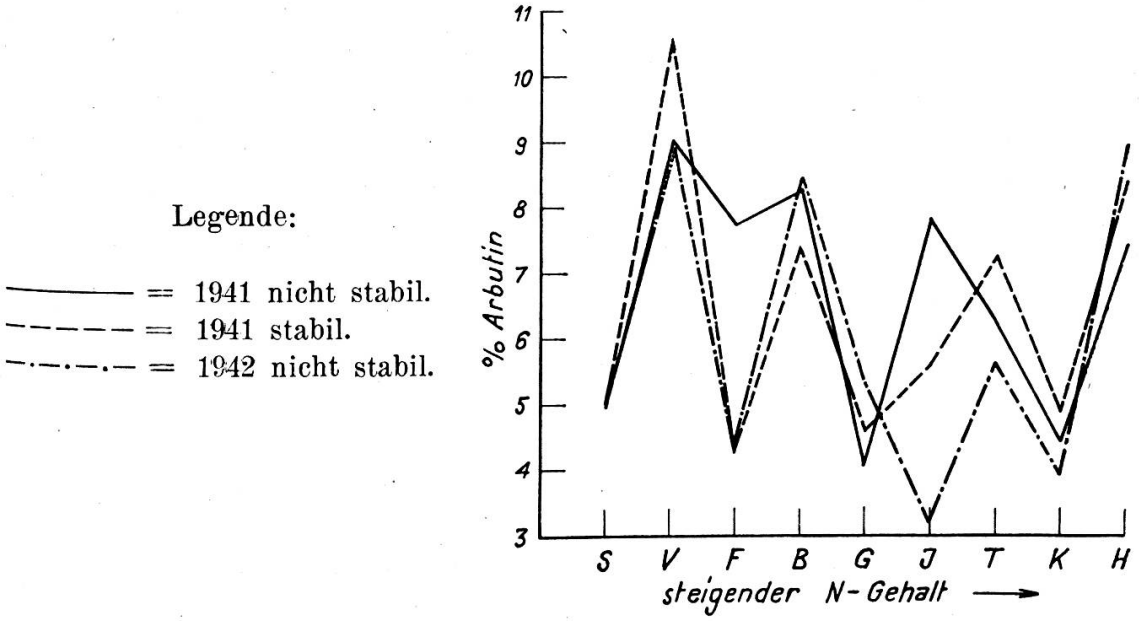
Stabilisierte Droge

Böden	% Arbutin (H_2O-frei)
1. Verrucano	10,45 %
2. Humus	8,42 %
3. Bündnerschiefer	7,35 %
4. Ton	7,22 %
5. Jura	5,64 %
6. Sand	4,98 %
7. Kreide	4,88 %
8. Gneis	4,64 %
9. Flysch	4,33 %

Ernte 1942 (nicht stabilisierte Droge)

Böden	% Arbutin (wasserfrei)
1. Verrucano	8,87 %
2. Humus	8,73 %
3. Bündnerschiefer	8,39 %
4. Ton	5,57 %
5. Gneis	5,36 %
6. Sand	5,12 %
7. Flysch	4,54 %
8. Kreide	3,88 %
9. Jura	3,20 %

Abbildung 15
Arbutingehalte von *Bergenia Delawayi*



Ernte 1941

	Nicht stabilisiert		Stabilisiert	
Höchster Gehalt:	Verrucano 9,02 %	Arbutin	Verrucano 10,45 %	Arbutin
Tiefster Gehalt:	Gneis 4,12 %	Arbutin	Flysch . 4,33 %	Arbutin
Differenz	4,90 %		6,12 %	
Streuung, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes	54 %		59 %	

Ernte 1942

	Nicht stabilisiert	
Höchster Gehalt:	Verrucano	8,87 % Arbutin
Tiefster Gehalt:	Jura	3,20 % Arbutin
Differenz		5,67 %
Streuung, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		64 %

Die höchsten Arbutingehalte erhält man auf den Böden Verrucano, Humus und Bündnerschiefer, die niedrigsten Gehalte dagegen auf dem Gneis, der Kreide, dem Flysch und dem Sand. Während die auf Humus, Ton, Bündnerschiefer und Sand gewachsenen Bergenien große und schöne Blätter entwickeln, sind dieselben bei der Kreide, beim Flysch, Verrucano und auch beim Jura kleiner und weniger gut ausgebildet. Daraus geht hervor, daß sich für den Anbau der *Bergenia Delawayi* besonders die Böden Humus, Bündnerschiefer und eventuell auch Ton eignen, ungünstig dagegen sind Kreide, Flysch und Jura. Der Verrucano liefert zwar sehr arbutinreiche Blätter, aber die Entwicklung der Bergeniapflanzen auf diesem Boden ist schlecht.

Vergleichen wir die Resultate der 1941er Ernte, so sehen wir, daß die Stabilisation keine großen Vorteile bietet. Wohl sind einige Werte der stabilisierten Droge höher als bei der nicht stabilisierten, andere dagegen sind aber wieder niedriger, was sich so erklären läßt, daß bei der Stabilisation (Eintauchen in siedendes Wasser während einer Minute) vielleicht schon ein Teil des wasserlöslichen Arbutins sowie auch der Gerbstoffe extrahiert werden. Die Werte der stabilisierten Pflanzen der Ernte 1941 streuen stärker als die Resultate der nichtstabilisierten Pflanzen, was wir wieder auf die Extraktion bei der Stabilisation zurückführen möchten.

Die Arbutinbildung scheint vom N-Gehalt des Bodens nicht beeinflußt zu werden.

Die drei Kurven in Abbildung 15 verlaufen einigermaßen im gleichen Sinne, eine kleine Verschiebung tritt aber ein zwischen Gneis und

Jura, wo die beiden 1941er Kurven ansteigen, die 1942er Kurve dagegen ziemlich tief fällt. Von Jura zu Ton fällt dann Kurve 1941 (nicht stabilisiert) ab, die beiden andern Kurven steigen jedoch an.

Folium Uvae Ursi enthält, nach Angaben des Kommentars zur PhH V, durchschnittlich 5 bis 8 % Arbutin und Methylarbutin, wobei das letztere 5 bis 40 % des Totalarbutins ausmachen kann. Daraus ersehen wir, daß unsere Bergeniablätter in bezug auf Arbutingehalt nicht hinter *Folium Uvae Ursi* zurückstehen.

β. Gerbstoffbestimmung

Eymann (35) fand, daß bei Bergenia die *Internationale Hautpulver-Methode* zur Bestimmung des Gerbstoffes besonders gut geeignet ist. Wir haben daher unsere Bestimmungen ebenfalls nach dieser Methode ausgeführt, jedoch unter Einführung kleiner Modifikationen.

Ausführung:

Bestimmung des Trockenrückstandes: 20 cm³ des wässerigen Drogenauszuges werden in einen geglühten Porzellantiegel abpipettiert, und damit wird der Trockenrückstand (G) bestimmt. Dieser wird dann verascht und die Asche (A) vom ersteren abgezogen.

Aschefreier Gesamttrockenrückstand (O) = G — A (von 0,08 g Droge).

Bestimmung der Nichtgerbstoffe: 50 cm³ des wässerigen Drogenextraktes pipettiert man in eine 100 cm³ fassende Weithalsflasche mit Glasstopfen und schüttelt mit 1,25 g Hautpulver während 15 Minuten in der Schüttelmaschine. Dann werden Hautpulver und Lösung auf ein reines, trockenes Leinwandstück gegossen, welches auf einem Trichter ruht. Nach dem Ablaufen der Flüssigkeit preßt man den Hautpulverrückstand ab. Die kolierte Flüssigkeit wird noch durch ein Faltenfilter klar filtriert. Von der klaren, vom Gerbstoff befreiten Flüssigkeit gibt man 20 cm³ (0,08 g Droge) mit einer Pipette in einen gewichtskonstanten Tiegel und bestimmt davon den Trockenrückstand. Dann wird verascht und die Asche vom Trockenrückstand der Nichtgerbstoffe abgezogen (zirka N).

In einem Blindversuch bestimmt man für das verwendete Hautpulver ein für allemal die löslichen Anteile, die es unter denselben Bedingungen an reines, destilliertes Wasser abgibt. Auch dieser Trockenrückstand wird verascht und die Asche vom erhaltenen Werte für den Trockenrückstand abgezogen. Das erhaltene Resultat, von zirka N abgezogen, ergibt N (= aschenfreie Nichtgerbstoffe in 0,08 g Droge).

Die Menge der Gerbstoffe in 0,08 g Droge sind also:

$$Gerbstoffe = O - N.$$

Die Resultate werden in Prozent umgerechnet und auf das absolute Trockengewicht bezogen.

Ernte 1941

Resultate

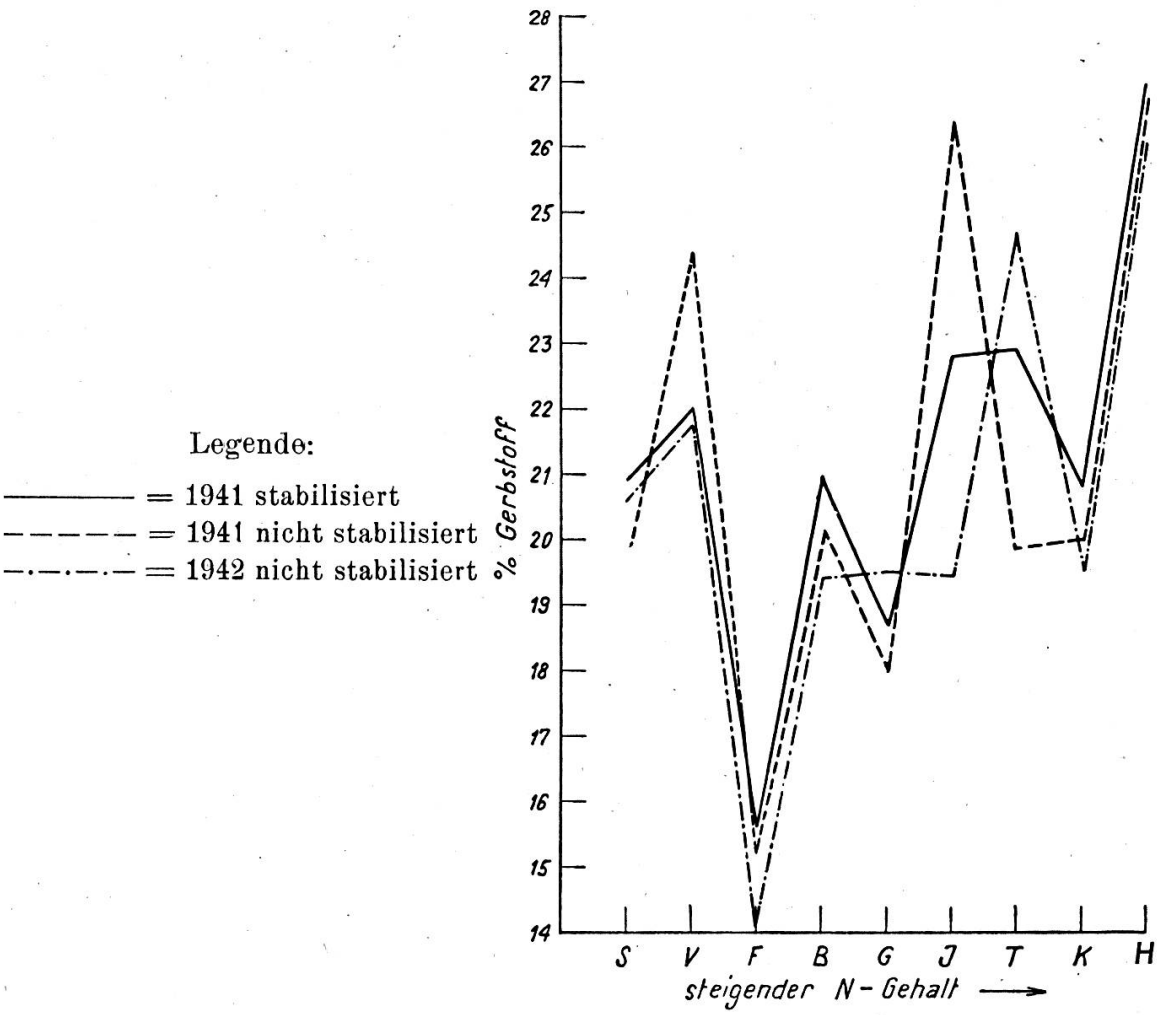
Stabilisierte Droge		Nicht stabilisierte Droge	
Böden	Gerbstoff	Böden	Gerbstoff
1. Humus	27,0 %	1. Humus	26,4 %
2. Ton	22,9 %	2. Jura	26,4 %
3. Jura	22,8 %	3. Verrucano	24,4 %
4. Verrucano	22,0 %	4. Bündnerschiefer	20,1 %
5. Bündnerschiefer	20,9 %	5. Kreide	20,0 %
6. Sand	20,9 %	6. Ton	19,9 %
7. Kreide	20,8 %	7. Sand	19,6 %
8. Gneis	18,7 %	8. Gneis	18,0 %
9. Flysch	15,6 %	9. Flysch	15,3 %

Ernte 1942 (nicht stabilisierte Droge)

Böden	Gerbstoff
1. Humus	26,1 %
2. Ton	24,7 %
3. Verrucano	21,8 %
4. Sand	20,6 %
5. Kreide	19,6 %
6. Gneis	19,5 %
7. Bündnerschiefer	19,4 %
8. Jura	19,4 %
9. Flysch	14,1 %

		Ernte 1941		*Ernte 1942*
	Böden	Stabilisiert Gerbstoff	Nicht stabilisiert Gerbstoff	Nicht stabilisiert Gerbstoff
Höchster Gehalt:	Humus	27,0 %	26,4 %	26,1 %
Tiefster Gehalt:	Flysch	15,6 %	15,3 %	14,1 %
Differenz		11,4 %	11,1 %	12,0 %
Streuung, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		42 %	42 %	46 %

Abbildung 16
Gerbstoffgehalte von *Bergenia Delawayi*



Alle Böden produzieren Pflanzen mit recht hohen Gerbstoffgehalten, und zwar erhält man die höchsten Resultate auf Humus, Jura, Verrucano und Ton, recht gute Werte auf Sand, Bündnerschiefer und Kreide. Die niedrigsten Gehalte lieferten der Gneis und vor allem der Flysch.

Die Entwicklung der Pflanzen ist auf dem Verrucano am schlechtesten, auf Jura und Flysch ist sie auch nicht sehr gut, während Humus und Ton neben dem hohen Gerbstoffgehalt auch eine großblättrige und sehr schöne Droge liefern.

Obwohl der Flysch in bezug auf Entwicklung, Arbutin- und Gerbstoffgehalt der Bergenia am schlechtesten von allen Böden ist, so ist die gelieferte Droge noch einigermaßen brauchbar.

Die Streuungen zwischen den höchsten und tiefsten Resultaten betragen 42 und 46 %. Sie sind also beträchtlich.

Die Stabilisation vermag auch hier keine eindeutig besseren Resultate zu liefern.

Gemäß dem Kommentar zur PhH V enthalten Bärentraubenblätter 6 bis 34 % Gerbstoff. Auch in dieser Hinsicht entsprechen die Gehalte unserer Bergenien ungefähr den Gerbstoffgehalten der Bärentraubenblätter.

Eine klare Abhängigkeit des Gerbstoffgehaltes vom Stickstoffgehalt des Bodens läßt sich, wie aus der graphischen Darstellung (Abb. 16) hervorgeht, nicht ableiten. Stellt man aber eine Kurve nach steigendem Kalkgehalt auf und vergleicht diese mit der Aschegehaltskurve der Bergenien, welche ja ebenfalls nach steigendem Kalkgehalt gezeichnet wurde, so sieht man, daß sich die beiden Kurven mehr oder weniger wie Bild und Spiegelbild verhalten, was ungefähr bedeuten würde: Steigt der Gerbstoffgehalt, so sinkt der Aschegehalt und vice versa.

C. Ätherisch-Ölpflanzen

a) Artemisia laxa

Diese Pflanze wurde von uns auf ihren Gehalt an ätherischem Öl und an Bitterstoff untersucht, und zwar wurden die Bestimmungen mit dem getrockneten Kraut durchgeführt.

Zur Bestimmung des *Ätherisch-Ölgehaltes* bedienten wir uns der *Zächschen Oxydationsmethode* (133), die von Schenker (106) neu bearbeitet und von verschiedenen Absolventen unseres Institutes noch modifiziert wurde. Sie eignet sich gut für Serienversuche und gestattet, mit minimalen Drogenmengen gut vergleichbare Werte zu erhalten. Allerdings muß man sich erst etwas in die Methode einarbeiten, weil sie sehr empfindlich ist. Ungeübte erhalten oft recht streuende Resultate.

Von einer genauen Beschreibung der Methode möchten wir absehen, da diese bereits von Bänninger (2) und P. Meier (71) sehr ausführlich behandelt wurde.

Das Prinzip ist kurz folgendes: In einer besonders für diesen Zweck konstruierten Destillationsapparatur wird eine kleine Menge frisch pulverisierter Droge (je nach Gehalt 0,1 bis 0,5 g getrockneten Materials) der quantitativen Wasserdampfdestillation unterworfen. Das Destillat fängt man in einem dickwandigen Oxydationskolben auf, versetzt mit einer bestimmten Menge 0,5n Kaliumbichromatlösung und oxydiert nach Zusatz von H_2SO_4 konzentriert unter Druck. Nach Beendigung der Oxydation wird das nicht verbrauchte Bichromat mit KJ reduziert und das ausgeschiedene Jod mit Natriumthiosulfat zurücktitriert.

Ein für das Öl jeder Spezies separat bestimmter Faktor gibt die Beziehung zwischen verbrauchtem $K_2Cr_2O_7$ und Ölmenge an und muß in Rechnung gesetzt werden. In der Berechnung ist ferner noch der Bichromatverbrauch der konzentrierten Schwefelsäure zu berücksichtigen, für welche ebenfalls der Oxydationswert zu bestimmen ist.

Wir führten jeweils vier Parallelbestimmungen durch, und zwar je mit 0,2 g Droge. P. Meyer (71) gab zur Droge 25 cm³ Wasser und unterwarf das Gemisch der Wasserdampfdestillation. An Hand von Vorversuchen fanden wir, daß man statt Wasser besser ein Gemisch von 13 cm³ gesättigter Kochsalzlösung und 13 cm³ Wasser zusetzt. Auf diese Weise wird das ätherische Öl am vollständigsten aus der Droge extrahiert und durch den Wasserdampf übergetrieben. Gibt man nur gesättigte Kochsalzlösung zu, so sinkt der Gehalt an bestimmtem ätherischem Öl wieder, ist aber immerhin noch höher, als wenn nur mit Wasser destilliert wird.

Da uns weder das ätherische Öl von *Artemisia laxa* noch genügend Drogenmaterial zur Selbstherstellung des Öles zur Verfügung stand, konnten wir den spezifischen Oxydationsfaktor für *Oleum Artemisiae laxae* nicht bestimmen. Statt dessen benutzten wir wie P. Meier (71) den Durchschnittswert sämtlicher bis jetzt bestimmter Oxydationsfaktoren von ätherischen Ölen (0,400). Da wir nur unter sich vergleichbare Werte der geernteten Drogen benötigten, genügten diese nicht ganz der Wirklichkeit entsprechenden Oxydationsfaktoren für unsere Zwecke vollkommen.

Resultate

Ernte 1940

Böden	Ätherisch-Ölgehalt
1. Kreide	0,656 %
2. Bündnerschiefer	0,633 %
3. Jura	0,613 %
4. Sand	0,609 %
5. Ton	0,587 %
6. Gneis	0,573 %
7. Humus	0,546 %
8. Verrucano	0,507 %
9. Flysch	0,484 %

Ernte 1941

Böden	Ätherisch-Ölgehalt
1. Verrucano	0,799 %
2. Bündnerschiefer	0,774 %
3. Jura	0,734 %
4. Sand	0,716 %
5. Gneis	0,702 %
6. Kreide	0,670 %
7. Ton	0,640 %

Die Resultate von Flysch und Humus fehlen, da keine Substanz für die Untersuchung zur Verfügung stand.

Ernte 1942

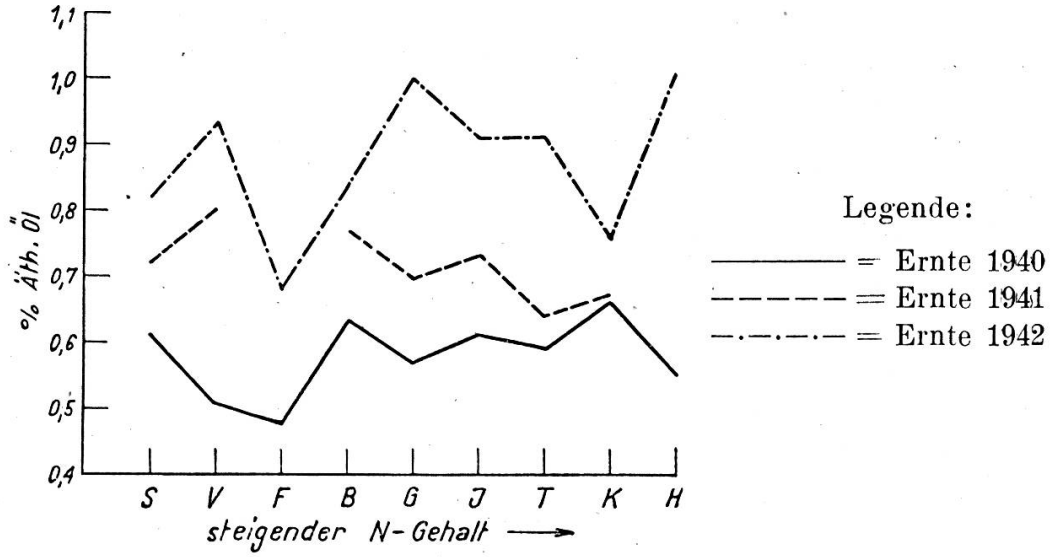
Böden	Ätherisch-Ölgehalt
1. Gneis	1,047 %
2. Humus	1,040 %
3. Verrucano	0,925 %
4. Jura	0,907 %
5. Ton	0,905 %
6. Bündnerschiefer	0,841 %
7. Sand	0,818 %
8. Kreide	0,757 %
9. Flysch	0,680 %

		Ernte 1940		Ernte 1941
Höchster Gehalt	(Kreide) . .	0,656 %	(Verrucano) .	0,799 %
Tiefster Gehalt	(Flysch) . .	0,484 %	(Ton) . . .	0,640 %
Differenz		0,172 %		0,159 %
Differenz, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		26 %		20 %

Ernte 1942

Höchster Gehalt	(Gneis)	1,047 %
Tiefster Gehalt	(Flysch)	0,680 %
Differenz		0,367 %
Differenz, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		35 %

Abbildung 17
Ätherisch-Ölgehalt von *Artemisia laxa*



Überblicken wir die erhaltenen Resultate, so finden wir, daß die im Jahre 1940 erhaltenen Werte tiefer sind als die Ätherisch-Ölgehalte der Ernten 1941 und 1942. Der tiefste Wert des Jahres 1942 ist sogar noch höher als der höchste Gehalt des Jahres 1940. Die Resultate der 1941er Ernte nehmen eine Mittelstellung ein, während die 1942er Ernte die ölreichste Droge lieferte.

Die höchsten Gehalte an ätherischem Öl weisen unsere Artemisien im Jahre 1940 auf Kreide, im Jahre 1941 auf Verrucano und im Jahre 1942 auf dem Gneis auf. Auch die vegetative Entwicklung der *Artemisia laxa* war gerade auf diesen drei Böden am besten. Auf Flysch und Bündnerschiefer entwickelten sich die Pflänzchen dagegen schlecht. Der

Flysch ist aber auch in bezug auf den Ätherisch-Ölgehalt von unseren untersuchten *Artemisia laxa*-Proben der schlechteste Boden. Der Bündnerschiefer dagegen lieferte bei der Ernte 1940 und auch 1941 eine Droge, die in bezug auf Ätherisch-Ölgehalt an zweiter Stelle steht. Bei der Ernte 1942 rückt er zwar an die sechste Stelle, weist aber immerhin noch einen Ätherisch-Ölgehalt auf, der höher ist als die Höchstgehalte der Ernten 1940 und 1941. Ordentlich bis gut ist sowohl die Entwicklung als auch der Ätherisch-Ölgehalt auf den Böden Sand, Ton, Humus und Jura.

Eine eindeutige Abhängigkeit des Ätherisch-Ölgehaltes der *Artemisia laxa* von einer einzelnen Bodenkomponente läßt sich nicht feststellen. Wohl steigt der Ätherisch-Ölgehalt bei der Ernte 1940 ziemlich parallel dem Gehalt an $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ unserer Böden (mit Ausnahme von Flysch), aber schon im Jahre 1941 verschiebt sich diese Bodenrangordnung etwas mehr, und im Jahre 1942 läßt sich in dieser Beziehung überhaupt keine Parallele mehr ziehen.

Die Bitterzahlbestimmung von *Artemisia laxa* nahmen wir nach der biologischen Prüfungsmethode von R. Wasicky (127 a) vor. Diese beruht auf der Geschmacksprüfung von Drogenauszügen, die in abgestuften, stark verdünnten Konzentrationen vorliegen. Da bis heute zur Bestimmung der Bitterstoffe mit ungenügend bekanntem Chemismus noch keine rationell arbeitende chemische Methode bekannt ist, mußten wir die oben genannte Methode anwenden, obwohl diese nach Angaben des Autors nur eine Genauigkeit bis zu ± 5 % aufweist.

Die Methode beruht im Prinzip auf einer Ermittlung derjenigen Verdünnung eines Auszuges der Droge, die noch gerade bitter schmeckt. Um die sehr starken Schwankungen in der Empfindlichkeit auf bitter nach Möglichkeit auszuschalten, muß die Empfindlichkeit der Versuchsperson auf eine Standardsubstanz (in der Regel Bruzin) jeden Tag vor der Ausführung dieser Grenzwertbestimmung ermittelt werden. Die Bitterzahl von Bruzin ist willkürlich auf 100 000 festgesetzt.

Wir stellten die zur Bestimmung verwendeten Drogenauszüge wie folgt her:

0,3 g pulverisierte Droge (Lochdurchmesser der Siebtrommel 0,8 mm) werden mit 30 cm^3 destilliertem Wasser eine Viertelstunde im offenen Erlenmeyer gekocht, um das ätherische Öl, das bei der Bestimmung stört, möglichst zu entfernen. Dann erhitzt man noch ¾ Stunden am Rückflußkühler zum Sieden, ergänzt den Auszug auf das ursprüngliche Volumen und filtriert noch heiß durch ein gewöhnliches feinporiges Filter. Mit dieser Lösung stellt man dann durch Verdünnen mit 35 bis 45° C warmem Trinkwasser verschiedene Konzentrationen bis 1 : 20 000 her.

Bei der Ausführung der Bestimmung hielten wir uns an die von P. Meier (71) in seiner Dissertation gemachten Angaben (genaue Be-

schreibung der Ausführung siehe dort). Als Standard verwendeten wir eine Lösung von analytisch reinem Bruzin in einer Konzentration von 1 : 10 000.

Resultate

Ernte 1940

Böden	Bitterzahlen
1. Kreide	36
2. Sand	32
3. Bündnerschiefer	29
4. Flysch	25
5. Jura	24
6. Ton	23
7. Gneis	22
8. Verrucano	22
9. Humus	?

Ernte 1941

Böden	Bitterzahlen
1. Verrucano	64
2. Sand	52
3. Jura	52
4. Bündnerschiefer	42
5. Ton	41
6. Kreide	33
7. Gneis	30
8. Flysch	?
9. Humus	?

Ernte 1942

Böden	Bitterzahlen
1. Kreide	56
2. Gneis	47
3. Ton	44
4. Flysch	41
5. Jura	40
6. Sand	39
7. Verrucano	38
8. Humus	30
9. Bündnerschiefer	25

Ernte 1940

Höchster Wert (Kreide)	36
Tiefster Wert (Verrucano)	22
Differenz	14
Differenz, ausgedrückt in Prozent des höchsten Wertes	39 %

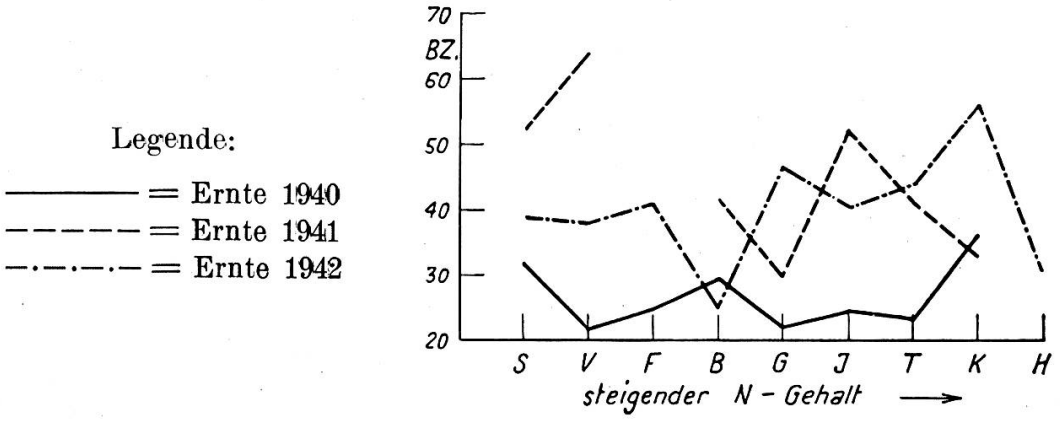
Ernte 1941

Höchster Wert (Verrucano)	64
Tiefster Wert (Gneis)	30
Differenz	34
	53 %

Ernte 1942

Höchster Wert (Kreide)	56
Tiefster Wert (Bündnerschiefer)	25
Differenz	31
Differenz, ausgedrückt in Prozent des höchsten Wertes	55 %

Abbildung 18
Bitterzahlen von *Artemisia laxa*



Die 1940er *Artemisia laxa*-Ernte lieferte, wie aus unsern Resultaten zu ersehen ist, sowohl die niedrigsten Ätherisch-Ölgehalte als auch die niedrigsten Bitterwerte. Vergleichen wir die aufgestellte Ätherisch-Öl- und Bitterstoffkurve (Abb. 17 und 18) dieses Jahres miteinander, so können wir im großen und ganzen einen übereinstimmenden Verlauf feststellen. Während dann beim ätherischen Öl von *Artemisia laxa* die Resultate der 1942er Ernte eindeutig am höchsten sind und die Werte der 1941er Ernte zwischen den Werten von 1940 und 1942 drin liegen, ist das beim Bitterstoff nicht mehr der Fall. Wohl sind die Bitterzahlen der Ernten 1941 und 1942 mit wenigen Ausnahmen höher als die der Ernte 1940. Die Bitterstoffzahlen für 1942 sind aber nicht immer höher als bei der Ernte 1941, sondern auf den Böden Verrucano, Sand, Jura und Bündnerschiefer sogar tiefer.

Betrachten wir nochmals die graphischen Darstellungen (Abb. 17 und 18), so finden wir auch für das Jahr 1941 einen ähnlichen Verlauf der Bitterzahlkurve und der Ätherisch-Ölkurve. Die beiden graphischen Darstellungen (Bitterwert und Ätherisch-Öl) des Jahres 1942 lassen sich dagegen gar nicht vergleichen.

Die höchsten Bitterzahlen erhielten wir im Jahre 1940 und 1942 auf Kreide, im Jahre 1941 interessanterweise auf Verrucano, der in den Jahren 1940 und 1942 eher schlechte Werte hervorbrachte. Die zweithöchsten Resultate wiesen im Jahre 1940 und 1941 der Sand und im Jahre 1942 der Gneis auf. Die tiefsten Resultate erhielten wir für das Jahr 1940 auf Verrucano, für das Jahr 1941 auf Gneis und für das Jahr 1942 auf Bündnerschiefer. Da die Böden Kreide, Verrucano und Gneis in bezug auf die Entwicklung der *Artemisia laxa* und auf deren Ätherisch-Ölgehalt am günstigsten sind, scheinen diese drei Bodentypen für den Anbau von *Artemisia laxa* besonders geeignet. Allerdings sind leider die Bitterzahlen stark schwankend. Auf Bündnerschiefer entwickelte sich *Artemisia laxa* schlecht. Im Jahre 1940 und 1941 waren der Ätherisch-Ölgehalt und die Bitterzahlen noch hoch, im Jahre 1942 jedoch steht

der Bündnerschiefer mit seinem Ätherisch-Ölgehalt an sechster Stelle. Noch schlimmer steht es mit dem Bitterstoffgehalt, der auf dem Bündnerschiefer in diesem Jahre sogar an die letzte Stelle gesunken ist. Ordentlich sind die Bitterzahlen auf Flysch, leider sind aber gerade auf diesem Boden die Entwicklung der Pflanzen und der Ätherisch-Ölgehalt schlecht. Ganz gut scheinen sich für den Anbau von *Artemisia laxa* auch unser Sand-, Ton- und Juraboden zu eignen, sind doch die Entwicklung der Pflanzen auf diesen drei Böden sowie der Ätherisch-Ölgehalt und die Bitterzahlen recht gut. Über die Eignung von *Humus* zum Artemisia-Anbau läßt sich nichts Bestimmtes sagen, weil wir sehr knapp mit Untersuchungsmaterial versehen waren, was immerhin darauf hinweist, daß stark humöse Böden der *Artemisia laxa* schlecht zusagen. Dies entspricht auch den Böden der natürlichen Standorte der Pflanze, die ja weitgehend Rohböden sind.

b) Peucedanum Ostruthium

Die Meisterwurz untersuchten wir auf ihren Gehalt an ätherischem Öl, und zwar wurde dasselbe ebenfalls mit der verbesserten *Zächschen Oxydationsmethode* (siehe Kapitel *Artemisia laxa*) bestimmt.

Resultate

Ernte 1940

Böden	Rhizome Ätherisch-Öl	Böden	Ausläufer Ätherisch-Öl
1. Gneis	0,562 %	1. Gneis	0,470 %
2. Bündnerschiefer	0,562 %	2. Bündnerschiefer	0,429 %
3. Verrucano	0,518 %	3. Jura	0,419 %
4. Ton	0,503 %	4. Verrucano	0,397 %
5. Jura	0,484 %	5. Flysch	0,378 %
6. Humus	0,480 %	6. Ton	0,374 %
7. Flysch	0,472 %	7. Humus	0,365 %
8. Sand	0,418 %	8. Sand	0,349 %
9. Kreide	0,417 %	9. Kreide	0,349 %

Ernte 1941

Böden	Rhizome Ätherisch-Öl	Böden	Ausläufer Ätherisch-Öl
1. Flysch	0,653 %	1. Flysch	0,713 %
2. Ton	0,642 %	2. Ton	0,711 %
3. Sand	0,633 %	3. Sand	0,620 %
4. Bündnerschiefer	0,591 %	4. Jura	0,546 %
5. Jura	0,588 %	5. Bündnerschiefer	0,545 %
6. Gneis	0,501 %	6. Verrucano	0,504 %
7. Humus	0,475 %	7. Gneis	0,479 %
8. Kreide	0,446 %	8. Kreide	0,405 %
9. Verrucano	0,398 %	9. Humus	0,396 %

Ernte 1942

Böden	Rhizome Ätherisch-Öl	Böden	Ausläufer Ätherisch-Öl
1. Flysch	0,774 %	1. Humus	0,774 %
2. Ton	0,761 %	2. Ton	0,651 %
3. Sand	0,714 %	3. Kreide	0,578 %
4. Humus	0,654 %	4. Gneis	0,562 %
5. Jura	0,621 %	5. Verrucano . . .	0,479 %
6. Bündnerschiefer . .	0,620 %	6. Bündnerschiefer . .	0,477 %
7. Verrucano . . .	0,591 %	7. Jura	0,468 %
8. Kreide	0,573 %	8. Sand	0,437 %
9. Gneis	0,500 %	9. Flysch	0,351 %

Ernte 1940

	Rhizome		Ausläufer	
Höchster Gehalt	(Gneis u. Bündnerschiefer)	0,562 %	(Gneis) . . .	0,470 %
Tiefster Gehalt	(Kreide) . .	0,417 %	(Kreide) . .	0,349 %
Differenz		0,145 %		0,121 %
Differenz zwischen dem höchsten und dem kleinsten Gehalt, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		26 %		26 %

Ernte 1941

	Rhizome		Ausläufer	
Höchster Gehalt	(Flysch) . .	0,653 %	(Flysch) . .	0,713 %
Tiefster Gehalt	(Verrucano) .	0,398 %	(Humus) . .	0,396 %
Differenz		0,255 %		0,317 %
Differenz zwischen dem höchsten und dem kleinsten Gehalt, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		39 %		44 %

Ernte 1942

	Rhizome		Ausläufer	
Höchster Gehalt	(Flysch) . .	0,774 %	(Humus) . .	0,774 %
Tiefster Gehalt	(Gneis) . . .	0,500 %	(Flysch) . .	0,351 %
Differenz		0,274 %		0,423 %
Differenz zwischen dem höchsten und dem kleinsten Gehalt, ausgedrückt in Prozent des Höchstgehaltes		35 %		55 %

Abbildung 19
Ätherisch-Ölgehalt der Meisterwurz, *Ernte 1940*

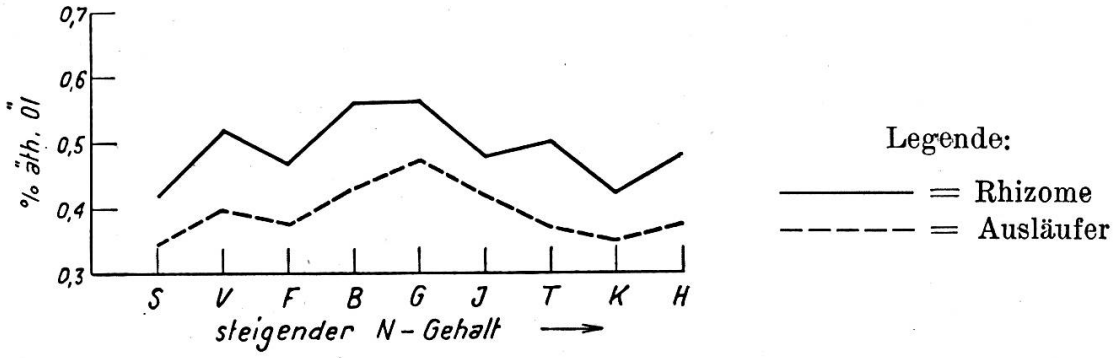


Abbildung 20
Ätherisch-Ölgehalt der Meisterwurz, *Ernte 1941*

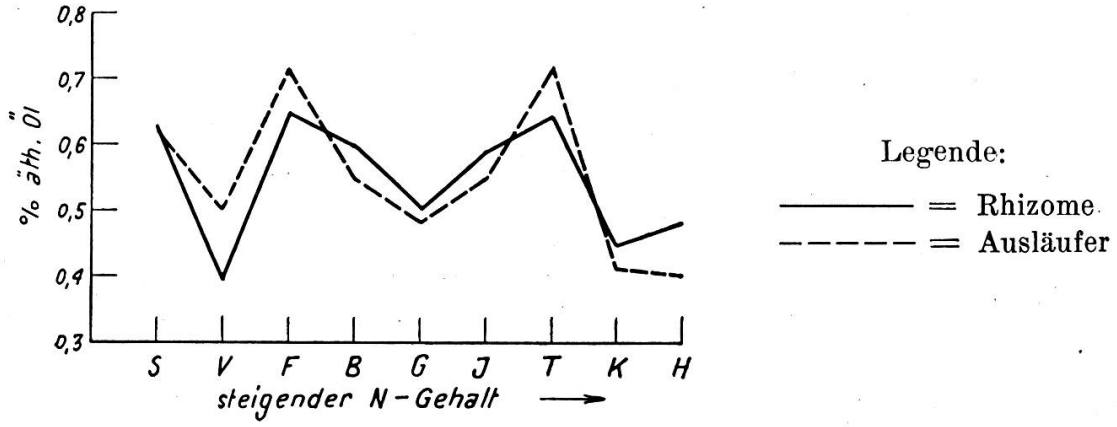
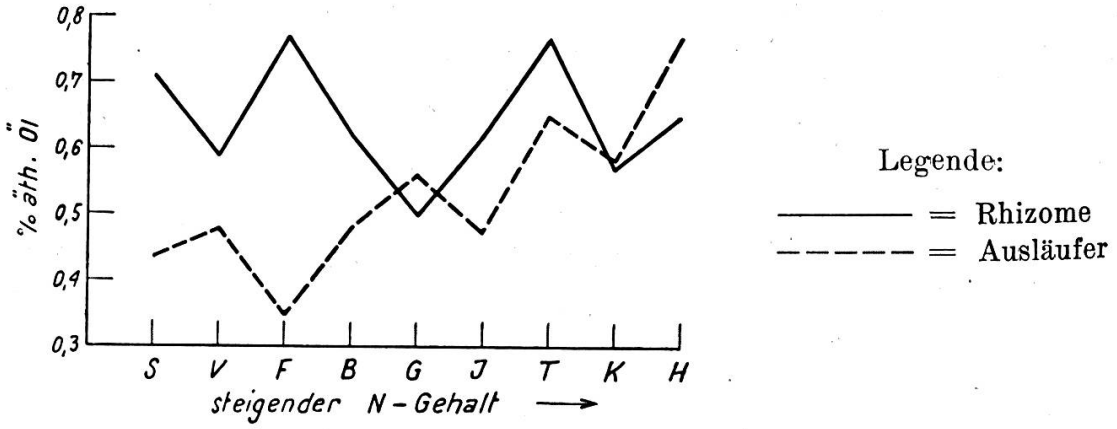


Abbildung 21
Ätherisch-Ölgehalt der Meisterwurz, *Ernte 1942*



Betrachten wir die Resultate, so sehen wir, daß der Gehalt an ätherischem Öl vom Jahre 1940 bis zum Jahre 1942 ansteigt (dasselbe wurde auch bei der *Artemisia laxa* beobachtet). Diese Tatsache läßt sich wohl so erklären, daß die Meisterwurz im Jahre 1941 und besonders im Jahre

1942 mehr ätherisches Öl produziert, weil sie sich in dieser Zeit bereits etwas an unsere Böden gewöhnt hat.

Die Peucedanumrhizome aller Böden sind bei der 1940er Ernte ätherischölreicher als die Ausläufer. Im Jahre 1941 und 1942 dagegen haben einmal die Rhizome, dann wieder die Ausläufer die höhern Werte. Die höhern Gehalte treten jedoch bedeutend mehr bei den Rhizomen auf.

Erwähnenswert sind auch die recht großen Streuungen zwischen den höchsten und den niedrigsten Resultaten, die bei den Ausläufern der Ernte 1941 = 44 %, bei denjenigen des Jahres 1942 sogar 55 % (ausgedrückt in Prozent des maximalen Gehaltes) ausmachen.

Die besten Ölausbeuten erhielten wir im Jahre 1940 auf Gneis, die zweitbesten auf dem Bündnerschiefer. Am schlechtesten waren sie in diesem Jahre sowohl bei den Rhizomen als auch bei den Ausläufern auf dem Kreidekalk und dann auf dem Sand. Im Jahre 1941 waren bei Rhizomen und Ausläufern der Flysch und der Ton die günstigsten Böden in bezug auf den Ätherisch-Ölgehalt. Interessanterweise kommt nun der Sand, der im Vorjahre an zweitletzter Stelle stand, bereits an den dritten Platz. Schlechte Wirkstoffausbeuten erhielten wir in diesem Jahre auf Verrucano, Humus und Kreide. Im Jahre 1942 endlich sind die Gehalte bei den Rhizomen am höchsten auf dem Flysch, bei den Ausläufern auf dem Humus, welcher im Jahre 1941 die schlechtesten Resultate lieferte. An zweiter Stelle folgt wie im Vorjahre der Ton. Die niedersten Werte dieses Jahres lieferten bei den Rhizomen der Gneis (Gneis ergab im Jahre 1940 die höchsten Werte), dann die Kreide, bei den Ausläufern der Flysch (der im Jahre 1941 am gehaltreichsten war) und dann der Sand. Aus den zum Teil direkt widersprechenden Resultaten ist es recht schwierig, Schlüsse zu ziehen, liefert doch ein und derselbe Boden einmal die höchsten, dann wieder die schlechtesten Resultate. Auch eine günstige Beeinflussung der Ätherisch-Ölbildung durch die stickstoffreichen Böden Humus, Ton und Kreide ist nicht eingetreten, außer bei den Ausläufern der Ernte 1942. Am ehesten wäre dies noch für den Ton abzuleiten, der sowohl in der Entwicklung der Pflanzen als auch in der Wirkstoffbildung sehr günstig steht. Der stickstoffreichste Humus dagegen brachte nur magere Pflanzen hervor, die in bezug auf Wirkstoffbildung keine eindeutige Stellung einnehmen. So fanden wir zum Beispiel bei der auf dem Humus gewachsenen Meisterwurz in den Jahren 1940 und 1941 niedrige Ätherisch-Ölgehalte. Erst im Jahre 1942 verzeichnete der Humus gute Resultate. Der ebenfalls reichlich mit N versehene Kreidekalk lieferte zwar ordentliche Pflanzenbestände, betrachten wir aber seine Stellung in Hinsicht auf die Wirkstoffbildung, so finden wir den Kreidekalk meist an zweitletzter oder sogar an letzter Stelle.

Werfen wir noch einen Blick auf die graphischen Darstellungen (Abbildungen 19, 20 und 21) der Ätherisch-Ölgehalte von *Peucedanum*

Ostruthium, so können wir feststellen, daß in den Jahren 1940 und 1941 die Kurven für die Rhizome und für die Ausläufer ähnlich verlaufen. Im Jahre 1942 dagegen verläuft die nach steigendem N-Gehalt der Böden aufgestellte Kurve für die Meisterwurzrhizome und Ausläufer bis zum Jura gerade entgegengesetzt, von da an dann aber wieder im selben Sinne.

3. Diskussion der Resultate vom Adlisberg

Überblicken wir sämtliche Resultate, so können wir folgendes feststellen:

Über den Einfluß der Adlisberger Böden auf die fünf angebauten Versuchspflanzen läßt sich keine allgemein gültige Regel aufstellen.

Verfolgen wir zum Beispiel *das Wachstum* und die *allgemeine Entwicklung* unserer Versuchspflanzen, so sehen wir, daß sich auf ein und demselben Boden die eine Pflanzenart gut, die andere dagegen schlecht entwickeln kann. Auf den Böden Sand, Gneis und mehr oder weniger auch auf Ton und Kreide war die Entwicklung unserer fünf Versuchspflanzen gut, auf den fünf andern Böden war sie dagegen je nach der angebauten Pflanze gut oder schlecht. So gedeihten auf dem *Humus* die *Bergenia Delawayi* und die beiden Alkaloidpflanzen *Atropa Belladonna* und *Lobelia inflata* gut, die beiden Ätherisch-Ölpflanzen *Peucedanum Ostruthium* und *Artemisia laxa* dagegen schlecht. Ob daran der Mangel an K_2O, ganz besonders an leicht löslichem Kali, oder ob die saure Reaktion, die geringe Luftkapazität oder die infolge hohen Wassergehaltes niedere Bodentemperatur des *Humusbodens* schuld ist, läßt sich schwer sagen. Auf dem *Verrucano* ist interessanterweise der allgemeine Zustand der beiden Ätherisch-Ölpflanzen gut, derjenige der Glukosid- und Alkaloidpflanzen (Bergenia, Atropa und Lobelia) dagegen schlecht. Da auch der *Verrucanoboden* eher sauer reagiert, ist wohl der Grund der guten oder schlechten Entwicklung der beiden Ätherisch-Öl-, Alkaloid- sowie unserer Glukosidpflanze nicht hier zu suchen, sondern eventuell beim *N-Gehalt*, der auf *Humus* sehr reich (gute Entwicklung der Alkaloidpflanzen, schlechte der Ätherisch-Ölpflanzen), auf dem *Verrucano* dagegen (schlechte Entwicklung der Alkaloidpflanzen und gute Entwicklung der Ätherisch-Ölpflanzen) sehr gering ist. Außer dem N-Gehalt ist der Wärmegehalt der beiden Böden auch verschieden. Der *Humus* ist ein kühler, der *Verrucano* aber ein warmer Boden. Auf dem *Bündnerschiefer* ist der Bestand der *Bergenien* gut, derjenige der beiden Alkaloidpflanzen mittel bis gut, derjenige der beiden Ätherisch-Ölpflanzen schlecht. Trotz dem niedern *N-Gehalt* des Bündnerschiefers ist die Entwicklung unserer Alkaloidpflanzen noch mittel bis gut, die Entwicklung der Ätherisch-Ölpflanzen dagegen nicht gut, wie eigentlich aus dem Vorhergehenden zu erwarten wäre, sondern schlecht. Vielleicht ist dafür

die niedere Bodentemperatur des Bündnerschiefers verantwortlich zu machen. Außerdem ist im Gegensatz zum Humus und Verrucano der Bündnerschiefer auch ärmer an Feinerde. Alle unsere Versuchspflanzen außer der *Atropa Belladonna* finden auf dem *Flysch* ein schlechtes Fortkommen. Der Flyschboden ist charakterisiert durch seinen hohen Kalkgehalt. Sein *p*H beträgt 7,4. Er ist eher ein kühler Boden und besitzt einen geringen N-Gehalt. In physikalischer Hinsicht sind sowohl der Flysch wie der Bündnerschiefer ungünstig, da sie dem Eindringen der Wurzeln in trockenen Zeiten großen Widerstand entgegensetzen. Auf dem *Jura* endlich entwickeln sich die beiden Alkaloidpflanzen gut, die Bergenia und Artemisia mittelmäßig, Peucedanum dagegen schlecht. Unser *Juraboden* ist gut mit N versehen (deshalb wohl die gute Entwicklung von Atropa und Lobelia). In bezug auf die Bodentemperatur nimmt er von den neun Adlisberger Böden eine Mittelstellung ein.

Bezüglich des *Aschegehaltes* der auf den verschiedenen Adlisberger Bodenarten gewachsenen Arzneipflanzen können wir keine Gesetzmäßigkeit finden.

Die von Wüst (132) gefundene Tatsache, daß die Blätter stets aschereicher seien als die Wurzeln, trifft auch für die von uns untersuchten Belladonnablätter und -wurzeln zu. So fanden wir auf allen Böden in den Belladonnablättern einen höhern Aschegehalt als in den Belladonnawurzeln der betreffenden Böden. Indessen können wir die von Wüst (132) aufgestellte Hypothese, daß sich die Minima der Aschegehalte auf Bodenarten mit kleinerem Kalkgehalt häufen, die Maxima dagegen eher auf Böden mit mittlerem bis hohem Kalkgehalt zu suchen sind, nicht bei allen unseren Pflanzen bestätigen. Unsere höchsten Aschegehalte fanden wir auf den folgenden Böden: häufig auf Verrucano und Flysch, oft auch auf Sand, Kreide, Jura und Ton, selten auf Humus, nie aber auf Bündnerschiefer und Gneis. Unsere kleinsten Aschewerte fanden wir vorwiegend auf Humus und Bündnerschiefer, selten auf Sand und Jura. Der Verrucano, der nach Wüst einen niedern Aschegehalt ergeben müßte, da er von unsern neun Böden den kleinsten Kalkgehalt besitzt, produziert nach unseren Befunden in den meisten Fällen sehr hohe Aschegehalte. Auch Wüst fand übrigens bei den Eibischwurzeln auf dem Verrucano den höchsten Aschegehalt. Da der Verrucano nach Burger (13) von den Adlisberger Böden der SiO_2-reichste ist, vermutet Wüst, daß in diesem Falle die Kieselsäure diese Aschewerte stark beeinflußt habe. Wäre dies richtig, so sollte aber der Gneis ebenfalls hohe Aschegehalte liefern, besitzt er doch ebenfalls einen niedern Kalkgehalt und einen hohen SiO_2-Gehalt. Bei unsern Versuchen erhielten wir aber auf dem Gneis in den meisten Fällen Pflanzen mit einem mittleren Aschegehalt. Die hohen Aschewerte auf Flysch, Sand, Kreide, Jura und Ton sowie der niedere Gehalt an Asche auf dem Humus

und Gneis würden zwar der Theorie von Wüst entsprechen, nicht aber die niedrigen Aschegehalte auf Bündnerschiefer, Sand und Jura, enthalten doch der Bündnerschiefer und der Jura mittlere, der Sand einen hohen Kalkgehalt.

Ferner sehen wir bei unseren Versuchen, daß die N-armen Böden Sand, Verrucano, Flysch und Jura, auch Ton und Kreide, die zwar gut, aber nicht reich mit N versehen sind, die höchsten Aschegehalte erzeugen. Eine Ausnahme jedoch, die auch Wüst festgestellt hat, macht der Bündnerschiefer, der kleine Aschegehalte bei den angebauten Pflanzen liefert, trotzdem er stickstoffarm ist. Der stickstoffreiche Humus dagegen produziert außer bei den Rhizomen und Ausläufern von *Peucedanum Ostruthium* des Jahres 1941 immer aschearme Pflanzen. Dasselbe fand Wüst auch bei seinen Versuchen.

Bei *Bergenia Delawayi* gelingt es sogar, eine gewisse Beziehung zwischen Asche- und Gerbstoffgehalt abzuleiten, und zwar scheint mit zunehmendem Gerbstoffgehalt der Mineralstoffgehalt abzunehmen und umgekehrt. Das ist übrigens eine Tatsache, die wir nicht immer, jedoch sehr oft auch bei unsern andern Versuchspflanzen beobachten konnten. So trifft dies zum Beispiel bei der *Lobelia inflata* (Ernten 1943 und 1944, pikierte Pflanzen) sowohl für den Gehalt der Droge an Gesamtalkaloiden wie auch für den Gehalt der Lobelien an azetophenonabspaltenden Alkaloiden ± zu. Bei der Ernte 1944 (nicht pikierte Pflanzen) finden wir diese Beziehung nur einigermaßen zwischen der Asche und dem Gesamtalkaloidgehalt, nicht aber zwischen der Asche und der nach der Methode von Uffelie bestimmten Alkaloiden. Auch der Arbutingehalt von *Bergenia Delawayi* (Ernten 1941 stabilisierte Pflanzen und 1942 nicht stabilisierte Pflanzen) scheint mehr oder weniger zu steigen, wenn der Mineralstoffgehalt der Pflanze abnimmt. Die nicht stabilisierten Pflanzen der 1941er Ernte weichen jedoch von dieser Regel ab. Bei *Peucedanum Ostruthium* finden wir diese Gesetzmäßigkeit ± bei den Rhizomen der 1941er Ernte und den Ausläufern der Ernte 1942.

Zwischen dem Aschegehalt unserer Versuchspflanzen und den andern Bodenkomponenten ($Fe_2O_3+Al_2O_3$-Gehalt, Kaligehalt, P_2O_5-Gehalt, *p*H usw.) kann man keine Beziehung finden.

Vergleichen wir die *Wirkstoffgehalte* unserer Versuchspflanzen mit der chemischen und physikalischen Zusammensetzung unserer Böden, so sehen wir, daß es uns nicht gelingt, die Ursache der Wirkstoffschwankungen mit Sicherheit dem einen oder andern Bodenfaktor zuzuschreiben. Wahrscheinlicher sogar ist, daß mehrere Faktoren gleichzeitig einwirken. Um etwas Bestimmtes darüber aussagen zu können, müßten Versuche auf synthetischen Nährmilieux ausgeführt werden.

Immerhin ersieht man doch aus unsern Versuchen, daß unsere Alkaloidpflanzen *Atropa Belladonna* und *Lobelia inflata* auf den N-reichern

Böden wie Humus, Ton und Kreide auch höhere Alkaloidgehalte produzieren als auf den stickstoffarmen Böden Sand und Flysch. Eine günstige Beeinflussung der Ätherisch-Ölbildung durch Böden mit höheren N-Gehalten, wie sie Wüst (132) bei *Folium Menthae* und *Rhizoma Valerianae* fand, konnten wir bei unsern beiden angebauten Ätherisch-Öldrogen *Rhizoma Imperatoriae* und *Herba Artemisiae laxae* nicht eindeutig feststellen. Eine Ausnahme machen die Ausläufer von *Peucedanum Ostruthium* der 1942er Ernte. Hier finden wir tatsächlich auf den stickstoffreichen Böden Humus, Ton, Kreide und Gneis auch die höhern Ätherisch-Ölgehalte als auf den stickstoffarmen Böden Bündnerschiefer, Flysch und Sand. Auf die Arbutin- und Gerbstoffbildung in den Bergeniablättern sowie auf die Bitterstoffbildung der *Artemisia laxa* hatte der N-Gehalt unserer Böden keinen Einfluß.

Ein hoher *Kalkgehalt* der untersuchten Böden scheint auf die Alkaloidbildung bei den Belladonnablättern und -wurzeln eher im ungünstigen Sinne einzuwirken. Dasselbe läßt sich auch über den Arbutin- und Gerbstoffgehalt bei *Bergenia Delawayi* und den Ätherisch-Ölgehalt bei *Artemisia laxa* und *Peucedanum Ostruthium* sagen. Einzig die Bildung der Bitterstoffe bei *Artemisia laxa* und die Ätherisch-Ölbildung bei den Peucedanum-Rhizomen und -Ausläufern der Ernte 1941 scheinen durch reichlichen Kalkgehalt der Böden günstig beeinflußt zu werden.

Suchen wir den *P_2O_5-Gehalt* unserer Böden mit den Wirkstoffgehalten der darauf angebauten Pflanzen in Beziehung zu bringen, so finden wir auf den Böden mit hohem P_2O_5-Gehalt (Kreide, Humus, Verrucano, Ton) bei unseren zwei Alkaloidversuchspflanzen im allgemeinen auch die höhern Alkaloidgehalte als auf den P_2O_5-ärmeren Böden Sand, Jura, Flysch. Interessanterweise sind die auf dem Bündnerschiefer gewachsenen Pflanzen viel alkaloidreicher, als man es entsprechend dem P_2O_5-Gehalt des Bodens vermuten würde. Auf den Ätherisch-Ölgehalt der Meisterwurz und den Bitterwert von *Artemisia laxa* wirkte sich ein hoher P_2O_5-Gehalt der Böden eher nachteilig aus.

Widersprechende Resultate erhielten Wüst (132) und Moßler (79) in bezug auf den Einfluß des Gehaltes der Böden an *leichtlöslichem Kali* auf den Ätherisch-Ölgehalt von *Mentha piperita.* Wüst fand bei seinen Versuchen, daß gerade die Böden mit großem Gehalt an *leichtlöslichem Kali,* also Flysch, Bündnerschiefer und Gneis, weniger ätherisches Öl produzieren als die Böden Humus, Kreide und Jura, die eher einen zu geringen Gehalt an *leichtlöslichem Kali* haben. Moßler dagegen, der im Jahre 1912 in Korneuburg bei Wien Versuche durchführte, ist der Ansicht, daß *Mentha piperita* während ihrer Entwicklung sehr dankbar ist für reichlich Mineralstoffe, namentlich Stickstoff und Kali. Bei unseren eigenen Versuchen können wir folgendes sehen: Der Ätherisch-Ölgehalt von *Artemisia laxa* wird durch einen hohen Gehalt

des Bodens an *leichtlöslichem Kalium* weder erhöht noch erniedrigt. Einzig bei der Ernte des Jahres 1942 wiesen die Drogen der Böden mit hohem Gehalt an *leichtlöslichem Kalium* (außer Gneis) niedere Ätherisch-Ölgehalte auf. Auch die Untersuchungen an der Meisterwurz geben uns kein klares Bild über diese Frage. Während bei der Ernte 1940 und 1941 ein hoher Gehalt der Böden an *leichtlöslichem Kali* die Ätherisch-Ölbildung fördert, wird sie bei der Ernte 1942 eher gehemmt. Auch für die Bildung der Alkaloide, des Gerbstoffes und des Arbutins scheint ein hoher Gehalt eines Bodens an *leichtlöslichem Kalium* ungünstig, für die Bildung der Bitterstoffe in *Artemisia laxa* dagegen ± günstig.

Der *Sesquioxydgehalt* unserer Adlisberger Böden beeinflußt die Wirkstoffbildung von *Lobelia inflata, Bergenia Delawayi* und *Folium Belladonnae* weder im positiven noch im negativen Sinne. Bei den Belladonnawurzeln aber beobachten wir eine erhöhte Alkaloidbildung auf den Böden mit niederem Sesquioxydgehalt und eine geringere auf den Böden, die reich mit $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ versehen sind. Anders verhält sich *Artemisia laxa* (Ernte 1940). Hier finden wir, außer beim Flysch, auf den Böden mit höherem Gehalt an $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ auch mehr ätherisches Öl und eine höhere Bitterzahl. Die Artemisiaernten der Jahre 1941 und 1942 befolgen diese Regel nicht mehr ganz. Bei der 1942er Ernte finden wir die hohen Ätherisch-Ölgehalte sogar vermehrt auf den Böden mit einem niederen *Sesquioxydgehalt*.

Eine Beeinflussung der Wirkstoffbildung unserer Versuchspflanzen durch das *p*H können wir mehr oder weniger bei *Radix Belladonnae* beobachten, wo die höchsten Alkaloidgehalte auf dem sauren Boden Humus und dem neutralen Verrucano erhalten wurden, während die beiden alkalischen Böden Flysch und Bündnerschiefer niedere Alkaloidgehalte besitzen. Auch bei den nicht stabilisierten *Bergenien* des Jahres 1942 finden wir die hohen Gerbstoffgehalte auf den Böden mit den tieferen *p*H-Werten. Die *Artemisia laxa* dagegen scheint das alkalische Milieu zu bevorzugen. So können wir bei der Ernte des Jahres 1940 sowohl beim Ätherisch-Ölgehalt als auch bei den Bitterzahlen die höheren Werte vorwiegend auf den alkalischen Böden finden. Dasselbe gilt auch für die Bitterzahlen der 1942er Ernte. Die Ätherisch-Ölgehalte und die Bitterzahlen der Artemisiaernte des Jahres 1941 befolgen diese Regel jedoch nicht.

Überblicken wir die auf den verschiedenen Böden gebildeten Wirkstoffgehalte, so kommen wir zu dem Schluß, daß mit wenigen Ausnahmen die Böden Humus, Ton, Verrucano und Bündnerschiefer beim Anbau unserer fünf Versuchspflanzen Drogen mit hohem Wirkstoffgehalt liefern. Meist günstig in dieser Beziehung erwiesen sich auch die Böden Kreide, Jura und Gneis, während die Böden Sand und Flysch im allgemeinen ungünstig sind.

Vergleichen wir nun noch diese Befunde mit den Feststellungen, die wir beim Anbau gemacht haben, so können wir abschließend sagen: Zum Anbau von *Atropa Belladonna* eignen sich von unseren neun untersuchten Böden, sowohl was die Produktion an grüner Masse als auch den Wirkstoffgehalt der gezogenen Droge anbetrifft, Humus, Ton, Kreide und Bündnerschiefer gut, auch Gneis, Jura und Flysch gehen noch an. Ungünstig aber sind der Verrucano, der zwar Drogen mit relativ hohem Alkaloidgehalt hervorbringt, aber leider kümmerliche Pflanzen. Gerade das Umgekehrte ist der Fall beim Sand. Hier ist die Entwicklung der Pflanzen gut, dafür der Gehalt schlecht.

Für *Lobeliakulturen* sind nach unseren Versuchen am besten die Böden Humus, Ton, Bündnerschiefer und Jura, eventuell auch noch Kreide und Sand zu wählen, abzuraten wäre von Verrucano, Gneis und Flysch.

Bergenia Delawayi zeigt die kräftigsten und gehaltreichsten Pflanzen auf Humus, Ton und Bündnerschiefer, der Jura und der Sand nehmen eine Mittelstellung ein, während die Böden Flysch und Kreide eher schlecht sind. Der Verrucano liefert, wie bei der *Atropa Belladonna,* zwar hohe Wirkstoffgehalte, aber die Entwicklung der Pflanzen ist schlecht. Bei Gneis ist gerade das Umgekehrte der Fall, also gutes Aussehen der Pflanzen, aber wenig Wirkstoffe.

Für *Artemisia laxa* erhalten wir folgende Resultate: Auf Kreide, Jura, Sand, Ton, Gneis, Verrucano und mehr oder weniger auch auf dem Humus kann *Artemisia laxa* mit gutem Erfolg (sowohl was die Entwicklung als auch den Wirkstoffgehalt anbetrifft) angebaut werden. Einzig der Flysch und der Bündnerschiefer eignen sich nicht dazu.

Die *Meisterwurz* lieferte die kräftigste und gehaltreichste Droge auf Ton, Gneis, Sand und Verrucano, die andern Böden (Humus, Jura, Bündnerschiefer, Flysch und Kreide) sind für den Anbau dieser Pflanze nicht geeignet. So erhalten wir zwar auf Kreide schöne Droge, aber niedere Ätherisch-Ölgehalte. Auf Flysch ist der Wirkstoffgehalt einmal hoch, einmal tief, die Entwicklung der Pflanzen aber schlecht.

VI. Die Versuchsresultate der Pflanzen von natürlichen Standorten

Die Pflanzen wurden alle auf die gleiche Weise geerntet, getrocknet und aufbewahrt wie unsere Adlisberger Drogen. Selbstverständlich wurden, um die Resultate miteinander vergleichen zu können, auch dieselben Bestimmungsmethoden wie dort angewendet.

1. Aschegehalte

a) Atropa Belladonna

Böden	Aschegehalt der Wurzeln
1. Stotzweid bei Horgen	5,01 %
2. Bassersdorf	4,73 %
3. Rutschhang ob Tierfehd (Linthal)	3,45 %

Die Differenz zwischen dem Minimalgehalt und dem Maximalgehalt beträgt 31 % (bezogen auf den Maximalgehalt).

b) Artemisia laxa

Böden	Aschegehalt des Krautes
1. Rote Kuh (zirka 2340 m ü. M.) . .	9,11 %
2. Rote Kuh (zirka 2302 m ü. M.) . .	7,68 %
3. Rhäzüns	7,58 %
4. Rote Kuh (zirka 2370 m ü. M.) . .	6,47 %
5. Cornopaß	6,36 %
6. Laucherhorn	? (zu wenig Substanz)

Der Unterschied zwischen dem höchsten und dem tiefsten Resultat, bezogen auf den höchsten Gehalt, beträgt 30 %.

c) Peucedanum Ostruthium

Böden	Aschegehalt der Rhizome
1. Altenorenalp	5,08 %
2. Maran	4,01 %
3. Urserli	3,30 %
4. Riffelalp	3,17 %

Die Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Resultat, bezogen auf das höchste Resultat, beträgt 38 %.

Bei der Untersuchung der auf unseren Wildstandortsböden gewachsenen Drogen erhalten wir eine Differenz der Aschegehalte (bezogen auf den Maximalgehalt) von 30 bis 38 %.

Bei den *Belladonnawurzeln* finden wir, daß mit zunehmendem $Fe_2O_3 + Al_2O_3$-*Gehalt* des Bodens die Aschegehalte sinken, mit zunehmendem *Feinerdegehalt* der Böden dagegen steigen.

Weiter nimmt bei *Rhizoma Imperatoriae* mit Zunahme des K_2O-Gehaltes der Böden der Aschegehalt der Rhizome ab.

Da diese Feststellungen aber immer nur bei einer der drei untersuchten Spezies auftreten, bei den anderen beiden dagegen nicht, und da sie von Untersuchungen von relativ wenig Standorten stammen, muß es sich wohl um einen Zufall handeln, auf alle Fälle kann nicht von einer strengen Gesetzmäßigkeit gesprochen werden.

2. Wirkstoffgehalte

a) Atropa Belladonna

Böden	Gesamtalkaloidgehalt der Wurzeln
1. Stotzweid bei Horgen	1,11 %
2. Bassersdorf	0,71 %
3. Rutschhang ob Tierfehd (Linthal)	0,70 %

Die Differenz zwischen dem höchsten und dem kleinsten Alkaloidgehalt beträgt *37 %* (ausgedrückt in Prozent des maximalen Gehaltes).

b) Artemisia laxa

Böden	Ätherisch-Ölgehalt des Krautes
1. Cornopaß	1,003 %
2. Laucherhorn	0,905 %
3. Rote Kuh (2370 m ü. M.)	0,898 %
4. Rote Kuh (2340 m ü. M.)	0,835 %
5. Rhäzüns	0,657 %
6. Rote Kuh (2302 m ü. M.)	0,558 %

Böden	Bitterzahl (des Krautes)
1. Rhäzüns	70
2. Rote Kuh (2302 m ü. M.)	43
3. Laucherhorn	41
4. Rote Kuh (2370 m ü. M.)	35
5. Rote Kuh (2340 m ü. M.)	14
6. Cornopaß	14

Der Unterschied zwischen den höchsten und tiefsten Gehalten beträgt beim ätherischen Öl *44 %*, bei der Bitterzahl *80 %*, ausgedrückt in Prozent des höchsten Gehaltes. Beachtenswert ist die große Schwankung der Bitterzahlen.

c) Peucedanum Ostruthium

Böden	Ätherisch-Ölgehalt der Rhizome
1. Riffelalp	0,602 %
2. Urserli	0,506 %
3. Altenorenalp	0,446 %
4. Maran	0,409 %

Der Unterschied zwischen dem niedersten und höchsten Ätherisch-Ölgehalt, bezogen auf den maximalen Gehalt, beträgt *32 %*.

Bei der *Tollkirsche* besitzen die Böden mit höherem Aschegehalt auch einen höheren Gesamtalkaloidgehalt. Eine Beeinflussung des Alkaloidgehaltes durch den N-Gehalt des Bodens ist, wie man etwa vermuten könnte, nicht zu konstatieren. Dagegen findet man analog wie beim Aschegehalt, daß die Belladonnawurzeln auf den Böden mit höherem Feinerdegehalt einen höheren Alkaloidgehalt erzeugen, ferner daß mit zunehmendem $Fe_2O_3 + Al_2O_3$-Gehalt der Böden sowohl Asche- wie Alkaloidgehalt abnehmen. Um mit Sicherheit festzustellen, ob es sich hierbei um eine Gesetzmäßigkeit oder nur um einen Zufall handelt, wären natürlich noch weitere Versuche notwendig.

Bei *Artemisia laxa* läßt sich weder beim Ätherisch-Ölgehalt noch bei den Bitterzahlen eine Beeinflussung der Wirkstoffgehalte durch chemische oder physikalische Bodenfaktoren konstatieren. Auch zum Aschegehalt stehen diese Resultate in keiner Beziehung.

Das gleiche können wir auch für die Meisterwurz sagen. Der Ätherisch-Ölgehalt ihrer Rhizome scheint durch keine der einzelnen Bodenkomponenten offensichtlich beeinflußt zu werden. Auch verhalten sich der Ätherisch-Öl- und Aschegehalt komplett verschieden voneinander.

VII. Vergleichung der Versuchsresultate der wildgewachsenen Pflanzen mit denjenigen der angebauten Pflanzen

Bezüglich Wachstum und Entwicklung der Pflanzen können wir hier keine Parallele ziehen, weil wir die Wildpflanzen ja nur im Momente der Ernte beobachten konnten.

1. Aschegehalte

a) Atropa Belladonna

Die Aschegehalte der auf unseren drei Wildstandortsböden gewachsenen Tollkirschenwurzeln entsprechen ungefähr dem tiefsten bis mittlern Wert unserer Versuchsböden.

Bei den auf unseren Wildstandortsböden gewachsenen Belladonnapflanzen finden wir den höchsten Aschegehalt auf dem Boden Stotzweid bei Horgen (5,01 %). Dieser Boden besitzt von den drei untersuchten Wildstandortsböden den höchsten Kalkgehalt und den niedrigsten Stickstoffgehalt. In bezug auf den Gehalt an P_2O_5 nimmt er eine Mittelstellung ein. Verglichen mit den Adlisberger Böden besitzt er mehr oder weniger den Kalkgehalt von Flysch, der ja auch bei unseren Adlisberger Böden meist Drogen mit hohem Mineralstoffgehalt lieferte. Wir ersehen auch, daß der Flysch Belladonnawurzeln mit einem Mineralstoffgehalt von 5,40 % hervorbrachte, der tatsächlich dem Wert unserer Horgener Atropa sehr nahe liegt. Vergleichen wir weiter, so finden wir bei der wilden Tollkirsche von Bassersdorf einen Aschegehalt von 4,73 %. Der Kalkgehalt der Bassersdorfer Bodenprobe liegt, verglichen mit den Adlisberger Böden, zwischen dem Bündnerschiefer und Ton, die Belladonnawurzeln mit folgenden Aschewerten lieferten (7,10 % auf Bündnerschiefer; 6,89 % auf Ton). Diese Werte sind also etwas höher als bei unserer Wildpflanze. Den niedersten Aschegehalt unserer wildgewachsenen Belladonnawurzeln fanden wir auf dem Rutschhang ob Tierfehd (3,45 %), dem Boden, der in bezug auf Kalkgehalt etwa dem Sand unserer Kulturböden entspricht. Der Mineralstoffgehalt von *Radix Belladonnae* auf dem Sand betrug 3,99 %, also ein ähnlicher Gehalt wie auf dem Wildstandortsboden.

Aus diesen Befunden kann man schließen, daß der Mineralstoffgehalt der Pflanzen in einer gewissen direkten Beziehung zu dem Kalkgehalt der entsprechenden Böden stehen muß.

Für unsere Belladonnawurzeln der Adlisberger Böden wie der Wildstandortsböden läßt sich folgendes feststellen: *Böden mit einem mittleren Kalkgehalt liefern in der Regel hohe Aschegehalte (mit Ausnahme vom Verrucano, der einen niederen Kalkgehalt hat und doch hohe Aschenwerte ergab), während die mittleren und niederen Aschegehalte bald von Böden mit hohem oder tiefem Kalkgehalt geliefert wurden.*

Bezüglich des *N-Gehaltes* können wir bei den Belladonnawurzeln keine genaue Gesetzmäßigkeit ablesen. Doch ist erwähnenswert, daß auf dem Adlisberg der Humus mit dem höchsten N-Gehalt den kleinsten Aschewert aufweist. Bei den Wildstandortsböden enthalten alle drei einen Stickstoffgehalt, der, verglichen mit den Adlisberger Böden, mehr oder weniger dem Kreideboden entspricht. Dieser enthält nach dem Humus am meisten Stickstoff. Interessanterweise finden wir auch bei den Belladonnawurzeln auf diesen Böden einen mittleren bis niederen Aschegehalt, verglichen mit den Adlisberger Böden. Eine Ausnahme machen aber der Sand und der Flysch, beides N-arme Böden, die auch aschearme Belladonnawurzeln produzieren, und umgekehrt bringt die N-reiche Kreide auch die aschereichsten Tollkirschenwurzeln hervor. Die Kreide lieferte einen bedeutend höhern Mineralstoffgehalt als unsere drei Wildstandortsböden.

Ziehen wir dieselbe Parallele beim *Kali-*, *Sesquioxyd-* oder beim *P_2O_5-Gehalt,* so können wir zwischen Wild- und Kulturböden nichts Übereinstimmendes feststellen.

Zusammenfassend können wir sagen, daß wir für die Belladonnawurzeln ähnliche Beziehungen zwischen Aschegehalt der Wurzeln und Kalk- und N-Gehalt der Böden konstatieren konnten wie Wüst (132) bei seinen Untersuchungen.

b) Artemisia laxa

Die Aschegehalte der kultivierten Artemisien sind im großen und ganzen höher ausgefallen als diejenigen der Wildpflanzen.

Bei unseren Wildstandortsböden finden wir den höchsten Aschegehalt unserer *Artemisia laxa* auf dem Boden Rote Kuh (mittlere Probe), und zwar 9,11 %. Dieser Boden besitzt von den sechs untersuchten, mit *Artemisia laxa* bewachsenen Wildstandortsböden den kleinsten Kalkgehalt, welcher ungefähr dem Kalkgehalt des Adlisberger Gneisbodens entspricht. Der Gneis lieferte bei *Artemisia laxa* folgende Mineralstoffgehalte: Ernte 1940 = 11,47 %; Ernte 1941 = 9.85 %; Ernte 1942 = 7,46 %. Der 1941er Gehalt stimmt mit dem Gehalt des Wildstandort-

bodens mehr oder weniger überein. Auf dem Boden Rote Kuh (unterste Probe) finden wir einen Aschewert von 7,68 %. Der Kalkgehalt ist wesentlich höher als auf dem Adlisberger Flyschboden, der einen Aschewert von 8,92 % zeigte. Auch dieser Wert stimmt noch einigermaßen mit demjenigen des Wildbodens überein. Der Kalkgehalt des Rhäzünser Bodens liegt etwa zwischen dem Kalkgehalt von Flysch und Sand. Die auf dem Rheinkies von Rhäzüns gewachsenen Artemisien enthielten Asche im Wert von 7,58 %. *Artemisia laxa* besitzt auf Sand 8,62 % und auf Flysch 8,92 % Asche (Ernte 1942). Vergleichen wir auf die gleiche Weise die Werte des Bodens Rote Kuh (oberste Probe) und Laucherhorn, so finden wir bei beiden Böden viel höhere Kalkgehalte als bei den Adlisberger Böden, so daß wir nicht gut eine Parallele ziehen können. Der Boden vom Cornopaß (Aschegehalt = 6,36 %) entspricht in bezug auf den Kalkgehalt etwa dem Bündnerschiefer, der im Jahre 1940 einen Aschewert von 10,01 %, im Jahre 1941 einen von 10,91 % und im Jahre 1942 einen solchen von 6,60 % aufweist. Dabei stimmt der letzte Wert wieder sehr gut mit unserem Wert für den Cornopaß überein.

Bei Artemisia laxa können wir viel weniger ein Übereinstimmen von Pflanzenasche mit dem Kalkgehalt der Böden konstatieren. Auch gilt die für die Belladonnawurzel gefundene Gesetzmäßigkeit, daß Böden mit mittlerem Kalkgehalt bei den angebauten Pflanzen meist hohe Aschegehalte liefern usw., was Wüst (132) ja auch bei seinen Versuchen erhielt, für Artemisia laxa nicht.

Vergleichen wir die Aschegehalte von *Artemisia laxa* und die *N-Gehalte* der Böden, so finden wir hier eindeutiger als bei den Belladonnawurzeln, daß *die Böden mit hohem N-Gehalt niedere Aschewerte geben und vice versa.* Ausnahmen machen die Böden Kreide und Ton, die einen hohen Stickstoffgehalt haben und auch hohe Aschegehalte geben, ferner der Bündnerschiefer mit mittlerem Stickstoffgehalt, der aschearme Artemisien erzeugt.

Zwischen dem Mineralstoffgehalt von *Artemisia laxa* und den übrigen Bodenkomponenten wie z. B. dem *p*H-, dem *Kali-, Sesquioxyd-,* P_2O_5*-Gehalt* usw., können wir keine eindeutige Beziehung finden.

c) Peucedanum Ostruthium

Bei *Peucedanum Ostruthium* liegen die Aschegehalte der Wild- und Kulturpflanzen ungefähr in derselben Größenordnung.

Der Boden *Altenorenalp* erzeugt bei der Meisterwurz einen Aschegehalt von 5,08 %. Sein Kalkgehalt ist ungefähr so hoch wie derjenige vom Adlisberger Ton. Dieser produzierte bei den angebauten Meisterwurzpflanzen im Jahre 1940 5,15 %, im Jahre 1941 3,48 % und im Jahre 1942 5,44 % Asche, also Werte, die mit dem Gehalt auf Altenorenalp gut übereinstimmen. Die auf dem *Maraner Boden* geernteten *Rhizomae*

Imperatoriae enthalten 4,01 % Asche. Der Kalkgehalt dieses Bodens liegt, verglichen mit den Adlisberger Böden, etwa zwischen dem Kalkgehalt von *Humus* und *Gneis,* die durch folgende Aschegehalte der Rhizome gekennzeichnet sind: *Humus* = 4,51 %, 4,01 %, 2,70 %, und *Gneis* = 4,77 %, 3,48 %, 3,86 %. Auch hier finden wir also ähnliche Resultate. Als nächster Wildstandortsboden käme das *Urserli,* mit einem Aschegehalt von 3,30 % und einem Kalkgehalt von der Größe des Tonbodens, an die Reihe. Aus den bereits oben angegebenen Aschewerten von *Peucedanum Ostruthium* auf Ton sehen wir, daß der Wert des Jahres 1941 von 3,48 % am besten entspricht. Als letzter Boden käme noch der *Riffelalpboden* an die Reihe. Die auf ihm gewachsenen *Peucedanum-Rhizome* weisen einen Aschegehalt von 3,17 % auf. Dem Kalkgehalt nach entspricht er etwa dem Adlisberger *Gneis.* Von den oben angegebenen Aschewerten von *Gneis* entspricht etwa derjenige von 3,48 % unserem Wert für *Riffelalp* am besten. Also auch hier scheint der Kalkgehalt des Bodens einen Einfluß auf den Aschegehalt der Pflanzen auszuüben. *Wir finden hier zwar die hohen Aschegehalte durchwegs auf Böden mit mittlerem Kalkgehalt, aber diese Böden bringen nebenbei auch Pflanzen mit mittleren und tiefen Aschegehalten hervor. Die Böden mit hohen und tiefen Kalkgehalten ergaben alle mittlere bis tiefe Aschewerte.* Also finden wir hier mehr oder weniger die gleiche Beziehung wie bei den Belladonnawurzeln.

Der *Stickstoff-, Kali-, Sesquioxyd-* und *P_2O_5-Gehalt des Bodens beeinflußte den Aschegehalt der Meisterwurz nicht.*

Ziehen wir noch einen Vergleich mit dem *p*H, so finden wir bei *Rhizoma Imperatoriae* im alkalischen wie im neutralen Milieu sowohl hohe, mittlere wie tiefe Aschegehalte, im sauren Gebiet dagegen nur mittlere und tiefe Werte.

2. Wirkstoffgehalte

a) Atropa Belladonna

Die Alkaloidgehalte der Tollkirschenwurzeln schwanken bei den Wild- und Kulturpflanzen ungefähr innerhalb derselben Grenzen. Während wir bei den Adlisberger Böden eine günstige Beeinflussung des Alkaloidgehaltes durch einen hohen *N-Gehalt* der Böden feststellen konnten, war dies bei den Wildpflanzen nicht so eindeutig der Fall.

Im allgemeinen muß man aber sagen, daß wir bei unseren Tollkirschenwurzeln sowohl bei den Wild- wie bei den Kulturpflanzen auf allen Böden verhältnismäßig recht hohe Alkaloidgehalte erhielten.

Ein hoher *Kalkgehalt* der Böden scheint für die Alkaloidbildung in den Belladonnawurzeln eher ungünstig zu sein. Eine Ausnahme macht der Boden *Stotzweid bei Horgen,* der von den Wildstandortsböden den

höchsten Alkaloidgehalt hervorbringt, trotzdem er auch den höchsten Kalkgehalt besitzt.

Noch wichtiger für die Alkaloidbildung in den Tollkirschenwurzeln ist der *Stickstoffgehalt* der Böden. So fanden wir auf den reichlich mit Stickstoff versehenen Böden, bei den untersuchten Drogen, meist hohe (Humus, Kreide, Ton, Stotzweid), selten mittlere Alkaloidgehalte (Bassersdorf, Tierfehd). Bei den Böden mit mittleren Stickstoffgehalten (Jura, Gneis, Bündnerschiefer) erhielten wir auch mittlere Alkaloidgehalte, wobei vielleicht noch interessant ist, daß die Böden Jura und Gneis, die gleichviel Stickstoff enthalten, auch Bellodonnawurzeln von gleichem Alkaloidgehalt lieferten. Auf den Böden Flysch und Sand, die durch einen niederen Stickstoffgehalt ausgezeichnet sind, erhielten wir auch die niedersten Alkaloidgehalte. Eine Ausnahme machte hier der stickstoffarme Verrucano, der eine alkaloidreiche Droge hervorbrachte, was wir aber, wie früher schon erwähnt wurde, damit erklären, daß die Entwicklung der Wurzeln auf dem Verrucano kümmerlich war und gerade solche Organe zu einer vermehrten Alkaloidbildung neigen.

Vergleichen wir die Alkaloidgehalte unserer geernteten *Radices Belladonnae* mit dem *P_2O_5-Gehalt* der Böden, so können wir erkennen, daß im allgemeinen ein hoher bis mittlerer *P_2O_5-Gehalt* der Böden die Alkaloidbildung in den Belladonnawurzeln begünstigt, während P_2O_5-arme Böden auch eher alkaloidarme Drogen bildeten.

Gerade das Umgekehrte läßt sich feststellen, wenn wir die Alkaloidgehalte unserer *Radices Belladonae* mit dem *Sesquioxydgehalt* unserer Böden vergleichen. In diesem Falle finden wir vermehrte Alkaloidbildung auf den $Fe_2O_3 + Al_2O_3$-ärmeren Böden Verrucano, Humus, Ton, Horgenberg und Bassersdorf, während z. B. die sesquioxydreichen Böden Bündnerschiefer und Rutschhang ob Tierfehd weniger Alkaloide enthielten.

Der *Kaligehalt* des Bodens hatte bei unseren Versuchen dagegen auf die Alkaloidbildung der Belladonnawurzeln keinen sichtbaren Einfluß ausgeübt.

Ebenso können wir bei den wildgewachsenen Pflanzen eine Beeinflussung des Alkaloidgehaltes durch die *Wasserstoffionenkonzentration* des Bodens nicht beobachten. Bei den Adlisberger Versuchen finden wir jedoch die höhern Alkaloidgehalte vorwiegend auf den sauren und neutralen Böden.

b) Artemisia laxa

Beim Vergleichen der Ätherisch-Ölgehalte der wildgewachsenen Pflanzen mit denjenigen von Adlisberg sehen wir, daß die Kulturpflanzen der 1942er Ernte ungefähr denselben Ätherisch-Ölgehalt aufweisen wie die Wildpflanzen, während der Gehalt von *Artemisia laxa* auf dem Adlisberg in dem Jahre 1940 am niedersten war. Im Jahre 1941 steigt

er zwar etwas an, erreicht aber erst im Jahre 1942 die normale Höhe. Wahrscheinlich brauchen diese Pflänzchen so lange, bis sie sich vom Versetzen erholt haben.

Hohe Ätherisch-Ölgehalte finden wir bei unserem Wermut fast immer auf den Böden mit tiefem bis mittlerem Kalkgehalt. Die Böden mit hohem Kalkgehalt geben zwar hie und da auch einen hohen Ätherisch-Ölgehalt, hie und da aber auch nur einen mittleren oder sogar tiefen Gehalt.

Eine strenge Beeinflussung des Ätherisch-Ölgehaltes von *Artemisia laxa* durch den *Stickstoffgehalt* der Böden ist nicht eingetreten, immerhin finden sich die höheren Gehalte doch öfters auf Böden, die reichlich mit Stickstoff versehen sind, als auf den stickstoffarmen Böden.

Der P_2O_5- und *Kaligehalt* sowie der Gehalt an *Sesquioxyden* und das *p*H haben auf den Ätherisch-Ölgehalt keinen klaren Einfluß.

Bei den Wildpflanzen ist die Streuung der Resultate der *Bitterzahlen* (80 %) beträchtlich größer als bei den angebauten Pflanzen (1940 39 %, 1941 53 % und 1942 55 %). *Die erhaltenen Bitterzahlen der Kultur- und auch der Wildpflanzen lassen sich zu keiner Bodenkomponente in eine klare Beziehung bringen.*

c) Peucedanum Ostruthium

Bei unseren Adlisberger Kulturen steigen die Ätherisch-Ölgehalte vom Jahre 1940 bis 1942 an. Die Gehalte unserer Wildpflanzen entsprechen ungefähr den Resultaten der 1941er Ernte. Wir sehen also auch hier wieder, daß die Pflanzen, sobald sie sich an die neuen Lebensbedingungen gewöhnt haben, höhere Gehalte produzieren. Außerdem machten wir die Feststellung, daß die angebaute Meisterwurz, sobald sie sich an die neuen Verhältnisse angepaßt hat, sogar bessere Ätherisch-Ölgehalte liefert als die wildgewachsene.

Die hohen Ätherisch-Ölgehalte werden vermehrt auf Böden mit hohem und mittlerem Kalkgehalt gefunden.

Eine deutliche Beeinflussung durch eine der anderen Bodenkomponenten konnte nicht festgestellt werden.

Wie Wüst (132), konnten auch wir konstatieren, daß die Behauptung von Hecht, daß der Boden im weitesten Sinne die Arzneipflanzen in ihrer gesamten Bewertung um 2,1 bis 12 % verändere, nicht richtig ist. Bei Wüst betrug die höchste Schwankung der Resultate 61,6 % (bei Althaea). Wir fanden bei der Bestimmung der azetophenonabspaltenden Alkaloide der *Herba Lobeliae* der Ernte 1944 (nicht pikierte Pflanzen) eine Streuung der Resultate zwischen dem höchsten Gehalt auf Humus und dem tiefsten Gehalt auf Verrucano, von 80 %, bezogen auf den Höchstgehalt. Bei der analogen Bestimmung der pikierten Pflanzen erhielten wir 75 % und bei der Bestimmung der pikierten Pflanzen nach der Pharmakopöe-Methode 78 %.

Die Resultate zeigen wohl eindeutig, daß auch der Boden den Gehalt der Arzneipflanzen an wirksamen Stoffen ganz beträchtlich beeinflussen kann.

VIII. Zusammenfassung

1. Die vorliegende Arbeit bezweckte, den Einfluß einiger typischer Schweizer Böden auf Wachstum, Wirkstoffbildung und Aschegehalt einiger Arzneipflanzen zu untersuchen. Dies wurde durch den Anbau der betreffenden Pflanzen auf einer Versuchsanlage, welche in ein und demselben Lokalklima neun verschiedene Bodenarten aufweist, und durch Analyse der erhaltenen Drogen zu erreichen versucht. Zum Vergleich mit den so erhaltenen Resultaten wurden von denselben Pflanzenspezies, soweit diese in der Schweiz wild wachsen, von Wildstandorten Drogen- und Bodenproben analysiert.

2. Die beim Anbau auf dem Adlisberg gemachten phänologischen Beobachtungen wurden beschrieben und in Tabellen zusammengestellt.

3. Da der Faktor « Klima » bei unserer Arbeit wegen der Erstrekkung über mehrere Jahre nicht ganz ausgeschaltet werden konnte, wurden auch die von der *Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen* während den Versuchsperioden ausgeführten meteorologischen Messungen und unsere eigenen *Temperaturmessungen* angegeben.

4. Es wurden für die neun auf dem Adlisberg angelegten schweizerischen Bodenarten die von Wüst (132) gefundenen Werte für deren Gehalt an Gesamtkalk, Kalium, Eisen, Aluminium, Phosphorsäure, Stickstoff und leicht löslichen Nährstoffen angegeben, ferner ebenso die Resultate für die Bodenreaktion und die physikalischen Eigenschaften.

5. Wir analysierten außerdem 13 verschiedene Bodenproben, die an verschiedenen Orten der Schweiz samt den darauf gewachsenen Pflanzen gesammelt wurden, auf deren Gehalt an Gesamtstickstoff, Phosphorsäure, Aluminium und Eisen, Kalk, Kali, Feinerde und Bodenskelett. Zudem stellten wir das *p*H dieser Böden fest.

6. Sämtliche Analysen der Adlisberger und Wildstandorts-Böden wurden in einer Tabelle zusammengefaßt.

7. Der Einfluß der 9 Adlisberger Böden und der 13 Wildstandortsböden auf die vegetative Entwicklung, den Asche- und Wirkstoffgehalt unserer Versuchspflanzen wurde untersucht.

Wir stellten fest:

A. Aschegehalt

a) Die Belladonnablätter sind aschereicher als die Belladonnawurzeln.

b) Tollkirschenwurzeln mit hohen Aschegehalten sind sowohl bei den Adlisberger wie bei den Wildstandorts-Versuchen vorwiegend auf Böden, die einen mittleren Kalkgehalt besitzen (Ausnahme: Verru-

cano produziert Belladonnawurzeln mit hohem Aschegehalt und hat einen niederen Kalkgehalt), während Belladonnawurzeln mit mittleren und niederen Aschegehalten von Böden mit hohem oder tiefem Kalkgehalt geliefert werden.

c) Für *Herba Artemisiae laxae* trifft diese bei *b)* für die Belladonnawurzeln gefundene Beziehung zwischen Aschegehalt der Droge und Kalkgehalt der Böden nicht zu.

d) Bei den Rhizomen und Ausläufern von *Peucedanum Ostruthium* sind zwar die hohen Aschegehalte durchwegs auf Böden mit mittlerem Kalkgehalt zu finden. Nebenbei liefern aber diese Böden auch Pflanzen mit mittleren und tiefen Aschegehalten. Die Böden mit hohen oder tiefen Kalkgehalten ergaben alle mittlere bis tiefe Aschenwerte.

e) Bei den Belladonnawurzeln und bei *Herba Artemisiae laxae* weisen die Böden mit hohem Stickstoffgehalt niedere Aschegehalte auf und vice versa. Dies gilt jedoch nicht für die Rhizome und Ausläufer von *Peucedanum Ostruthium.*

f) Die Aschegehalte der kultivierten Artemisien sind meist höher ausgefallen als diejenigen bei den wildgewachsenen Pflanzen.

g) Bei *Bergenia Delawayi* scheint der Mineralstoffgehalt mit zunehmendem Gerbstoffgehalt abzunehmen.

B. Wirkstoffgehalt

Es gelingt nicht, mit Sicherheit die Ursache der Wirkstoffschwankungen dem einen oder andern Bodenfaktor zuzuschreiben. Immerhin findet man folgendes:

a) Ein hoher *Kalkgehalt* war für die Alkaloidbildung in den Belladonnawurzeln, die Ätherisch-Ölbildung in *Artemisia laxa* und die Arbutin- und Gerbstoffbildung bei *Bergenia Delawayi* eher ungünstig, während bei *Peucedanum Ostruthium* die hohen Ätherisch-Ölgehalte vermehrt auf Böden mit hohem und mittlerem Kalkgehalt gefunden wurden.

b) *N-reiche Böden* lieferten bei *Atropa Belladonna* und *Lobelia inflata* mehr Alkaloide als N-arme. Der N-Gehalt der Böden hatte aber keinen Einfluß auf die Arbutin- und Gerbstoffbildung in den *Bergeniablättern,* die Bitterstoffbildung in *Artemisia laxa* sowie auf die Ätherisch-Ölbildung in *Artemisia laxa* und *Peucedanum Ostruthium.*

c) Böden mit hohem P_2O_5-Gehalt brachten eher alkaloidreichere *Tollkirschenwurzeln* und *Lobeliakräuter* hervor als P_2O_5-arme. Auf den Ätherisch-Ölgehalt der *Meisterwurz* und den Bitterwert von *Artemisia laxa* der Adlisberger Böden wirkte sich ein hoher P_2O_5-Gehalt eher nachteilig aus.

d) Über den Einfluß des Gehaltes der Böden an *leichtlöslichem Kalium* auf den Ätherisch-Ölgehalt können wir nichts Bestimmtes aussagen, da sich die erhaltenen Resultate zum Teil widersprechen. Für die Bildung der Alkaloide, des Gerbstoffes und des Arbutins scheint ein hoher Gehalt des Bodens an leichtlöslichem Kalium ungünstig, für die Bildung der Bitterstoffe in *Artemisia laxa* dagegen eher günstig.

e) Eine Beeinflussung des Wirkstoffgehaltes unserer Drogen durch den *Sesquioxydgehalt* der Böden läßt sich bei unseren Versuchen nur einigermaßen bei den Tollkirschenwurzeln feststellen. So konnten wir bei den Adlisberger und bei den Wildstandorts-Versuchen beobachten, daß die sesquioxydreichen Böden fast immer alkaloidarme Belladonnawurzeln produzierten und umgekehrt.

f) Eine typische Einwirkung des *p*H der Böden auf den Gehalt unserer Versuchspflanzen an Wirkstoffen, die sich im Verlaufe unserer Versuche regelmäßig feststellen ließe, konnten wir nicht beobachten.

8. Aus unserer Arbeit geht somit hervor:

a) Zum Anbau von *Atropa Belladonna* eignen sich von unseren Adlisberger Kulturböden Humus, Ton, Kreide und Bündnerschiefer gut, auch Gneis, Jura und Flysch gehen noch an. Ungünstig sind der Verrucano und der Sand.

b) Für *Lobeliakulturen* sind die Böden Humus, Ton, Bündnerschiefer und Jura, eventuell auch Kreide und Sand zu empfehlen. Abzuraten ist dagegen von Verrucano, Gneis und Flysch.

c) *Bergenia Delawayi* gedeiht am besten auf Humus, Ton und Bündnerschiefer; der Jura und Sand nehmen eine Mittelstellung ein, während die Böden Flysch, Verrucano, Gneis und Kreide eher schlecht sind.

d) *Artemisia laxa* kann auf Kreide, Jura, Sand, Ton, Gneis, Verrucano und mehr oder weniger auch auf Humus mit gutem Erfolg angebaut werden. Einzig der Flysch und der Bündnerschiefer eignen sich nicht dazu.

e) *Peucedanum Ostruthium* lieferte die beste Droge auf Ton, Gneis, Sand und Verrucano, die anderen Böden (Humus, Jura, Bündnerschiefer, Flysch und Kreide, sind für diese Pflanze nicht geeignet.

f) Der Boden kann, wie unsere Streuungen der Resultate zwischen den verschiedenen Böden beweisen, *den Wirkstoffgehalt von Arzneipflanzen ganz beträchtlich beeinflussen.* Wir erhielten Differenzen bis zu 80 % zwischen dem höchsten und dem tiefsten Gehalt (bezogen auf den höchsten Gehalt).

IX. Literaturverzeichnis

1. Atterberg: Int. Mitt. f. Bodenkunde **2,** 312—342 (1912).
2. Bänninger, A.: Untersuchungen über den Einfluß des Gebirgsklimas auf den Wirkstoffgehalt einiger Arzneipflanzen. Diss. ETH, Zürich (1939).
3. Bärner, Johannes: Einwirkung von K, N- und P-Salzen auf den Alkaloidgehalt von *Lobelia inflata.* Angew. Botanik **21,** 391 (1939).
4. Bauer, E.: Studien über die Bedeutung der Alkaloide in pharmakognostisch wichtigen Solanaceen, bes. in *Atropa Belladonna* und *Datura Stramonium.* Diss., Bern (1919).
5. Beausite, F.: Etude sur la teneur alcaloïdique de la Belladone cultivée. Diss. Uni., Paris (1919).
6. Birkeli, H.: Økologiske studier over *Mentha piperita.* Meddelelser fra Norsk Farmaceutisk Selskap. **10,** 149—162, 163—174, 178—191, 199—209 (1948).
7. Boshart, K.: Der Anbau einiger mediz. wichtiger Solanaceen. Heil-Gew.pfl. **2,** 76, 108, 121 (1918).
8. — Kulturversuche mit Stechapfel und Tollkirsche mit bes. Berücksichtigung der Schwankungen des Alkaloidgehaltes. Heil-Gew.pfl. **13,** 97—123 (1931).
9. — Über den Einfluß der Düngung auf die Qualität der Arznei- und Gewürzpflanzen. 12. Internationaler Gartenbaukongreß, Berlin, 605 (1938).
10. — Düngungsversuche mit Heil- und Gewürzpflanzen. Forschungsdienst, Sonderheft **8,** 428—431 (1938).
11. — Zur Frage der Düngung im Arzneipflanzenanbau. Pharm. Ind. **8,** 405 (1941).
12. — Der Anbau der Heil- und Gewürzpflanzen. Forschungsdienst, Sonderheft **16,** 543—549 (1942).
13. Burger, H.: Holzarten auf verschiedenen Bodenarten. Mitt. der schweiz. Zentralanstalt für das forstl. Versuchswesen, Bd. **XVI,** Heft 1 (1930).
14. Burmann, J.: Schweiz. Wschr. für Chemie und Pharm. **49,** 562 (1911).
15. Carr, F.: Der Einfluß der Kultur auf den Alkaloidgehalt der *Atropa Belladonna.* Chemist and Druggist, 14. Sept. 1912, **42.**
16. — Belladonna and Hyoscyamus, Culture Experiments in an English Herb Garden. Amer. J. Pharm., Nov. 1913, 487.
17. — and Reynolds, B.: The Variation in activity of Commercial Drugs. Pharm. J. 1908, 542.
18. Chevalier, J.: Solanaceae-Influence of Cultivation an Alcaloidal Content. C. R. Acad. Sci. **150,** 344 (1910).

18a. Court, G. Th. und Allemann, O.: Einige Erfahrungen über die Kultur von *Digitalis lanata* in der Schweiz. Pharm. Acta Helv. **18,** 369 (1943).

19. Cutler, J. V.: Nicotine and Ash Constituents of Tobacco Plants. The South Afric. Journ. of Science XXI. Ref. in Int. Agr. wiss. R. s. **I,** 909 (1925).
20. Dafert, O.: Der Einfluß der kulturellen Verhältnisse auf die Arzneipflanzen. 12. Internat. Gartenbaukongreß, Berlin, 1938, Bd. I, Sektion 9, 592.
21. — und Fuchsgelb, E.: Über die quantitative Bestimmung des Schleimes in *Althaea officinalis.* Pharm. Ztrh. **71,** 529 (1930).
22. — und Himmelbaur, W.: Düngungsversuche mit Arzneipflanzen. Die Ernährung der Pflanze **33,** 311—314 (1937).
23. — und Löwy: Untersuchungen über die Färbekraft von *Carthamus tinctorius* und den Eisengehalt des Bodens, auf dem die Pflanze wächst. Heil-Gew.pfl., Bd. **13,** 58 (1930).
24. — und Löwy, H.: Der Mangangehalt des Bodens und sein Einfluß auf die Entwicklung von *Digitalis purpurea.* Heil-Gew.pfl. **13,** 23 (1931).

25. Dafert, O., und Mauerer, J.: Versuch über den Einfluß verschiedener Düngung auf den Saponingehalt von Saponaria. Zeitschrift für das landwirtschaftl. Versuchswesen in Deutschösterreich, 86—89 (1923). Rev. in Heil-Gew.pfl. **6,** 92 (1924).
26. — und Rudolf, J.: Der Einfluß verschiedener Düngung auf die Menge der wertbildenden Stoffe bei Koriander, Anis, Kamille und Paprika. Heil-Gew.pfl. **8,** 83—92 (1925).
27. — und Scholz, R.: Düngungsversuche mit Fenchel und Kümmel. Heil-Gew.pfl. **10,** 146—149 (1928).
28. — und Siegmund, O.: Düngungsversuche mit *Datura Stramonium* und *Hyoscyamus niger*. Heil-Gew.pfl. **14,** 98—104 (1932).
29. — und Thoma, F.: Der Einfluß verschiedener Düngung auf den Gehalt des Senfs an Senföl. Heil-Gew.pfl. **4,** 150 (1922).
30. Doetsch, R.: Beitrag zur Kenntnis der Bildung von äth. Öl unter besonderer Berücksichtigung der schizogenen Exkretbehälter. Diss. ETH, Zürich (1937).
31. Dojarenko: Einfluß der Düngemittel auf den Ernteertrag der Arzneipflanzen und ihren Gehalt an wirkenden Stoffen. Bote der Landwirtschaft, **20,** 26 (1916).
32. Eby, F.H., Scholl, F.M., und Phillips, D.J.: A Study of *Datura Stramonium*. J. Amer. Pharm. Ass. **27,** 474 (1938).
33. Engi, E.: Unters. über den Einfluß der Höhenlage auf den Wirkstoffgehalt einiger kultivierter und wildwachsender Primulaarten. Diss. ETH, Zürich (1946).
34. Esdorn, J.: Unters. über den Alkaloidgehalt der *Lobelia inflata* L. in Abhängigkeit von äußern und innern Faktoren. Heil-Gew.pfl. **19,** Heft 1, 9 (1940).
35. Eymann, K.: Unters. über den Einfluß des Gebirgsklimas auf den Stoffwechsel einiger Arzneipflanzen (unter bes. Berücksichtigung der Wirkstoffbildung). Diss. ETH, Zürich (1945).
36. Fehr, H.: Unters. über die Konservierung der Wurzel von *Atropa Belladonna* L. unter bes. Berücksichtigung des Gehaltes an Hyoscyamin, Atropin und Skopolamin. Diss. ETH, Zürich (1942).
37. Fehlmann, F.: Untersuchungen über die Trocknung der offic. Umbelliferenwurzeldrogen der Ph H V. Diss. ETH, Zürich (1947).
38. Flück, H.: Sammeln und Anbauen von Arzneipflanzen. Die Grüne (Schweiz. Landw. Zeitschrift) **70,** 561 (1942).
39. Frey-Wyßling, A.: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. Zürich (1945).
40. Goris, A.: Localisation et rôle des alcaloïdes et des glucosides chez végétaux. Paris, 2e édit. 185. Le Chevalier (1914).
41. Grimme, Cl.: Über die Bestimmung von Arbutin in *Folia Uvae ursi* und deren Zubereitungen. Pharm. Ztrh. **74,** 669 (1933).
42. de Graaff, W.C.: Verslag over 1928 van het proefoeld voor geneeskruiden van de Nederlandsche Vereeniging voor geneeskruidtuinen. Utrecht (1928). Ref. in Heil-Gew.pfl. **12,** 36 (1930).
43. Guillaume, A.: Einfluß einiger Düngemittel und chem. Stoffe auf die Erntegew. und den Alkaloidgeh. bei der Kultur einer Leguminose: der Lupine. Bull. Sci. pharmacol. **35,** 347—353 (1928).
44. — L'action des engrais dans la culture des plantes médicinales à alcaloïdes. Bull. Sci. pharmacol. **38,** 168 (1931).
45. Gildemeister und Hoffmann: Die äth. Öle, III. Bd., 3. Aufl. Leipzig (1931), Seite 560.

46. Haller, H.: Contribution à l'étude de la culture en milieu synthétique de quelques plantes officinales. Etudes particulières de *Datura innoxia* Miller. Diss. Uni., Genf, 1946.
47. Hecht, W.: Zur Düngerfrage der Kamille. Heil-Gew.pfl. **5,** 33 (1922).
48. — Versuche zur Erforschung der Ursachen der Gehaltsschwankungen bei Arzneipflanzen. Heil-Gew.pfl. **14,** 15 (1931).
49. — Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen. Graz (1948).
50. Heine: Berichte der Lehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau in Berlin-Dahlem für das Rechnungsjahr 1928 und für das Jahr 1929.
51. Herzog, J., und Krohn, D.: Über die Inhaltsstoffe der *Rhiz. Imperatoriae.* Arch. Pharm. **247,** 553 (1909).
52. Hiltner, L., und Boshart, K.: Düngungsversuche mit Stechapfel. Heil-Gew.pfl. **6,** 1 (1923).
53. Himmelbaur, W., Dietz, R., und Bojko, E.: Das Wachstum von Arzneipflanzen auf Böden mit verschiedenem Kalkgehalt. IVe Congrès international des plantes médicinales et des plantes à essences. Paris (1931).
54. Huter, R.: Die Stickstoffernährung der Tabakpflanze. Diss. ETH, Zürich (1947).
55. Hegi, G.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. VI, 1. Hälfte, 67, München (1906).
56. James, W. O.: Nature (London) **158,** 654—656 (1946).
57. Jaretzky, R.: Lehrbuch der Pharmakognosie. Berlin (1937).
58. — und Bereck: Die intraplasmatischen Vorgänge usw. bei Ophrydeen. Arch. Pharm. **276,** 27 (1938).
59. — und Ulbrich, H.: Die intraplasmatischen Vorgänge bei der Schleimbildung in den Samen von *Linum usitatissimum* L. und in den Wurzeln von *Althaea officinalis.* Arch. Pharm. **272,** 796 (1934).
60. Klan, Zd.: Über den Einfluß von Düngemitteln auf den Alkaloidgehalt der Blätter von *Hyoscyamus niger.* Heil-Gew.pfl. **13,** 122 (1930/31).
61. Klein, G.: Handbuch der Pflanzenanalyse **1,** 558 (1933).
62. Kramer: Zit. von Guillaume, ohne nähere Angaben. Siehe unter Nr. 44.
63. Krüger, K.: Die Wirkung stickstoffhaltiger Düngemittel auf den Wert des Pflanzgutes und die Zusammensetzung der Kartoffel bei vier verschiedenen Bodenarten. Landwirtschaftl. Jahrbuch **66,** 781 (1927).
64. Kuhn, A., und Schäfer, G.: Die Analyse des Alkaloidgemisches in *Atropa Belladonna.* Dtsch. Apoth.Ztg. **53,** 405—407 (1938).
65. Limbach, R., und Boshart, K.: Der Anbau von Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen, 123 (1939).
65a. Märki, W.: Vgl. Unters. an *Extr. Belladonnae,* unter Berücksichtigung des Geh. an Hyoscyamin, Atropin und Scopolamin. Diss. ETH, Zürich (1945).
66. Mascré, M., et Génot, H.: Expériences culturales sur la lobélie (*Lobelia inflata).* Bull. Sci. pharmacol. **39,** 165—172 (1932).
67. — — Nouvelles expériences sur la culture de la lobélie (*Lobelia inflata*). Bull. Sci. pharmacol. **40,** 453 (1933).
68. Maurin, E.: Quelques essais de culture du *Datura Stramonium.* Variations de sa richesse alcaloïdique sous l'influence de certains engrais chimiques. Bull. Sci. pharmacol. **32,** 75 (1925).
69. — Variations de la richesse alcal. du grenadier sous l'influence de certains agents chimiques. Bull. Soc. Bot. France **75,** 280—282 (1928).
70. Mayer, C.: Zur Frage der Düngung im Arzneipflanzenanbau. Pharm. Ind. **9,** 169—170 (1942).
71. Meier, P.: Untersuchungen über den Einfluß der Höhenlage auf den Gehalt und den Ertrag einiger Arzneipflanzen. Diss. ETH, Zürich (1940).

72. Meyer, O.: Untersuchungen über den Einfluß der Höhenlage auf den Gehalt von Arzneipflanzen an Inhaltsstoffen, unter Berücksichtigung der äth. Öle. Diss. ETH, Zürich (1936).
73. Miller, F. A.: The Improvement of Medicinal Plants. J. Amer. Pharm. Ass., June (1913).
74. — The Influence of Soil Composition on Medicinal Plants. The Lilly Scientific Bulletin, Ser. I, No. 6, 219 (1915).
75. — Breeding medicinal plants. Amer. J. Pharm. **85,** 291—301 (1913).
76. Mitlacher, W.: Über Kulturversuche mit Arzneipflanzen in Korneuburg. Mitteilungen des Komitees zur staatlichen Förderung der Kultur von Arzneipflanzen in Österreich, Nr. 5, 5 (1911).
77. Moritz, O.: Untersuchungen über Arbutinpflanzen. I. Vergleichende pharmakochemische Untersuchungen an *Arctostaphyllos uva ursi* und Bergeniaarten. Dtsch. Apoth.Ztg. **53,** 653 (1938).
78. — Einführung in die allgemeine Pharmakognosie. Jena (1936).
79. Moßler, S.: Über den Einfluß verschiedener Kulturbedingungen auf das ätherische Öl von *Mentha piperita.* Pharm. Post **45,** 2 (1912).
80. Mothes, K.: Pflanzenphysiologische Untersuchungen über die Alkaloide des Nikotins im Stoffwechsel der Pflanzen. Planta (1928).
81. Newton, J. D.: Soil Science **15,** 181 (1923).
82. Pallmann, H., Eichenberger, E., und Hasler, A.: Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen oder bodenkundlichen Untersuchungen. Ber. schweiz. bot. Ges. **50,** 337 (1940).
83. — und Schindler, K.: Beeinflußt die Düngung den Solaningehalt der Kartoffeln (insbes. hohe N- und K_2O-Gaben). Schweiz. Landw. Mh. **20,** 21 (1942).
84. Parnas: Bestimmung des Gesamtstickstoffs. Z. analyt. Chem. **114,** 261 (1938).
85. Parker, F. W., und Truog, E.: Soil Science **10,** 49 (1920).
86. Pater, B.: Über den Standort der Tollkirsche. Heil-Gew.pfl. **13,** 72 (1931).
87. — Über die Kultur des Bilsenkrautes. Berichte über das Arzneipflanzenversuchsfeld der landwirtschaftlichen Akademie in Kolozsvar, Heft III, 3 (1918).
88. — Neuere Erfahrungen über die Kultur des Bilsenkrautes. Pharm. Mh. 1 (1922).
89. — Weitere Versuche mit dem Bilsenkraut. Heil-Gew.pfl. **7,** 144 (1925).
90. Potlog, A. S.: Der Einfluß von Kunstdünger auf den Ertrag und die Qualität des Kümmels. Heil-Gew.pfl. **18,** 19—21 (1938).
91. — Versuche mit Arzneipflanzen. Heil-Gew.pfl. **19,** 59 (1940).
92. Prasad, S.: *Hyoscyamus niger* L. — The influence of Fertilizers on the growth and alcaloidal content of. J. Amer. Pharm. Ass. **35,** 121 (1946). Pharm. Abstr. **12,** 315 (1946).
93. Rabak: U. S. Dep. Agric. Bulletin No. 454, Washington (1916).
94. Ramann, E.: Bodenkunde. Berlin (1920).
95. Ransom, F., and Henderson, G.: The effect of cultivation and fertilizers on the growth of the plant and its alcaloidal content. Chemist and Druggist **81,** 432—434, 443—445 (1912).
96. — — Proceedings 8th International Congress of Applied Chemistry, 62 (1912).
97. Rjabinovsky, Lepnova, Pehoto, Kiriltzeva and Popova: Fertilizer Experiments with Medicinal and Aromatic Plants. Bull. of Medicinal and Technical Plants. II. Simferopol (1934), 58—63.
98. Robinson, G. W.: Soils, Their Origin, Constitution and Classification. London (1936).

98a. Rosenthaler, L.: Der Amygdalingehalt der Aprikosen- und Pfirsichkerne. Ber. dtsch. Pharm. Ges. 240 (1922).
99. Russell, E. J.: Boden und Pflanze. Dresden und Leipzig (1936).
100. Ruckstuhl, O.: Beiträge zur Wertbestimmung alkaloidhaltiger Arzneidrogen. Diss. ETH, Zürich, 55 (1944).
101. Rutschkin, W. N.: Trocknungsvermögen von Leinöl aus Samen verschiedenen Reifegrades. Biochim. **3,** 628 (1938).
102. Sabalitschka und Jungermann: Über den Solaningehalt der Kartoffel, insbesondere seine Beziehung zur N- und Kalidüngung. Pharm. Ztg. **70** (1925).
103. — — Der Einfluß von Kulturmaßnahmen auf den Gehalt der angebauten Arzneipflanzen an medizinisch wirksamen Stoffen. S. A. Z. **66,** 661 (1928).
104. Salgues, R.: Einfluß verschiedener Düngemittel auf die Beschaffenheit und den Gehalt an wirksamen Stoffen bei mehreren Heilpflanzen und Äth.-Ölpflanzen. 12. Internationaler Gartenbaukongreß, Sektion 9, 636, Berlin (1938).
105. Sandfort, E.: Über die Ursachen der Schwankungen im Alkaloidgehalt bei *Datura Stramonium.* Angew. Botanik **22,** 1—52 (1940).
106. Schenker, E.: Studien über die Bestimmung des äth. Öles in Arzneidrogen und Gewürzen. Diss. ETH, Zürich (1933).
107. Schweiz. landw. Versuchsanstalten: zit. von Wiegner-Pallmann, Nr. 130.
108. Sievers, F.: Individual variation in the alcaloidal content of Belladonna plants. Journ. of agricultural research, Vol. 1, No. 2 (1913).
109. Späth, E.: Die natürlichen Cumarine. Ber. dtsch. chem. Ges. **70,** 83 (1937).
110. — und Christiani, A.: Über pflanzliche Fischgifte, 7. Mitt.: Die Konstitution des Ostruthols. Ber. dtsch. chem. Ges. **66,** 1150 (1933).
111. — und Holzen, H.: 5. Mitt.: Die Konstitution des Imperatorins. Ber. dtsch. chem. Ges. **66,** 1137 (1933).
112. — und Kahovec, L.: 6. Mitt.: Die Konstitution des Isoimperatorins. Ber. dtsch. chem. Ges. **66,** 1146 (1933).
113. — und Klager, K.: 4. Mitt.: Die Konstitution des Oxypeucedanins. Ber. dtsch. chem. Ges. **66,** 914 (1933).
114. — — 12. Mitt.: Die Konstitution des Ostruthins. Ber. dtsch. chem. Ges. **67,** 859 (1934).
115. — Klager, K., und Schlösser, C.: Über die Konstitution von Peucedanin und Oreoselon. Ber. dtsch. chem. Ges. **64,** 2203 (1931).
116. — und Pesta, O.: 3. Mitt.: Die Konstitution des Osthols. Ber. dtsch. chem. Ges. **66,** 754 (1931).
117. — und Socias, L.: 8. Mitt.: Bergaptol. Ber. dtsch. chem. Ges. **67,** 59 (1934).
118. Springer, R.: Pfefferminze, Pfefferminzöl und die Abhängigkeit der Inhaltsstoffe von Wachstum und Erntebedingungen. Bot. Arch. **39,** 102 (1937).
119. Strasburger, E.: Lehrbuch der Botanik, Jena (1931), 18. Auflage, 170.
120. Torricelli, A.: Alkaloidgehalt der verschiedenen Organe von *Atropa Belladonna.* Pharm. Acta Helv. **7,** 20—24 (1932).
121. Tschitschibabin, A., Kirssanow, A., und Rudenko, M.: Über nichtgerbende Substanzen des Extraktes aus dem Wurzelstock des Badans (*Saxifraga crassifolia*). Ann. Chem. **479,** 303 (1930).
122. Tunmann, O.: Über den praktischen Wert der Düngung auf den Alkaloidgehalt der Solanaceae. Pharm. Post **52,** 395 (1919).
122a. Uffelie, O. F.: Lobelinbestimmung in *Hba. Lobeliae* durch die Azetophenonmethode. Pharm. Weekbl. **81,** 41 (1946).

123. United States Department of Agriculture: Soils and Men, Yearbook of Agriculture (1938).
124. Vreven, S., et Schreiber, C.: De l'influence des éléments nutritifs essentiels sur la croissance et sur la teneur en alcaloïdes totaux de l'*Atropa Belladonna*. Ann. Pharm. de Louvain, 97 (1911).
125. Wagner: Bestimmung des Gesamtstickstoffs. Z. analyt. Chem. **111,** 397 (1937/38).
126. Walther, K.: Biologie und Systematik der kleinen Bibernelle (*Pimpinella saxifraga*). Dtsch. Heilpfl. **4,** 51 (1937).
127. Wasicky, R.: Physio-Pharmakognosie, 55. Wien (1932).
127a. — Leitfaden für die pharmakogn. Unters. im Unterricht und in der Praxis. Leipzig und Wien (1936).
128. — und Hoertlehner, H.: Über den Einfluß von Cu und Fe auf die Bildung der herzwirksamen Glykoside in den Blättern der *Digitalis purpurea*. Biochem. Z. **293,** Heft 5—6 (1937), Sonderabdruck.
129. Weisflog, G.: Untersuchungen über einige arbutinhaltige Arzneidrogenpräparate. Diss. ETH, Zürich (1944).
130. Wiegner-Pallmann: Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. 2. Aufl., 129, Berlin (1938).
131. — — Abt. II. Komm. Inter. Bodenk. Ges., Budapest **92** (1929). Ergebnisse der Agrikulturchemie **2,** 1—37 (1930).
132. Wüst, A.: Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Schweizer Böden auf den Ertrag und Gehalt einiger Arzneipflanzen. Diss. ETH, Zürich (1940).
133. Zäch, C.: Zur Bestimmung der ätherischen Öle in Gewürzen, die Bestimmung des ätherischen Öles durch Chromsäureoxydation. Mitt. Lebensmittelunters. Hyg. **22,** 72 (1931).
134. Zechner, L.: Eine Methode zur quantitativen Bestimmung des Arbutins. Pharm. Mh. **10,** 169, 194 (1929).