

Zeitschrift:	Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse
Herausgeber:	Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band:	60 (1950)
Artikel:	Untersuchungen über die jahreszeitlichen Schwankungen des Rohfaser- und Ligningehaltes einiger Blatt- und Krautdrogen
Autor:	Schneider, Richard
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-42130

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: 30.12.2025

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

Untersuchungen über die jahreszeitlichen Schwankungen des Rohfaser- und Ligningehaltes einiger Blatt- und Krautdrogen

Von *Richard Schneider*

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

Eingegangen am 3. März 1950

	Inhaltsverzeichnis	Seite
A. Allgemeiner Teil		245
I. Einleitung und Problemstellung		245
II. Die Begriffe Rohfaser und Lignin und die Bestimmungsmethoden dieser Stoffe		248
III. Die Entwicklung der Zellwand und der Verholzung		253
IV. Der Einfluß von Außenfaktoren auf die Zellulose- und Ligninbildung		254
V. Die Niederschläge der Jahre 1946 bis 1948		256
B. Spezieller Teil		257
I. Die untersuchten Pflanzen		257
A. Wildpflanzen		262
B. Kultivierte Pflanzen		262
C. Sammelzeiten		264
D. Zusammensetzung des Materials		265
E. Behandlung des Materials		266
III. Die angewandten Bestimmungsverfahren		267
A. Rohfaserbestimmung		267
B. Ligninbestimmung		268
C. Gerbstoffbestimmung		271
D. Schleimbestimmung		273
E. Bestimmung des Wassergehaltes		275
F. Aschebestimmung		276
IV. Resultate der Gehaltsbestimmungen		276
A. Wassergehalt der Frischpflanzen		276
B. Wassergehalt der lufttrockenen Pflanzen		277
C. Aschegehalt		281
D. Rohfasergehalt		286
E. Ligningehalt		292
F. Gerbstoffgehalt		296
G. Schleimbestimmungen		299
V. Mikroskopische Untersuchungen		303
VI. Die Bedeutung der Resultate für die Drogennormierung		308
VII. Zusammenfassung		312
Literaturverzeichnis		313

A. Allgemeiner Teil

I. Einleitung und Problemstellung

Der Wert einer Arzneipflanze hängt weitgehend vom richtigen Erntemoment ab. Dieser Moment ist erreicht, wenn die Droge ein Maximum an Wirkstoffen enthält. Für die Wirkung ist aber nicht nur die Gesamtwirkstoffmenge von Bedeutung, sondern auch ihre Zusammensetzung. So ist zum Beispiel bei *Datura Stramonium* L. ein möglichst großer Anteil von Scopolamin an den Gesamtalkaloiden erwünscht und bei *Lobelia inflata* L. viel Lobelin gegenüber den anderen Alkaloiden.

Wir sind aber über die prozentuale Zusammensetzung der Wirkstoffe zu verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanzen noch zu wenig orientiert, und für die Festlegung des Erntezeitpunktes spielen meist noch andere Momente eine Rolle. So ist bei Blüten- und Fruchtdrogen dieser Zeitpunkt weitgehend durch die natürliche Entwicklung der Pflanzen gegeben. Wurzeln und Rhizome werden von wildwachsenden Pflanzen der besseren Erkennung wegen, von angebauten des höheren Ertrages an Rohdroge wegen meist im Herbst gewonnen. Rinden erntet man in der Regel im Frühling, weil zu dieser Jahreszeit der starke Saftfluß das Ablösen der Droge stark erleichtert. Blätter und Kräuter hingegen könnten während der ganzen Vegetationsdauer geerntet werden. Es ist indessen zu erwarten, und die Erfahrung hat für eine Reihe von Drogen bewiesen, daß auch Blätter und Kräuter zu einem gewissen Zeitpunkte am meisten Wirkstoffe enthalten. Im allgemeinen ist dies während oder kurz vor der Blütezeit der Fall, was in den Ernevorschriften der Pharmakopöen berücksichtigt wird. So verlangt zum Beispiel die Ph.H. V für *Folium Belladonnae* das bei Blütezeit gesammelte Blatt, und ebenso müssen nach ihr die meisten Krautdrogen zur Blütezeit gesammelt werden.

Diese Vorschriften sind zum Teil ohne wissenschaftliche Grundlagen und nur aus gutem Glauben oder Analogieschlüssen aufgestellt worden. Vielfach sind sie richtig, oft beweisen aber experimentelle Nachkontrollen, daß sie nicht ganz zutreffen. So fand Brunner (1) für Potentilla-Arten und Schultheß (2) für Geum- und Sieversia-Arten, daß vor dem Aufblühen geerntete Drogen höhere Gerbstoffgehalte aufweisen als während oder nach der Blütezeit gesammelte.

Für den Drogenhandel wäre es daher wichtig, Methoden zu besitzen, die erlaubten, auch nachträglich noch den Erntemoment der Drogen zu bestimmen. Bei den meisten Drogen ist es in getrocknetem Zustand aber schwer, wenn nicht gar unmöglich, festzustellen, in welchem Zeitpunkt sie geerntet wurden. Um aber trotzdem möglichst wirksame Drogen zu garantieren, und auch zur Feststellung von Verfälschungen,

lassen die Pharmakopöen die Drogen auf ihren Wirkstoffgehalt prüfen, sofern diese Stoffe bekannt sind, und stellen dafür Minimalforderungen auf. Bei sehr vielen Pflanzen sind aber die Inhaltsstoffe und Wirkstoffe noch zu wenig genau bekannt, als daß sie chemisch bestimmt werden könnten, oder die Wirkungsweise ist entweder zu wenig genau bekannt oder oft zu komplex, als daß eine biologische Wertbestimmung in Frage käme.

Trotzdem ist es auch für diese Pflanzen wichtig, daß sie normiert werden. Die Ph.H. V lässt deshalb die Drogen auf Aussehen, Farbe, Geruch und Geschmack prüfen. Bei den meisten Drogen wird auch die Bestimmung des Aschegehaltes und des in Salzsäure unlöslichen verlangt. Die gleichen Punkte verlangt die Graaf (3) für die Normierung der Drogen. Bei diesen Prüfungen lassen sich aber nur die gröbsten Verunreinigungen und Verfälschungen feststellen. Es wird deshalb auch noch die mikroskopische Prüfung verlangt zur Feststellung der Identität der Drogen, wobei heute immer verfeinerte Methoden vorgeschlagen werden wie Stomata-Index, Palisade-Ratio usw.

Zur Feststellung von Verfälschungen dient auch die von Pey er und Rosenthal (4) verlangte Bestimmung der Rohfaser und der Zellulose-, Oxalat- und Silikatindex nach Duquennois (5).

Alle diese Methoden gehen darauf aus, die Reinheit einer Droge festzustellen. Hingegen sagen sie nichts aus über den therapeutischen Wert, der eben bei den Wirkstoffen liegt. Die Bestrebungen für die Drogennormierung haben daher in erster Linie auf die Erfassung dieser Stoffe und auf die Festlegung des Zeitpunktes des höchsten Gehaltes auszugehen. Falls die Wirkstoffe genügend bekannt sind, kann dieser Moment durch deren quantitative Bestimmung ziemlich leicht festgestellt werden.

Bei Unkenntnis oder ungenügender Kenntnis der Wirkstoffe hingegen wurde bisher der Erntezeitpunkt rein erfahrungsmäßig festgelegt, und die Ansichten über den günstigsten Moment gehen zum Teil auseinander. So verlangt zum Beispiel der Drogenhandel von *Alchemilla vulgaris* L. und *Alchemilla alpina* L., daß sie im Frühling oder Vorsommer geerntet werden, während in den verschiedenen Kräuterbüchern, zum Beispiel Pfr. Künzles großem Kräuterbuch, der ganze Sommer als Erntezeit angegeben wird. Der Drogenhandel stellte diese Forderung in der wissenschaftlich unbegründeten Meinung auf, daß im Laufe des Jahres eine starke Verholzung eintrete, wodurch der Wert der Droge abnehme.

Es war nun diese Forderung, die uns bewog, die vorliegende Arbeit zu unternehmen. Wir haben uns dabei die Aufgabe gestellt, an Hand einiger Pflanzen festzustellen, wie stark die Verholzung und der Rohfasergehalt im Laufe der Vegetationsperiode variiert und ob es allenfalls

möglich sei, an Hand dieser Merkmale den Zeitpunkt der Ernte der Pflanzen zu ermitteln.

Vorarbeiten sind unseres Wissens in dieser Richtung an Drogen noch keine gemacht worden. Hingegen wurde schon bei vielen Futterpflanzen die Änderung des Ligningehaltes bei fortschreitender Entwicklung untersucht. So fanden zum Beispiel Phillips und Mitarbeiter (6) bei verschiedenen Gramineen vom Junggras bis zur Schnittreife eine Zunahme des Lignin- und Zellulosegehaltes, die bei Timothebras für Lignin von 5,81 bis 8,52 % und für die Rohzellulose zwischen 24,9 und 32,9 % schwankten. Auch andere Autoren kamen zu gleichen Feststellungen. Doch wurde noch von niemandem versucht, den Ligningehalt und den Rohfasergehalt der Pflanzen in Zusammenhang zu bringen mit dem Alter der Pflanzenorgane.

Für unsere Arbeit haben wir Pflanzen gewählt, deren Wirkstoffe wir z. T. kennen, dabei aber nicht sicher sind, ob sie für die Wirkung allein verantwortlich sind oder ob noch andere, bisher unbekannte Stoffe daran beteiligt sind. Es erschien uns daher interessant, den Rohfaser- und Ligningehalt im Zusammenhang mit den bekannten Wirkstoffen zu betrachten. Denn es wäre ja möglich, daß die Verholzung oder die Zellulosemenge zunimmt, die Wirkstoffe aber ebenfalls, so daß die stärker verholzte Droge trotzdem wirksamer wäre. In diesem Falle stellt sich allerdings die Frage, ob die Wirkstoffe aus der älteren, stärker verholzten Droge ebensogut extrahiert werden können wie aus der jüngeren. Dieses Problem überschreitet aber den Rahmen unserer Arbeit und wurde daher nicht weiter verfolgt.

Ferner war es interessant, das Verhalten des Aschegehaltes während des Alterns von Pflanzenorganen zu studieren. Daneben bestand aber auch die Möglichkeit, daß aus dem Aschegehalt auf den Pektin gehalt geschlossen werden könnte. Das Pektin aber wird von verschiedenen Autoren (Moritz [7], Lüdtke [8]) als Ausgangsstoff für das Lignin angegeben. Wir bestimmten deshalb auch bei allen untersuchten Mustern den Aschegehalt.

Um die gestellten Fragen möglichst eingehend zu bearbeiten, wählten wir fünf Pflanzen, und zwar die beiden Gerbstoffdrogen

Alchemilla vulgaris L. sens. lat.

Alchemilla alpina L. sens. lat.

und die drei Schleimdrogen

Plantago lanceolata L.

Plantago alpina L.

Tussilago Farfara L.

Es sind dies Drogen, die besonders in der Volksmedizin recht häufig gebraucht werden. Wir bestimmten an ihnen den Gehalt an Asche,

Lignin und Rohfaser und bei den *Alchemilla*-Arten die Gerbstoffe und bei den anderen den Schleim.

Um den Resultaten möglichst Allgemeingültigkeit zu verleihen, mußten wir auch den verschiedenen Faktoren, die die Lignin-, Zellulose- und Wirkstoffbildung beeinflussen können, wie Bodenunterlage, Witterung, Höhenlage, genetische Abstammung der Pflanzen usw. Rechnung tragen. Wir beschafften uns daher für unsere Untersuchungen Pflanzen verschiedener Herkunft. Daneben versuchten wir auch kultiviertes Material zu erhalten, das unter gleichen Witterungsbedingungen, aber verschiedenen Böden gewachsen war. Die letzten Versuche mißlangen aber zur Hauptsache, wie wir später zeigen werden.

II. Die Begriffe Rohfaser und Lignin und die Bestimmungsmethoden dieser Stoffe

Der Begriff der *Rohfaser* kommt von der Lebensmittel- und Futtermittelchemie her. Dort verstand man ursprünglich darunter das « Unverdauliche », den für die Ernährung unbrauchbaren Rückstand. Im Laufe der Zeit näherte sich der Rohfaserbegriff infolge verschiedenartiger Bestimmungsweise immer mehr dem des Rohzellulosebegriffes und wird heute als solcher weitgehend gebraucht zur Beurteilung von Lebens- und Futtermitteln. Der Rohfaserbegriff bleibt aber auch heute noch etwas ungenau Definierbares, da wir noch kein einheitliches und eindeutiges Verfahren zu ihrer Bestimmung haben. Die mit den heutigen Bestimmungsmethoden erhaltene Rohfaser ist nämlich ein Gemisch von Zellulose und anderen Zellwandbestandteilen wie Pentosanen, Hemizellulosen, Lignin usw. Zudem lassen sich die mit den verschiedenen Methoden erhaltenen Werte nicht ohne weiteres vergleichen. Bei Rohfaserbestimmungen ist es deshalb stets notwendig, das Bestimmungsverfahren anzugeben.

Trotz dieser unklaren Definition können wir die Rohfaser auch zur Beurteilung von Drogen gebrauchen. Ihre Menge ist nämlich für eine Pflanzenart ziemlich konstant, mindestens im gleichen Entwicklungszustand. Treten daher größere Abweichungen vom Mittelwert auf, so sind diese auf die Beimischung von anderen Bestandteilen zurückzuführen. Gerade zur Feststellung solcher Verunreinigungen und Verfälschungen gebrauchen wir den Rohfaserwert auch in der Pharmakognosie. Wir können zum Beispiel bei Drogen, bei denen keine Stengelanteile zugelassen sind, wie Fol. *Menthae*, Fol. *Uvae ursi* usw., mit Hilfe des Rohfaserwertes eine Beimischung von Stengelanteilen ziemlich genau feststellen (Peyer und Rosenthal, l. c.).

Bei unseren Versuchen handelte es sich darum, festzustellen, wie stark sich der Rohfaserwert im Laufe der Vegetationsperiode ändert. Beim Wachstum der Pflanze vergrößert sich wohl die absolute Zellulose-

menge, ob sich dabei aber auch die relative Menge, wie sie der Rohfasergehalt ausdrückt, ändert, ist noch nicht genügend bekannt. Ist dies der Fall und ist der Grad der Änderung mehr oder weniger konstant, so sollte es möglich sein, schon an Hand des Rohfaserwertes das ungefähre Alter der Pflanze abzuschätzen.

Für die Bestimmung der Rohfaser sind bis heute eine große Anzahl von Methoden bekannt. Davon sind aber nur drei zu praktischer Bedeutung gelangt, nämlich

1. das sog. *Weender-Verfahren* von Henneberg und Strohmann (9),
2. die Glyzerin-Schwefelsäure-Methode nach König (10),
3. das Trichloressigsäure-Salpetersäure-Essigsäure-Verfahren nach Scharrer-Kürschnér (11).

Die meisten übrigen Verfahren sind Abänderungen eines dieser drei genannten.

Allen diesen Methoden ist gemeinsam, daß sie durch Einwirkung von Säuren, zum Teil kombiniert mit Oxydationsmitteln, die Zellulosebegleitsubstanzen herauslösen. Das am meisten gebrauchte Bestimmungsverfahren ist das Weender-Verfahren. Man kocht dabei das Pflanzenmaterial abwechselungsweise mit verdünnter Schwefelsäure und verdünnter Kalilauge, wodurch die Zellulosebegleitsubstanzen weitgehend entfernt werden. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt aber beim zweimaligen sehr mühsamen Filtrieren der Aufschlußlösungen, wodurch für eine Bestimmung sehr viel Zeit gebraucht wird.

König führte daher ein anderes Verfahren ein, wobei mit wenig schwefelsäurehaltigem Glyzerin entweder am Rückflußkühler oder unter Druck gekocht wird. Aber auch dieses Verfahren ist zeitraubend und bietet keine wesentlichen Vorteile.

Beide Verfahren geben Rohfasern, die den heutigen Anforderungen nicht mehr entsprechen, da sie in der Zusammensetzung schwanken, und zudem stimmen sie schlecht überein. Der Grund liegt darin, daß bei diesen Verfahren auch die Zellulose mehr oder weniger angegriffen wird und in Oxyzellulose und andere zum Teil sogar wasserlösliche Abbauprodukte umgewandelt wird. Und auch die Zellulosebegleitsubstanzen werden nicht völlig entfernt, sondern zum Teil bleiben sie in humifiziertem, polymerisiertem oder anderweitig verändertem Zustand in der Rohfaser, wie das aus den vielfach dunklen Färbungen der Präparate hervorgeht.

Aus diesen Gründen wurden schon früh andere Verfahren versucht, vor allem solche, die mit Salpetersäure arbeiten. So führte von Fellenberg (12) ein solches Verfahren ein, das gut brauchbare Resultate gab. Später änderten dann Kürschnér und Hanak (13) das Verfahren ab durch Anwendung eines Salpetersäure-Essigsäure-Gemisches.

Sie erreichten dadurch eine in kurzer Zeit fast reine Zellulose. Durch Zusatz von Trichloressigsäure, wie dies Scharrer und Kürschner (l. c.) vorschlugen, wurde diese Methode noch verbessert. Die nach dieser letzten Art gewonnene Rohfaser ist praktisch ligninfrei, enthält aber noch zirka 5 bis 6 % Pentosane, die sich nur schwer entfernen lassen, da sie aller Wahrscheinlichkeit nach fester an die Zellulose gebunden sind (Kürschner [14]). Diese Restpentosane geben der Rohfaser ein strohgelbes Aussehen.

Das letzte Verfahren hat neben der kurzen Zeit für die Ausführung den Vorteil, daß es gut reproduzierbare Werte gibt auch bei Ausführung durch verschiedene Personen. Die Wahl dieses Verfahrens erschien uns daher für unsere Untersuchungen angezeigt. Im speziellen Teil geben wir eine genaue Beschreibung der Arbeitsweise.

Den Begriff *Lignin* prägte 1857 Schulze, der darunter den Nichtzelluloseanteil der verholzten, von akzessorischen Beimengungen mehr oder weniger gereinigten Pflanzenfaser verstand. Er bezeichnete mit dem Namen Lignin den Anteil des Holzes, der durch Behandlung mit einem Salpetersäure-Kaliumchlorat-Gemisch in Lösung geht. Mit der Zeit wurde aber erkannt, daß dieser Anteil noch einen erheblichen Anteil von Kohlehydraten enthält. Als Folge davon ergab sich eine Einschränkung des Ligninbegriffes vom Nichtzellulose-Anteil auf den Nichtkohlehydrat-Anteil der verholzten Zellmembran. 1890 erkannten dann Benedikt und Bamberg, daß die verholzte Membran und vor allem das Lignin einen relativ hohen Methoxylgehalt besitzt. Anfangs dieses Jahrhunderts fand man, daß Lignin als unhydrolysierbarer Rückstand zurückbleibt bei der Behandlung von Holz mit starken Mineralsäuren. In der Folge wurde dann das Lignin definiert als der bei der Behandlung von Holz mit konzentrierten Mineralsäuren zurückbleibende, unhydrolysierbare Rückstand, der gekennzeichnet ist durch hohen Kohlenstoff- und Methoxylgehalt und durch die Abwesenheit von Stickstoff. Die chemische Konstitution des Lignins ist trotz vieler Arbeiten bis heute noch nicht zufriedenstellend geklärt. Man weiß, daß die Lignine verschiedener Herkunft verschieden zusammengesetzt sind. Immerhin konnten als allen gemeinsame Grundsubstanz Körper vom Typus des Phenylpropans gefunden werden, in erster Linie Coniferyl-, Syringa-, Vanillin- und Guajacyl-Derivate. Die Lignine selbst werden heute als hochpolymere Körper dieser Grundstoffe angesehen, die stickstofffrei sind, aber Methoxylgruppen enthalten (15).

Dieser Auffassung über das Lignin steht die Ansicht von Hilpert und Mitarbeitern (16) gegenüber, die die Existenz des Lignins in der Pflanze bezweifeln. Sie betrachten das Lignin vielmehr nur als ein Reaktionsprodukt, das beim Aufschluß des holzigen Materials aus den Kohlehydraten entstehe.

Für den Nachweis von Lignin in einem Pflanzenteil benutzt man meist die Färbung mit Phloroglucin-Salzsäure. Es hat sich nämlich gezeigt, daß diese Reaktion sehr spezifisch ist, indem in Pflanzenteilen, die diese Reaktion ergeben, auch chemisch Lignin nachgewiesen werden kann, wie dies an etiolierten Kartoffelkeimlingen gezeigt wurde (Kratz [17]). Über die Spezifität auf Lignin der anderen Holzreagenzien wie Anilinsulfat, Benzidin, Kaliumpermanganat usw. herrscht hingegen noch weniger Klarheit.

In unserer Arbeit verstehen wir unter Lignin diejenige Zellwandsubstanz, die bei der Behandlung der Pflanzen mit Phloroglucin-Salzsäure Rotviolett-Färbung ergibt und die beim Aufschluß mit konzentrierter Schwefelsäure als unlöslich zurückbleibt.

Bei der quantitativen Bestimmung des Lignins bestehen die gleichen Schwierigkeiten wie bei der Rohfaserbestimmung, nur in entgegengesetztem Sinn. Handelt es sich bei der Rohfaser darum, die Zellulose von den Begleitsubstanzen zu befreien, so müssen beim Lignin die Zellulose und anderen nichtligninartigen Bestandteile der Zellwand entfernt werden. Erschwert wird diese Arbeit dadurch, daß wir den chemischen Aufbau des Lignins noch zu wenig kennen, um eine eindeutige Abtrennung festzustellen.

Aus diesen kurzen Darlegungen ist ersichtlich, daß für die Bestimmung des Lignins prinzipiell zwei Wege möglich sind, nämlich ein direkter, wobei das Lignin isoliert und die Begleitsubstanzen entfernt werden, und ein indirekter, bei dem das Lignin herausgelöst und der Rückstand gewogen wird.

Schon aus den Schwierigkeiten, die sich bei der Rohfaserbestimmung ergeben, folgt, daß der zweite Weg mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden ist. Die enge Verwachsung des Lignins mit der Zellulose und seine große Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischen Reagentien lassen eine quantitative Abtrennung von den übrigen Membranstoffen ohne deren gleichzeitigen Abbau sehr unwahrscheinlich erscheinen. Dies ist auch der Grund, warum diese Methode fast nie gebraucht wird.

Einfacher ist die direkte Methode. Es ist bekannt, daß Lignin von konzentrierten Mineralsäuren, mit Ausnahme der Salpetersäure, nicht angegriffen wird. Hingegen werden die Zellulose und übrigen Kohlehydrate hydrolytisch gespalten und gehen in Lösung. Es ist daher möglich, das Lignin auf diese Weise abzutrennen und zu wägen. Die reinsten Präparate erhält man mit den Halogenwasserstoffsäuren, konzentrierte Flußsäure (18) und hochkonzentrierte Salzsäure (19). Da aber das Arbeiten mit diesen Säuren sehr unangenehm ist, wird meist der Schwefelsäuremethode nach Klassen (20) der Vorzug gegeben. Bei dieser Methode wird das Untersuchungsmaterial mit 64- bis 72prozentiger Schwefelsäure aufgeschlossen, und nach dem Verdünnen mit Wasser

wird das unlöslich gebliebene Lignin abfiltriert. Es ist dies die einfachste Methode und auch die am meisten gebrauchte. Immerhin zeigen sich auch bei ihr gewisse Nachteile. Durch den mit konzentrierter Schwefelsäure bewirkten Aufschluß besteht nämlich die Gefahr, daß ein Teil der Zellulose humifiziert wird und dadurch unlöslich wird, besonders bei Temperaturen über 20° C (21).

Der Aufschluß muß daher bei einer 20° C nicht übersteigenden Temperatur erfolgen. Das so erhaltene Lignin ist aber nie ganz rein, sondern es werden stets noch etwas stickstoffhaltige Verbindungen mitgerissen, wie dies Norman (22) zeigte. Für genaue Gehaltsbestimmungen muß daher noch eine Stickstoffbestimmung im Lignin angeschlossen werden.

Auch die Dauer des Aufschlusses hat Einfluß auf die Menge des erhaltenen Rückstandes. Je länger der Säurekontakt dauert, desto mehr Unlösliches wird erhalten, da dann trotzdem noch ein Teil der Zellulose humifiziert wird. Es ist daher nötig, den Säureaufschluß nicht länger als zwei Stunden dauern zu lassen. Bei vielen Substanzen, vor allem Hölzern, ist es aber schwer, in dieser Zeit den völligen Aufschluß zu erreichen. Es werden daher verschiedene Zusätze gemacht zur Aufschlußsäure, die die Hydrolyse beschleunigen sollen, wie Formaldehyd, Dimethylanilin, Pyridin usw. Die Wirkung dieser Stoffe ist wahrscheinlich eine auflockernde oder plastizierende auf das Zellgefüge, wie Ritter (23) für den Formaldehyd angibt.

Wichtig für die Genauigkeit der Bestimmung ist die Vorbehandlung des Materials. Vor allem bei Hölzern, die reich sind an Harzen und Gerbstoffen, ist es notwendig, diese Stoffe zuerst zu entfernen. Dazu wird das Untersuchungsmaterial meist mit einem Benzol-Alkohol-Gemisch erschöpfend extrahiert und nachher noch mit Wasser gekocht. Bei Verwendung von Formaldehyd als Zusatz zur Aufschlußsäure soll die Vorbehandlung zwar nicht nötig sein, fand Bailey (24).

Für unsere Versuche arbeiteten wir uns ein im Prinzip nach der Schwefelsäuremethode arbeitendes Verfahren aus, das im speziellen Teil genauer beschrieben wird.

Neben den Säure-Bestimmungsmethoden sind noch eine Reihe anderer bekannt. So soll an Hand des Methoxylgehaltes der Pflanzen auf den Ligningehalt geschlossen werden können (Benedikt und Bamberg [25]). Obwohl das Methoxyl ein typischer Bestandteil des Lignins ist, so ist nicht sicher, ob nicht auch andere Stoffe wie z. B. Pektin unter den gleichen Bedingungen Methoxyl abspalten.

Eine andere Methode benützt die Braunfärbung, die beim Säureaufschluß entsteht, zur colorimetrischen Bestimmung des Lignins. Doch ist diese Methode noch zu wenig ausgearbeitet. Auch die Phloroglucin-aufnahme von Holz wird zur quantitativen Bestimmung gebraucht sowie die Chloradsorption.

III. Die Entwicklung der Zellwand und der Verholzung

Das ganze Problem der Veränderung des Zellulose- und Ligningehaltes der Pflanzen hängt ab vom Wachstum und den Veränderungen der Zellwände. Es scheint uns daher angebracht, kurz auf diese Vorgänge einzugehen.

Das Wachstum der Pflanzen gliedert sich in Perioden der Zellteilung und des Streckens. Während der Teilungsperiode wird die Zahl der vorhandenen Zellen vergrößert. Anschließend daran folgt die Periode des Streckungswachstums, d. h. eine Periode, während der die neugebildeten Zellen eine außerordentliche Längenzunahme durchmachen, bevor sie in einen Dauerzustand übergehen. Diese Periode ist vor allem bei Keimlingen gut sichtbar.

Früher faßte man die Zellstreckung als einen einfachen physikalischen Vorgang auf, nämlich als eine Ausdehnung der Zellen, hervorgerufen durch eine starke Zunahme des Turgordrucks, ohne Zunahme der Zellwandsubstanz. In neuerer Zeit fand man aber, daß während der Streckungsperiode eine Zunahme der Zellwandbestandteile stattfindet, wie dies neuerdings Wirth (26) an der Maiskoleoptile festgestellt hat. Diese Zunahme ist aber nur absolut feststellbar, der relative Anteil der Membranen bleibt hingegen mehr oder weniger konstant oder nimmt sogar ab.

Die Zunahme der Wandbestandteile geht dabei durch Einlagerung von Substanz, Intussuszeption, in die sich streckende Zellwand vor sich, da primär kein Dickenwachstum festgestellt werden kann.

Hat nun die Zelle ihre endgültige Form mehr oder weniger erreicht, so hört die Streckung auf. Es folgt eine Periode des Dickenwachstums der Zellwand, die allerdings oft schon während der Streckung beginnt. In dieser Zeit findet wieder eine Zunahme der Zellwandbestandteile, hauptsächlich der Zellulose, statt, nun aber durch Anlagerung, Apposition, von neuen Schichten und nicht mehr durch Einlagerung.

Während dieser Periode beginnt auch die Differenzierung der Zellen in die verschiedenen Gewebearten. Es bilden sich die Grund-, Stütz- und Leitungsgewebe usw. aus. Während im Grundgewebe meist nur ein Dickenwachstum der Zellwände beobachtet werden kann, sind bei den anderen Gewebearten weitgehende Veränderungen feststellbar. Am auffälligsten ist die Verholzung der Zellwände, wodurch Zellen mit ganz anderen Eigenschaften entstehen. Sie tritt vor allem in den Geweben auf, die starker mechanischer Belastung ausgesetzt sind, also in den Stütz- und Wasserleitungsgeweben.

Bei der Verholzung haben wir es mit einer Einlagerung einer Fremdstoffsubstanz in die Zellwand zu tun. Dieser Vorgang ist, wie alle übrigen Lebensvorgänge der Pflanze, an lebendes Protoplasma gebunden. Im Gegensatz zur einfachen Verdickung der Zellwand bedeutet aber die

Lignineinlagerung das Ende des Wachstums der Zelle. Eine Zelle, deren Wandungen völlig verholzt sind, kann nicht mehr weiter wachsen und stirbt im allgemeinen ab. Wir finden deshalb bei noch im Wachstum befindlichen Organen nie gänzlich verholzte Zellen vor.

Die Verholzung ist aber auch kein sich in sehr kurzer Zeit abspielender Vorgang, sondern wir können meist die fortlaufende Entwicklung beobachten. Als erstes erscheinen immer die Mittellamellen verholzt. Die übrigen Zellwandschichten verändern sich erst später, und vielfach bleibt die Verholzung auch auf die Mittellamelle beschränkt. Aber auch bei völlig verholzten Membranen, wie etwa beim Leinfaserbündel, erscheint die Mittellamelle meist stärker verholzt.

Ehrlich (27) erklärt sich das so, daß das Lignin ein Umwandlungsprodukt des Pektins sei, aus dem die Mittellamelle ja zur Hauptsache besteht. In der Tatsache, daß mit zunehmender Verholzung der Pektингehalt der Pflanze vielfach abnimmt, sieht er eine Stütze dieser Annahme.

In dieser allgemeinen Form ist diese Annahme aber wohl kaum richtig, sondern die anderen, nicht zelluloseartigen Zellwandbestandteile sind sicher auch an der Ligninbildung beteiligt. Vielfach wird sogar daran gezweifelt, daß das Lignin überhaupt aus Kohlehydraten entstehe, da man sich die Umwandlung aus dem langgestreckten Makromolekül der polymeren Kohlehydrate in das komplizierte Gebilde des Lignins nicht gut vorstellen kann.

Wenn wir uns auch über die Herkunft des Lignins noch nicht im klaren sind, so wissen wir hingegen mehr über die Art seines Einbaus in die Zellwand. Das Lignin ist eingelagert in die interzellulären und interfibrillären Räume der Zellulosemembran und füllt diese Räume mehr oder weniger aus. Es ist dort neben dem Pektin oder an dessen Stelle vorhanden. Ob es dabei chemisch an die Zellulose oder die Hemicellulosen gebunden ist, entzieht sich bis heute noch unserer genauen Kenntnis. Die verholzte Zellwand bietet sich uns also dar als ein eng ineinander verflochtenes System von zwei Netzwerken, einem Zellulose- und einem Ligninnetz. Frey-Wyßling (28) vergleicht sie direkt mit einer Eisenbetonmauer.

Infolge dieser engen Durchwachsung hat die verholzte Zellwand auch eine viel höhere mechanische Festigkeit, vor allem gegen Druck.

Mikroskopisch können wir den Vorgang der Verholzung mit Hilfe von Ligninreagentien leicht verfolgen. Vor allem deutlich wird dabei das erste Auftreten der Verholzung in der Mittellamelle.

IV. Der Einfluß von Außenfaktoren auf die Zellulose- und Ligninbildung

Die Entwicklung jedes lebenden Organismus ist abhängig von inneren und äußeren Faktoren. Von den äußeren Faktoren sind für die

Pflanzen vor allem das Klima und die Bodenbeschaffenheit von Wichtigkeit. Diese Faktoren machen sich bemerkbar durch mehr oder weniger gute Entwicklung der Organe oder kleineren oder größeren Gehalt an Inhaltsstoffen wie Eiweißstoffen, Mineralsalzen, Gerbstoffen, Alkaloiden usw. Es wurden daher schon die verschiedensten Untersuchungen ange stellt zur Abklärung dieser Einflüsse.

Für uns stellt sich die Frage, ob die Bildung der Zellulose und die Verholzung von außen auch abhängig ist oder ob nur innere Faktoren dafür verantwortlich sind. Ein Entscheid in dieser Frage scheint aber sehr schwierig zu sein, da ja die Verholzung ein sekundärer Wachstums vorgang ist.

Die Verholzung muß daher unbedingt im Zusammenhang mit der Zellulosebildung betrachtet werden. Diese ist das beste sichtbare Zeichen des Pflanzenwachstums. Normale, gute Entwicklung zeigt sich in einer größeren Form der Pflanze, somit also auch in einer größeren Zellulose menge.

Es frägt sich nun, ob die Ausbildung der Begleitsubstanzen der Zellulose, vor allem des Lignins, mit der Bildung der Zellulose parallel geht oder ob diese Stoffe noch von anderen Faktoren abhängig sind. Dies letztere scheint der Fall zu sein. So wies Veltmann (29) an Hand der Statistik über den Strohertrag von Faserlein nach, daß für gleichmäßige und hohe Erträge ein immer wieder feststellbares Gleich gewichtsverhältnis von Boden und Klima entscheidend ist, nämlich die Höhe und die Verteilung der Niederschläge während der Vegetationszeit in bezug auf die wasserhaltende Kraft des Bodens. Eine höhere, gleichmäßig verteilte Niederschlagsmenge ergibt niedrigere Stroherträge. Dies ist dadurch zu erklären, daß bei höherer Feuchtigkeit weniger Begleit substanz der Zellwände gebildet wird als bei trockener Witterung. Nach Veltmann ist nämlich bei höherer Feuchtigkeit auch die Quellfähigkeit des Zellkolloids erhöht.

Diese Verhältnisse sind nach Ansicht von Veltmann (30) beson ders wichtig in bezug auf die Qualität der Flachsfasern als Gespinstfaser. Ob sie sich aber verallgemeinern lassen, ist noch nicht untersucht. Immerhin fanden neuerdings auch Morton und Watson (31) eine weitgehende Abhängigkeit vom verfügbaren Wasser bei der Ausbildung der Blätter und in der Form der Zellen bei Zuckerrüben. Ferner lassen unsere Ergebnisse der Rohfaserbestimmungen auf eine gewisse Abhängigkeit der Bildung von Rohfaser liefernden Zellwandbestandteilen von der herrschenden Feuchtigkeit schließen. Ob die Abhängigkeit der Bildung von Mittellamellsubstanz sich auch auf die Ligninbildung auswirkt, ist allerdings fraglich, da wir ja über die Herkunft des Lignins noch nicht im klaren sind. Nehmen wir an, daß das Lignin aus Pektin oder anderen

polymeren Kohlehydraten entstehe, so ist der Zusammenhang anzunehmen, im anderen Falle nicht.

Zur letzten Folgerung kommt Zinn (32), die findet, daß die Ligninbildung verhindert oder doch stark herabgesetzt wird durch hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft, niedere Temperatur und herabgesetzte Lichtintensität. Nach ihr ist nämlich der Ligningehalt von an der Baumgrenze wachsenden Bäumen niedriger als bei Talbäumen, und ebenso haben Schattenpflanzen weniger Lignin als Sonnenpflanzen.

Ein weiterer Faktor, der die Ligninbildung beeinflussen soll, ist der verfügbare Stickstoff. So stellten Phillips und Mitarbeiter (33) fest, daß der Ligningehalt des Weizenstrohs von mit Chilesalpeter gedüngten Pflanzen höher ist als bei ungedüngten; ebenso soll der Zellulosegehalt höher sein.

Über andere, das Wachstum bestimmende Faktoren, die auch die Ligninbildung beeinflussen, fanden wir keine Angaben.

Hingegen ermittelte Bottini (34) bei der Heubereitung von Klee und Luzerne eine starke Ligninzunahme unter gleichzeitiger Abnahme des Zucker- und Proteingehaltes. Und Senti-Pavarino (35) fanden, daß bei der Ensilage von Futtermitteln, im Gegensatz zur Verheuung, jegliche weitergehende Verholzung der Gewebe so gut wie aufgehoben sei. Diese Befunde wurden aber von niemandem bestätigt. Es ist vielmehr anzunehmen, daß die von Bottini gefundene Zunahme des Ligningehaltes nur relativ ist und nur durch das verschobene Verhältnis von Zellwandbestandteilen zu Inhaltsstoffen verursacht ist. Da beim Verheuern zudem ein Verlust von Blättern eintritt, finden wir im Heu verhältnismäßig mehr Stengel, die ligninreicher sind, als im frischen Gras, wodurch mehr Lignin vorgetäuscht wird. Auch die Befunde Senni sind so zu erklären, da bei der Ensilage die Verluste an Blättern und Blattinhaltsstoffen gering sind. Die gleichen Einschränkungen sind der von Morrow und Mitarbeitern (36) gemeldeten Zunahme der Verholzung bei der Lagerung von Mangoldwurzeln und Erdkohlraben entgegenzuhalten. Die Autoren fanden nämlich, daß sich bei der Lagerung der genannten Knollen die Rohfasermenge vergrößere, während die N-haltigen Stoffe abnehmen. Sie erklären die Zunahme der Rohfaser durch eine eintretende Verholzung.

V. Die Niederschläge der Jahre 1946—1948

Die oben angegebenen Zusammenhänge zwischen der Ausbildung von Zellulosebegleitsubstanzen und der verwertbaren Feuchtigkeit lassen es angezeigt erscheinen, einen Überblick zu geben über die Niederschlagsverhältnisse der drei Jahre, von denen uns Untersuchungsmaterial zur Verfügung stand.

Das Jahr 1946 war auf der Alpennordseite wie die vorhergehenden Jahre wieder sehr warm. Der August war ungefähr normal, der Juni zu kalt, die übrigen Sommermonate zu warm. Die Niederschlagsmengen weichen von den Normalwerten wenig ab. Während sie in einigen Gegenden zu groß waren, waren sie zum Beispiel in der Nordostschweiz zu klein. Ein ausgesprochen trockener Monat war der April, während der Juni und August sehr naß waren. Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, daß diese Verhältnisse auch in den Gebieten, aus denen wir Material hatten, so waren.

Tabelle 1
Niederschlagswerte der Sommermonate 1946 bis 1948

Jahr	Beobachtungsstation	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
1946	Flawil	46	135	188	241	143	90	42
	Appenzell	40	145	228	247	166	101	65
	Säntis	23	146	246	233	206	196	218
1947	Flawil	35	88	82	127	61	66	41
	Appenzell	44	61	122	152	83	42	51
	Säntis	145	85	223	257	123	83	76
	Zürich	32	48	57	97	39	48	12
	Göschenen	45	121	116	83	43	100	17
1948	Flawil	64	114	177	222	150	61	—

Der Sommer 1947 war ausgesprochen heiß und trocken. Nur der Mai und Juni brachten noch einige Niederschläge, während vor allem der Juli, August, September und Oktober äußerst trocken waren.

Im Sommer 1948 fielen die Niederschläge wieder reichlicher aus. Von April bis Mitte August hatten wir ziemlich feuchtes Wetter, und erst dann wurde es warm und trocken.

B. Spezieller Teil

I. Die untersuchten Pflanzen

A. *Alchemilla vulgaris* L. und *Alchemilla alpina* L.

Die Gattung *Alchemilla* gehört zur Familie der *Rosaceae*. Die Stellung der Gattung innerhalb des Pflanzensystems ist nicht völlig klar. Während sie einige Autoren als eigene Unterfamilie der *Rosaceae* betrachten, reiht sie E n g l e r (37) in die Unterfamilie der *Rosoideae-Sanguisorbeae* ein.

Die Gattung weist über 60 Spezies auf, die in den Gebirgen Europas, des tropischen Afrikas und Amerikas verbreitet sind. Sie ist botanisch

dadurch interessant, daß sie häufig somatische Parthenogenesis zeigt, d. h. Entwicklung eines Embryos aus einer Eizelle mit doppelter Chromosomenzahl.

Für die Schweiz gibt Schinz und Keller (38) acht Arten von Alchemillen an, die die meisten noch eine ganze Reihe von Unterarten und Varietäten aufweisen. Die verbreitetsten dieser Arten sind *Alchemilla vulgaris* L. und *Alchemilla alpina* L. Hegi (39) erwähnt bei *Alchemilla vulgaris* 13 in der Schweiz vorkommende Subspezies, die sich alle in ihrem Habitus nur ganz wenig unterscheiden, und bei *Alchemilla alpina* erwähnt er drei Unterarten.

Beim Einsammeln der Pflanzen für den pharmazeutischen Gebrauch wird aber auf diese Unterarten keine Rücksicht genommen, da es für den Laien viel zu schwierig wäre, auf diese kleinen Unterschiede zu achten. Auch wir haben bei der Beschaffung unseres Materials die Unterarten nicht berücksichtigt, und zur Untersuchung kamen also Drogen, die ein Gemisch der verschiedenen an den Standorten vorkommenden Unterarten darstellen. Interessehalber achteten wir aber an den Sammelstellen auf die verschiedenen Unterarten. Auf dem Kamor stellten wir mit Sicherheit *Alchemilla vulgaris* L. ssp. *pratensis* und *A. glaberima* Schmidt fest, und auf Regliberg fanden wir *A. vulgaris* L. ssp. *crinita* Sch. et K. Neben *Alchemilla alpina* L. stellten wir auf dem Kamor hauptsächlich *Alchemilla Hoppeana* Dalla Torre fest, während auf der Salbitenalp *Alchemilla alpina* L. ssp. *subsericea* Focke die Hauptmenge ausmachte.

Die die Droge liefernden Arten *Alchemilla vulgaris* L. sens. lat., der Frauenmantel oder Taumantel, sind bei uns in der Schweiz sehr verbreitet. Wir finden sie von der Ebene bis in die alpine Stufe an Wegrändern und Waldrändern und in den Wiesen und Weiden überall. Die Droge dürfte aber meist aus den Berglagen stammen, wo sie eher häufiger ist und leichter einzusammeln ist als im Tiefland, wo sie schnell von den Gräsern überwachsen wird. Auf diese Herkunft weist auch das öftere Vorkommen in der Droge von *Alchemilla glaberima* Schmidt, die mehr in den höheren Lagen zu finden ist. Es ist eine nahverwandte Art zu *A. vulgaris* L. Sie ist aber fast völlig unbehaart und trägt einen dichter gedrungenen Blütenknäuel.

Chemische Untersuchungen über den Frauenmantel bestehen noch sehr wenige. Brandt (40) erwähnt Gerbstoffe und Bitterstoffe. Ein gehender befaßte sich Mühlmann (41) mit der Pflanze. Er fand darin einen Kohlenwasserstoff $C_{32}H_{66}$, ein Phytosterin, Fettsäuren und 6 bis 8 % Gerbstoffe vom Typus der Ellagsäure. Ferner sollen noch Harz und Linolsäure vorkommen.

Von Stebler und Schröter (42) sind einige Daten über den Futterwert der Pflanze vorhanden, den sie als sehr hoch angeben. Sie bestimmten u. a. den Rohfasergehalt mit 20,6 %.

Die chemische Zusammensetzung gibt nur ungenügende Anhaltspunkte für die der Droge zugeschriebene Wirkung, die sehr mannigfaltig ist. Seit alters her wird das « Frauenmänteli » vom Volk gebraucht gegen Frauenleiden, menstruelle Beschwerden, Darmkatarrh und äußerlich zur Behandlung von Wunden.

Im Handel finden wir sowohl das ganze Kraut als auch nur die Blätter. Gelegentlich werden auch die Wurzeln gebraucht. Als beste Sammelzeit gilt nach Fischer (43) Juli bis August, nach Künzle (44) Mai bis Juli, also die Blütezeit. Der Drogenhandel verlangt in der Regel im Mai bis Mitte Juli gesammelte Pflanzen. Als Grund für diese frühe Erntezeit wird eine zunehmende Verholzung angegeben. Nach unserer Ansicht ist diese aber weniger der Grund. Vielmehr wird es später immer schwieriger, die Droge rein zu erhalten, da sie häufig in Mähwiesen vorkommt und dort von den Gräsern weitgehend überdeckt wird.

Der Silbermantel, *Alchemilla alpina* L. sens. lat., erfreut sich in unserem Gebiet gleicher Beliebtheit als Heilkraut wie der Frauenmantel, der in anderen Ländern bevorzugt wird. Der Silbermantel ist verbreitet in den Gebirgen Zentraleuropas und in Skandinavien. Während in den nördlichen Gebieten *Alchemilla alpina* L. sens. strict. allein vorkommt, sind in Zentraleuropa eine ganze Reihe anderer, nah verwandter Arten vorhanden, die zusammengefaßt werden als *Alchemilla alpina* L. (Serie *saxatiles* Buser).

In der Schweiz finden wir den Silbermantel in den höheren Lagen ab zirka 1000 m bis über 2000 m hinauf vor. Er ist an den fünf-sieben-(neun-)teilig gefingerten Blättern, deren Unterseite silberglänzend behaart ist, leicht erkennbar. Auf Alpweiden bildet er oft große Bestände, ist aber dort unbeliebt, da nach Stebler-Schröter (l. c.) sein Futterwert sehr gering ist und er vom Vieh kaum angeschaut werde.

Die chemische Zusammensetzung ist nach Vogl (45) weitgehend die gleiche wie diejenige von *Alchemilla vulgaris*. Ebenso wird der Pflanze die gleiche Wirkung zugeschrieben, und ihre Verwendung ist mehr eine individuelle Sache. In der Schweiz wird das Silbermänteli meist vorgezogen, wohl in der unbegründeten Annahme, daß es als Alpenpflanze besser wirke. Auch die Handelsformen sind die gleichen wie beim Frauenmantel.

B. *Plantago lanceolata* L. und *Plantago alpina* L.

Die Familie der Plantaginaceae liefert eine Reihe von Arzneidrogen. So sind in der Schweiz die Blätter des Spitzwegerichs, *Folium Plantaginis lanceolatae*, offizinell, und neuerdings auch der Flohsamen, *Semen Psyllii*, von *Plantago Psyllium* L. Neben diesen offizinellen Drogen sind

auch die Blätter von *Plantago media* L., *P. maior* L. und *P. alpina* L. im Gebrauch.

Außer *Plantago Psyllium* sind alle diese Arten bei uns verbreitet. Die drei erstgenannten sind von der Ebene bis in die Berglagen zu finden, während der Alpenwegerich von zirka 1200 bis 1300 m an aufwärts auf tiefgründigen Alpweiden verbreitet ist.

Allen diesen Arten ist gemeinsam, daß sie in den Samen, und wohl auch in den Blättern, Schleim enthalten. Über die chemische Zusammensetzung dieses Schleims ist aber nicht viel bekannt. Ferner gibt W e h - m e r (46) für *Plantago lanceolata* L. noch Silikat, Enzyme und das Glykosid Aucubin an, das sehr leicht aufspaltet zu Aucubigenin und Zucker (B e r g m a n n und M i c h a l i s [47]), wobei sich die Blätter schwarz färben.

Die therapeutische Wirkung des Wegerichs wird dem Schleim und den Silikaten zugeschrieben. Die Pflanze steht von alters her in der Volksmedizin in hohem Ansehen. Es wurden dem Wegerich die wundersamsten Heilwirkungen zugeschrieben. Heute wird er meist nur noch als Hustenmittel in der Form des « Spitzwegerichsaftes » und als harntreibendes Mittel gebraucht. F l ü c k (48) erwähnt den Spitzwegerich als Mittel gegen Bronchialkatarrh und Blutreinigungsmittel, die Samen als mildes Abführmittel und auch gegen leichtere Durchfälle.

Auch in der Homöopathie wird der Wegerich gegen die verschiedenartigsten Leiden verschrieben.

Das offizinelle Spitzwegerichblatt, *Folium Plantaginis* Ph.H. V, stammt von *Plantago lanceolata* L. ab, von welcher Art verschiedene Varietäten bekannt sind, die sich besonders in bezug auf die Behaarung der Laubblätter unterscheiden. Bei uns ist die Varietas *communis* Schlecht mit wenig behaarten Blättern die häufigste Form. Die Art ist in ganz Europa, Nord- und Mittelasien heimisch und ist durch Verschleppung über die ganze Erde verbreitet.

Die Droge wird meist in den Verbrauchsländern selbst gesammelt. Als Erntezeit gilt die Blütezeit, die von Mai bis September dauert, mit einer Hauptblütezeit im Mai. Das geerntete Blatt muß möglichst schnell getrocknet werden, da es sich sonst schwarz färbt infolge Spaltung des Aucubins. Eine schöne Droge soll grün bis bräunlich-grün sein.

Die Ph.H. V stellt keine Normen auf für die Blätter. Es wäre aber angezeigt, eine Forderung in bezug auf die Farbe zu erlassen. Auch der Aschegehalt dürfte nach F l ü c k (49) mit zirka 11 % festgelegt werden.

Neben dem Spitzwegerich wird vor allem von Pfr. K ü n z l e der Alpenwegerich, das Adelgras oder Ritze, *Plantago alpina* L., gerühmt, und er erfreut sich auch im alpinen Gebiet recht hoher Wertschätzung

als Expectorans. Die Art ist verbreitet in Spanien und den Pyrenäen, im französischen Zentralmassiv, im Jura und in den Alpen. In der Schweiz findet man sie von zirka 1200 m an aufwärts auf tiefgründigen, nährstoffreichen Alpwiesen und Weiden, wo sie ein sehr geschätztes Futter darstellt (Stebler-Schröter, l. c.). Neben dieser Art kommt in der Schweiz in den südlichen Gebieten noch der nahverwandte Schlangewegerich, *Plantago serpentina* L., vor, der vielfach auch in der Droge zu finden ist.

Im Handel ist die Droge als *Folium* oder *Herba Plantaginis alpinæ* erhältlich. Nach Elo (50) ist in der Handelsware die ganze Pflanze zu finden. Vielfach ist sie verunreinigt durch Gramineenblätter, während die Blätter des verwandten und meist am gleichen Ort vorkommenden Bergwegerichs, *Plantago montana* L., nur selten in der Droge zu finden sind.

Die Verwendung des Alpenwegerichs ist die gleiche wie beim Spitzwegerich. Daneben könnten aber die schleimreichen Samen als Ersatz von *Sem. Psyllii* gebraucht werden.

C. *Tussilago Farfara* L.

Als fünfte Pflanze untersuchten wir die Blätter des Huflattichs, *Tussilago Farfara* L., aus der Familie der *Compositae-Senecioneae*. Die Art ist über die ganze Welt verbreitet. Man findet sie vor allem auf feuchten Brachfeldern, Abraumhalden, frisch aufgeworfenen Erdwällen usw., wo sie als einer der Erstansiedler vorkommt. Der Huflattich ist eine der ersten blühenden Pflanzen im Frühling, wobei die Blüten vor den Blättern erscheinen. Nach dem Verblühen erscheinen im April bis Mai die am Anfang beiderseits stark weißfilzigen, behaarten Blätter. Die Oberflächenhaare werden aber bald abgestoßen.

An Inhaltsstoffen werden angegeben von W e h m e r (l. c.): Schleim, Inulin, etwas Gerbstoff, ein bitteres Glykosid und Phytosterin, in den Blüten ferner noch das Glykosid Taraxacin. Die Asche beträgt 15 bis 17 %, die Ph.H. V lässt aber 22 % zu, da die Blätter infolge des dichten Haarbelages sehr leicht Sand und Staub zurückhalten.

Die Inhaltsstoffe außer Schleim und Gerbstoff geben kaum Hinweise auf die therapeutische Wirksamkeit der Droge. Gebraucht werden sowohl die Blüten, die Teeblüemli oder Zytröseli des Volksmundes. Ferner wird der Huflattich innerlich gegen Nieren- und Blasenkrankheiten gebraucht und äußerlich gegen Verstauchungen. Nach T s c h i r c h (52) hat schon D i o s k u r i d e s den Huflattich empfohlen, und zwar als Räuchermittel, wobei der entstehende Dampf besonders gegen Husten wirksam sein soll, und P l i n i u s soll empfohlen haben, nach jedem Atemzug eingezogenen Dampfes einen Schluck Rosinenwein zu trinken.

Als Sammelzeit für die Blätter gelten die Monate Mai bis Juli. Als Verfälschungen kommen häufig die Blätter der Pestwurz, *Petasites*-Arten, *Arctium*- und *Adenostyles*-Arten in der Droge vor.

II. Die Materialbeschaffung

A. Wildpflanzen

Aus der Art der Problemstellung, Untersuchung der Variation des Rohfaser- und Ligningehaltes im Laufe einer Vegetationsdauer, ergab sich für uns die Forderung, uns Material zu beschaffen, dessen Erntezeiten genau bekannt und über den ganzen Sommer regelmäßig verteilt waren. Da wir ferner den Einfluß des Bodens untersuchen wollten, mußten wir für das Wildpflanzenmaterial Sammelorte mit verschiedenen Bodentypen suchen. Wir hatten uns für je einen typischen Kalk- und einen Silikatboden entschieden. Ferner spielte bei der Wahl der Sammeloorte die Zugänglichkeit eine Rolle, denn bei mehrmaliger Ernte im Jahr vom gleichen Standort mußte dieser relativ leicht zugänglich sein von Zürich aus.

An der Sammelstelle selbst mußten wir achten, daß diese möglichst nicht begangen und nicht durch Grasschnitt oder Beweidung beeinflußt werde. Sonst hätten wir nach dem Mähen wieder junge Blätter erhalten, die unsere Resultate verfälscht hätten.

Alle diese Überlegungen führten uns dazu, für die einzelnen Pflanzen folgende Standorte zu wählen:

1. Kalkböden

Die Standorte auf Kalkböden fanden wir in der Ostschweiz, und zwar für

- a) *Plantago lanceolata* L. und *Tussilago Farfara* L. in Flawil, zirka 600 m ü. M., in einer nur noch gelegentlich ausgebeuteten Kiesgrube am Ostausgang des Dorfes. Der Boden ist ein kiesiger Ton und ziemlich feucht. Die Pflanzen sammelten wir von einem 1946 frisch aufgeworfenen Erdhaufen, worauf sich die beiden Arten sehr schnell angesiedelt hatten. Aber auch sonst kommen sie auf dem ganzen Areal der Kiesgrube massenweise vor.
- b) *Alchemilla vulgaris* L., *A. alpina* L. und *Plantago alpina* L. Im Sommer 1946 sammelten wir die beiden *Alchemilla*-Arten im Gebiete der Seealp (Kt. Appenzell I.-Rh.), zirka 1200 m ü. M. Der ziemlich weite Talkessel ist von steilen Hängen eingefaßt, von denen der linke Hang von einer großen Geröllhalde bedeckt ist. Am Fuße dieser Geröllhalde fanden wir ziemlich viel *Alchemilla vulgaris* und *A. alpina*. *Plantago alpina* hingegen findet sich nicht auf der Seealp. Diese Art tritt nach einer persönlichen Mitteilung

von Herrn Prof. A u l i c h in St. Gallen im Alpstein erst von 1400 bis 1500 m an auf. Wir verlegten deshalb 1947 unseren Sammelort für die genannten drei Arten auf die Kamoralp, zirka 1600 m, eine gute Alpweide, die bis zum Gipfel des Kamors hinaufreicht. Auf der ganzen Alp findet man sehr viel Frauenmantel und Alpenwegerich, während der Silbermantel mehr an die steileren, bereits etwas felsigen Stellen zurückgedrängt ist. Die Sammelstelle für alle drei Arten lag ganz zuoberst am Kamorgipfel, wo die Hänge ziemlich steil sind und vom Vieh weniger begangen werden.

2. Silikatböden

Als Sammelgebiet auf Silikatböden wählten wir das Göschenental im Kanton Uri, das in einem reinen Granitgebiet liegt. Die einzelnen Sammelstellen lagen an folgenden Orten:

- a) *Tussilago Farfara* L.: Am Westausgang des Dorfes Göschenen in einem kleinen, noch nicht allzu lange geöffneten Steinbruch. Der Huflattich trat dort in größerer Menge auf, und schon im Mai waren die Blätter sehr gut entwickelt.
- b) *Plantago lanceolata* L.: Bei der starken Bewirtschaftung des Göschenentales machte es etwas Mühe, einen geeigneten Standort zu finden. Wir fanden schließlich hinter Abfrutt in einem Erlengebüsch am Reußenfeuer ziemlich viel Spitzwegerich. Der Standort am Flußufer hatte zudem den Vorteil, daß die Pflanzen nicht unter Wassermangel litten, trotz des trockenen Sommers. Dieser Umstand dürfte sich wohl auch auf die Resultate ausgewirkt haben.
- c) *Plantago alpina* L.: Den Alpenwegerich konnten wir in den von uns begangenen Gebieten des Göschenentales nicht finden, was wohl am mageren, nicht sehr tiefgründigen Boden der Alpen liegt.
- d) *Alchemilla vulgaris* L. fanden wir auf Regliberg, auf zirka 1600 m, einem Maiensäß am linken Talhang am Wege nach der Salbitenalp. Ganz von Wald umgeben, findet sich dort oben ein ziemlich großes Gebiet von Fettwiesen, worin der Frauenmantel massenweise vor kommt. Unsere Sammelstelle lag am Waldrand und wurde vom Heuet nicht betroffen.
- e) *Alchemilla alpina* L.: Die Sammelstelle für den Silbermantel lag auf zirka 1800 bis 1900 m auf der Salbitenalp, am Wege zwischen Regliberg und der Salbithütte SAC. Das ganze Gebiet dort ist dicht mit Heidelbeer- und Alpenrosensträuchern bewachsen, zwischen welchen wir unsere Pflanzen sammelten, allerdings waren sie nicht sehr häufig. Wegen des Schnees war es aber beim ersten Besuch Mitte Mai nicht möglich gewesen, noch weiter oben zu suchen, wo wir die Pflanze später dann häufiger fanden.

B. Kultivierte Pflanzen

Da wir unsere Untersuchungen gerne noch auf andere Bodentypen ausgedehnt hätten, versuchten wir, die fünf Spezies anzubauen. Zu diesem Zwecke besorgten wir uns im Frühjahr 1946 in Flawil und auf der Seealp Setzmaterial, das wir auf den neun Bodenparzellen mit verschiedenen Schweizer Böden des Versuchsgartens *Adlisberg* der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen anpflanzten. Die gleichen Parzellen wurden seinerzeit schon von Wuest (53) und neuerdings von Hoffmann (54) für ihre Versuche benutzt. Eine eingehende Besprechung dieser Böden erübrigt sich daher, um so mehr, als unsere Versuche darauf fehlschlugen.

Wir setzten auf jeder Parzelle von jeder Art 20 bis 30 Pflanzen. Nach anfänglich guter Entwicklung fingen die Pflanzen beim Einsetzen der Sommerwärme plötzlich an zu kränkeln, so daß wir 1946 auf eine Ernte verzichten mußten. Den Winter 1946/47 überstanden die meisten Pflanzen sehr gut, und sie fingen im Frühling 1947 wieder gut an zu wachsen, so daß wir Ende April mit der ersten Ernte anfingen und diese monatlich wiederholten. Leider hörte die gute Entwicklung aber bald wieder auf, und die Pflanzen wurden immer kümmerlicher im Aussehen, so daß es Ende Juli kaum mehr möglich war, von einzelnen Parzellen auch nur einige Gramm trockenes Material zu erhalten. Welche Faktoren für diese schlechte Entwicklung der Pflanzen verantwortlich sind, ist nicht klar, immerhin dürften die monatliche Entfernung der größten Blätter und die extremen Witterungsbedingungen maßgebend daran beteiligt sein. Auf jeden Fall wurde es uns klar, daß wir diese Versuche abbrechen müßten. Die Auswertung der einzelnen Resultate erschien infolge der kümmerlichen Entwicklung der Pflanzen zwecklos und hätte nur irreführende Werte ergeben. Wir mischten daher das Material der verschiedenen Böden zusammen und untersuchten es so. Die Resultate geben wir unter der Sammelbezeichnung « Adlisberg » wieder.

C. Sammelzeiten

Um die Veränderungen des Rohfaser- und Ligningehaltes unserer Versuchspflanzen möglichst lange beobachten zu können, begannen wir jeweils schon Ende April mit dem Einsammeln von Untersuchungsmaterial. Zu diesem Zeitpunkte waren schon alle Pflanzen in intensivem Wachstum, jedoch waren die Blätter noch nicht voll entwickelt. Noch früher mit dem Ernten zu beginnen, schien uns unnötig, da dann die Blätter noch viel zu wenig entwickelt gewesen wären. Vom Zeitpunkt der ersten Ernte an sammelten wir von jedem Standort monatlich eine Portion Untersuchungsmaterial. Einzig im Sommer 1946 war dies wegen Zeitmangels nicht möglich gewesen. Das Ernten setzten wir bis zum August, von zwei Standorten sogar bis zum Oktober, fort, also bis zu

einem Zeitpunkt, von dem wir annehmen durften, daß die Vegetationsperiode weitgehend abgeschlossen sei.

Die einzelnen Sammeltage an den verschiedenen Standorten sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2
Sammeltage unseres Untersuchungsmaterials

Flawil			Seealp	Kamor	Göschenental	Adlisberg
1946	1947	1948	1946	1947	1947	1947
21.4.	21.4.	9.5.	5.5.	27.4.	15.5.	28.4.
	17.5.	6.6.		1.6.	15.6.	30.5.
15.6.	22.6.		29.6.	29.6.		1.7.
	21.7.	3.7.		27.7.	15.7.	
27.8.	30.8.	11.8.	20.8.	31.8.	17.8.	28.8.
	1.10.	18.9.		18.10.		

D. Zusammensetzung des Materials

Die Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials war von Droege zu Droege verschieden. Bei allen selbstgesammelten Mustern waren wir bestrebt gewesen, Material von möglichst vielen Einzelpflanzen zu gewinnen, um den Resultaten eine möglichst breite Basis zu geben.

Von *Alchemilla vulgaris* L. sammelten wir jeweils von etwa 25 Stöcken die größten Blätter, zirka 4 bis 5 pro Stock, und 1 bis 2 Blütenstengel, sofern solche vorhanden waren. Einen Unterschied im Aussehen der Blätter konnten wir an den verschiedenen Standorten nicht feststellen. Hingegen änderte das Aussehen von Monat zu Monat. Bei den ersten Ernten Ende April waren die Blätter noch sehr klein und nicht völlig entfaltet, während schon Mitte Mai fast nur noch große, völlig entwickelte Blätter zu finden waren. Bereits im Juli traten an einzelnen Blättern und Blütenstielen rote Verfärbungen auf, die bis Ende August praktisch alle Blätter umfaßten.

Von *Alchemilla alpina* L. sammelten wir ebenfalls von 25 bis 30 Einzelpflanzen je 20 bis 25 der größten Blätter und einige Blütenstengel. Beim Silbermantel war vor allem die dichte Behaarung im Frühling auffällig, als die Blätter noch fast alle zusammengefaltet waren. Später, nach der völligen Entfaltung der Blätter, stellten wir keine deutlichen Veränderungen mehr fest von Ernte zu Ernte. Hingegen schienen die Pflanzen der Kalkböden stärker behaart zu sein als diejenigen von Silikatboden, bei denen die Blattunterseite nur schwach glänzte vom seidigen Haarbelag.

Von *Plantago lanceolata* L. brauchten wir von 15 bis 20 Pflanzen die

Blätter, um genügend Material zu erhalten. Blütenstiele schlossen wir aus. Eine deutliche Veränderung der Blätter der verschiedenen Standorte und der verschiedenen Ernten stellten wir nicht fest.

Um von *Plantago alpina* L. genügend Material zu erhalten, mußten wir von mindestens 100 Pflanzen die Blattrosetten sammeln, wobei wir wiederum sorgfältig die Blütenstengel vermieden.

Von *Tussilago Farfara* L. genügten meist schon 30 bis 40 Blätter ohne Stiel. Von wie vielen Pflanzen diese stammten, war aber schwierig zu sagen, da der Huflattich unterirdische Ausläufer treibt, die 2 bis 3 m lang werden können und dann auf einmal wieder Blätter treiben. Bei den ersten Ernten waren die Blätter noch wenig entwickelt und trugen meist noch den Haarbelag auf der oberen Epidermis, der dann aber bei der zweiten Ernte bereits abgestoßen war. Sehr bald traten bei vielen Blättern rot-braune Flecken auf, die durch verschiedene Pilzarten verursacht werden (Tschirch, l. c.).

Die Zusammensetzung der *Handelsdrogen* ließ sehr zu wünschen übrig. Außer den beiden reinen Blattmustern von *Alchemilla vulgaris* und *A. alpina*, die beide nur wenige Blattstiele und nur vereinzelte, unvermeidliche Gramineenblätter enthielten, waren alle Handelsmuster mehr oder weniger stark mit Fremdbestandteilen durchmischt. Bei den *Alchemilla*-Drogen kamen neben sehr vielen Stengel- und Blütenanteilen massenweise Gramineenblätter und Blätter und Blüten anderer Pflanzen vor, wie *Potentilla*-Arten, *Helianthemum*, *Taraxacum* und andere Wiesenpflanzen.

In den *Plantago lanceolata*-Mustern waren neben Blütenstielen und Ähren vor allem wieder Gramineenblätter zu finden.

Am wenigsten verunreinigt waren die Huflattich-Muster, bei denen wir neben wenigen Blattstielen nur noch vereinzelte andere, fremde Bestandteile vorfanden, während typische *Tussilago*-Verfälschungen wie *Petasites*-Blätter nicht aufgefallen sind.

E. Behandlung des Materials

Das gesammelte Pflanzenmaterial wurde so rasch als möglich bei zirka 60° C getrocknet unter Anwendung von künstlicher Wärme. Wenn es möglich war, so wurden die Blätter noch am gleichen Tag in einen Trockenschrank gebracht. Im anderen Falle bewahrten wir sie über gebranntem Kalk auf bis zum Moment, wo wir sie in den Umlufttrockenschrank bei 60° C bringen konnten. Auf diese Art trockneten wir das Material aus dem Göschenental und vom Adlisberg. Die Pflanzen von Flawil und dem Alpsteingebiet trockneten wir hingegen auf einem elektrischen Haushalt-Dörrapparat «Dörrex», der uns hierbei gute Dienste leistete. Die Temperatur bei diesem Apparat war auch ungefähr 60° C.

wie im Umluftschränk; die Trocknungsduer betrug ebenfalls 3 bis 4 Stunden.

Von der Trocknung bei Lufttemperatur am Schatten nahmen wir Abstand, da noch zu wenig untersucht ist, ob die Trocknungsgeschwindigkeit einen Einfluß hat auf die Verholzung. Höhere Ligningehalte bei den Handelsmustern von *Alchemilla vulgaris* und *A. alpina* gegenüber den selbstgesammelten ließen bei uns die Meinung aufkommen, daß beim langsamem Trocknen noch eine weitgehende Verholzung vor sich geht, wie dies Bottini (34) für das Heu angibt. Zur Abklärung dieser Frage beschafften wir uns deshalb am 5. Juli 1948 nochmals frische Frauenmantel- und Silbermantel-Blätter vom Kamor. Davon trockneten wir die eine Hälfte im Trockenschränk bei 60° C. Die andere Hälfte breiteten wir am Schatten aus, wo sie zur Trocknung 4 bis 5 Tage brauchten. Deutliche Unterschiede im Gehalt an Lignin der so getrockneten Pflanzen fanden wir aber nicht. Wohl liegt der Gehalt bei den am Schatten getrockneten Pflanzen etwas höher, aber die Differenz ist so gering, daß sie innerhalb der Fehlergrenze der Bestimmungsmethode liegt.

Tabelle 3
Einfluß der Trocknungsart auf den Ligningehalt

Trocknungsart	<i>Alchemilla vulgaris</i>	<i>Alchemilla alpina</i>
	% Lignin	% Lignin
Trockenschränk 60° C	6,43	9,00
Luftgetrocknet	6,70	9,16

III. Die angewandten Bestimmungsverfahren

A. Rohfaserbestimmung

Aus der Besprechung der Rohfaserbestimmungsverfahren im allgemeinen Teil ergab sich, daß das Verfahren nach Scharrer-Kürschner heute wohl das beste ist. Wir bestimmten daher die Rohfaser unserer Pflanzen nach diesem Verfahren, und zwar übernahmen wir diese Methode, wie sie Engi (55) beschreibt, ohne weitere Abänderungen:

0,5 g (genau gewogen) Drogenpulver (Sieg 0,8 mm) werden mit 25 cm³ Aufschlußflüssigkeit (300 cm³ 70prozentige Essigsäure, 20 cm³ konzentrierte Salpetersäure, d = 1,40 — 1,42, und 8 g Trichloressigsäure) in einem Azetylierungskölbchen von 100 cm³ mit eingeschliffenem Steigrohr 30 Minuten lang mit ganz kleiner Flamme gekocht (Mikrobrenner mit Kaminaufsatz). Sodann nimmt man das Kölbchen von der Flamme, kühlt es unter der Wasserleitung ab und bringt den Inhalt quantitativ auf ein aschefreies Papierfilter von 9 cm Durchmesser (Schleicher und Schüll, Nr. 589²), das man in einem Wägegläschen bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet hat. Nach dem Abtropfen der Aufschlußflüssigkeit füllt man das Filter zweimal mit 70prozentiger Essigsäure und wäscht dann das Kölbchen und den Niederschlag

gründlich mit heißem Wasser unter gutem Aufwirbeln der Rohfaser so lange, bis das abfließende Waschwasser neutral reagiert (Lackmus). Dann wird das Filter dreimal mit Azeton und nach dessen Abtropfen dreimal mit Äther gefüllt. Nach dieser Behandlung wird das Filter samt der Rohfaser aus dem Trichter herausgenommen, gefaltet, sorgfältig ausgedrückt und dann im gleichen Wägegläschen wie oben bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet (zirka 1½ Stunden). Schließlich wird es in einem ausgeglühten, tarierten Porzellantiegel verascht. Durch Subtraktion des Glührückstandes von dem Gewicht der aufgeschlossenen Masse erhält man die eigentliche aschefreie Rohfaser.

Diese Bestimmungsmethode ist in der Ausführung sehr einfach und beansprucht wenig Zeit. Bei vorsichtigem Arbeiten ist es ohne weiteres möglich, Resultate zu erhalten, die bei Parallelbestimmungen um nicht mehr als 1 bis 2 % differieren, bezogen auf den Gesamtgehalt der Rohfaser.

Immerhin sind einige Vorsichtsregeln zu beachten. So soll das Filter nicht mit Wasser, sondern mit 70prozentiger Essigsäure befeuchtet werden vor dem Filtrieren. Dann ist es unbedingt notwendig, die Aufschlußflüssigkeit und die zum Auswaschen gebrauchte Essigsäure vollständig abtropfen zu lassen, bevor man mit Wasser auszuwaschen beginnt. Beginnt man nämlich vorher damit, so erhält man zu hohe Resultate, da aus der noch vorhandenen Aufschlußflüssigkeit ein Teil der in Lösung gebrachten Substanzen mit Wasser ausgefällt wird und in der Rohfaser zurückbleibt. Das gleiche ist der Fall, wenn man das Filter vor dem Filtrieren mit Wasser benetzt. Einfluß auf das Resultat hat auch der Zerkleinerungsgrad des Untersuchungsmaterials. Nimmt man ein grobes Pulver, so werden die Resultate höher, da dann die Entfernung der Zellulosebegleiter erschwert wird. Bei zu feinem Material besteht die Gefahr, daß die Zellulose angegriffen wird. Zudem ist dabei die Fehlerquelle erhöht, da es sehr schwierig wird, die kleinen Rohfaserteilchen quantitativ auf das Filter zu bringen.

Für die Ausführung einer Rohfaserbestimmung mit Parallelbestimmung brauchten wir 6 bis 8 Stunden. Von allen Pflanzen führten wir die Parallelbestimmung durch. Die wiedergegebenen Resultate stellen das Mittel dieser beiden Bestimmungen dar und sind auf das absolute Trockengewicht bezogen.

B. Ligninbestimmung

Aus der großen Anzahl von Vorschriften für die quantitative Bestimmung des Lignins wählten wir das Schwefelsäureverfahren. Zuerst wollten wir die von B a i l e y (24) angegebene Mikromethode mit größeren Substanzmengen anwenden. Bei der Ausführung ergaben sich aber Schwierigkeiten. Es war uns nämlich nicht möglich, das bei der Verdunstung verwendete Chloroform völlig abzutreiben. Beim Filtrieren sam-

melte sich dann das zurückgebliebene Chloroform am Boden des Goochtiegels und verhinderte den weiteren Durchfluß von Wasser. Wir mußten die Methode daher abändern. Nach einigen Versuchen gelangten wir zu folgendem Bestimmungsverfahren, das eine Kombination der Methoden von Bailey (24) und von Ritter (56) darstellt:

0,5 g (genau gewogen) Drogenpulver (Sieb 0,8 mm) werden in einem weithalsigen Präparatenglas mit eingeschliffenem Glasstopfen mit 4 cm³ konzentriertem Formaldehyd (35 bis 40 %) gut durchfeuchtet und 10 Minuten stehen gelassen. Dann werden 20 cm³ 72prozentige Schwefelsäure zugefügt und während genau 2 Stunden auf der Maschine geschüttelt. Das dunkelbraune Aufschlußgemisch wird nun mit zirka 300 cm³ Wasser verdünnt, so daß eine zirka 5prozentige Säurekonzentration entsteht. Nach einstündigem Kochen am Rückflußkühler über offenem Feuer wird heiß durch einen tarierten Goochtiegel A₁ abfiltriert und mit heißem Wasser bis zur Säurefreiheit (Lackmus) nachgewaschen. Nun wird der Goochtiegel dreimal mit Azeton gefüllt und langsam abgesaugt, worauf der Tiegel bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet wird. Das trockene Lignin wird noch verascht, entweder in einem Muffelofen bei 650° C oder über freier Flamme. Durch Subtraktion des Glührückstandes vom Gesamtrückstand erhält man das Gewicht des aschefreien Lignins.

Als Bezugsgröße wählten wir wiederum das absolute Trocken gewicht. Die Resultate stellen den Mittelwert zweier Parallelbestimmungen dar, deren größte Abweichung vom Mittelwert ± 3 % nicht übersteigt.

Diese von uns ausgearbeitete Bestimmungsmethode weist verschiedene Abänderungen und Vereinfachungen auf gegenüber den sonst üblichen Verfahren. Wir mußten daher zuerst den Einfluß dieser Abänderungen abklären an Hand von Parallelbestimmungen nach einer bekannten Methode. Wir wählten dazu das Verfahren nach Ritter (56) und prüften es mit einer aus dem Handel bezogenen *Alchemilla vulgaris*-Droge nach.

Bei der Ausarbeitung unserer Methode war es uns vor allem daran gelegen, eine Methode zu finden, die ein schnelleres und doch genaues Arbeiten erlaubt. Dies konnten wir aber nur dadurch erreichen, daß wir auf eine Vorbehandlung des Untersuchungsmaterials verzichteten. Bei sämtlichen übrigen Vorschriften wird nämlich verlangt, daß das Material vor der Säurebehandlung mit einem Benzol-Alkohol-Gemisch erschöpfend extrahiert und anschließend noch mit Wasser gekocht wird. Bei dieser Behandlung werden die meisten Pflanzeninhaltsstoffe entfernt, vor allem die Harze, Fette, Gerbstoffe und das Chlorophyll, Stoffe, die sonst als Lignin mitbestimmt werden. Vergleichende Versuche nach der alten Methode mit und ohne Vorbehandlung ergaben bei unserer Droge bis zu 30 % Differenz, nämlich:

Droge vorbehandelt	8,63 % Lignin
Droge <i>nicht</i> vorbehandelt	12,63 % Lignin

Es schien uns aber, daß es möglich sein sollte, mit geeigneten Lösungsmitteln diese Stoffe auch noch nach dem Säureaufschluß extrahieren zu können, sofern sie nicht in eine unlösliche Form übergeführt wurden durch die Säure. Dies letztere scheint aber nach der Natur dieser Stoffe wohl kaum der Fall zu sein, denn Fette lassen sich mit konzentrierter Schwefelsäure verseifen (Karrer [57]) und die Gerbstoffe werden darin abgebaut (Wiesner [58]). Auch die Harze dürften kaum wesentlich beeinflußt werden durch die Säure.

Unter diesen Voraussetzungen schien uns Azeton das geeignete Lösungsmittel zu sein, da Fette, Harze und Gerbstoffe darin löslich sind, Lignin aber nicht. Alkohol kam nicht in Frage, weil das Lignin darin teilweise löslich ist. Die Versuche bestätigten die Richtigkeit unserer Annahme: Das Azeton floß nämlich aus dem Lignin stark dunkel gefärbt ab, und die Ligninwerte näherten sich sehr denjenigen der vorbehandelten Droge :

Droge vorbehandelt	8,63 % Lignin
Droge nicht vorbehandelt	12,63 % Lignin
Droge nicht vorbehandelt, aber mit Azeton nachgewaschen	9,09 % Lignin

In Versuchen mit isolierten Gerbstoffen konnten wir zudem beweisen, daß wir durch die Behandlung mit Azeton alle Gerbstoffe entfernen können. Zu diesem Zwecke unterwarfen wir gepulverten Kastanienholzextrakt der Tannini Ticinesi S. A., Maroggia, der gleichen Behandlung wie unsere Pflanzen. Beim Verdünnen des Säuregemisches fiel ein rotbrauner, kräftiger Niederschlag aus, der sich auch beim nachträglichen Kochen mit Wasser nicht mehr löste. Wir filtrierten ihn ab und behandelten ihn dreimal mit Azeton, wobei sich der gesamte Niederschlag wieder auflöste.

Ferner bestimmten wir den Ligningehalt in herbsttrockenen, abgefallenen Buchenblättern, die ziemlich gerbstoffreich sind. In der Literatur ist der Ligningehalt dieses Materials mit zirka 46 % angegeben (Kabl [59]). Wir fanden 44 % Lignin, also eine gute Übereinstimmung mit obigem Wert.

Die noch bestehende Differenz zwischen den Ligninwerten nach der eigenen Methode und mit vorbehandelter Droge glauben wir auf das Konto der Stickstoffverbindungen schreiben zu dürfen, da diese Stoffe nie völlig isoliert werden können. Wir verzichteten aber auf eine Bestimmung des Stickstoffgehaltes im Lignin, da wir keine absoluten Ligninwerte anstreben, sondern nur Vergleichswerte.

In weiteren Versuchen bemühten wir uns, den Einfluß der Säure auf die Humifizierung der Zellulose und anderen Kohlehydrate festzustellen,

da nach der Literatur dadurch erhebliche Fehler in der Ligninbestimmung entstehen (Norman [60]). Wir behandelten dazu Rohrzucker, Gummi arabicum und hydrophile Watte genau gleich wie ligninhaltiges Material, erhielten aber von keinem dieser Materialen einen wägbaren Rückstand. An der Watte konnten wir zudem mit Chlorzinkjod auch feststellen, daß die Hydrolysedauer von 2 Stunden genügt, um alle Zellulose in Lösung zu bringen. Die Resultate dieser letzten Versuche widerlegen auch die Behauptungen von Hilpert (16), wonach das Lignin nur ein sekundäres Spaltprodukt von Zellulose sei und auch aus reiner Zellulose erhalten werden könne.

An Hand dieser Versuche glaubten wir, die Ligninbestimmungen nach der von uns ausgearbeiteten Methode durchführen zu dürfen, ohne Gefahr, daß wir wesentliche Mengen nichtligninartiger Stoffe als Lignin mitbestimmen. Die Eignung der Methode für Bestimmungen an Holz selbst ist aber noch nachzuprüfen, da wir dort mit größeren Ligninmengen zu rechnen haben als in grünen Pflanzenteilen.

C. Gerbstoffbestimmung

Die pflanzlichen Gerbstoffe sind keine chemisch einheitliche Stoffgruppe. Wir verstehen vielmehr unter der Bezeichnung *Gerbstoffe* diejenigen Stoffe pflanzlichen Ursprungs, welche das Vermögen besitzen, tierische Haut in Leder zu verwandeln. Allerdings werden gewöhnlich nur die in der Gerbereitechnik verwendeten Körperklassen unter dem Begriff Gerbstoffe subsummiert, praktisch nicht verwendete, jedoch gleich wirkende Stoffe wie etwa die Flechtensäuren aber nicht als Gerbstoffe bezeichnet.

Die Gerbstoffe im eigentlichen Sinne lassen sich chemisch in drei Hauptgruppen einteilen. Eine Gruppe wird gebildet durch die Gallussäurederivate, die in veresterter Form als Digalloylreste, in geringem Maße auch als Galloylreste, an Zucker gebunden vorkommen. Infolgedessen sind sie hydrolytisch spaltbar. Die zweite Gruppe bilden die Katechingerbstoffe, deren Aufbau noch wenig bekannt ist. Wir wissen nur, daß sie durch Polymerisation von mehreren Molekülen Katechin oder verwandter Substanzen entstehen und durch Kondensation in unlösliche Form, die Phlobaphene, übergehen. Eine dritte Gruppe stellen die Ellagsäurederivate dar, welche durch Veresterung und gleichzeitige Kondensation von zwei Gallussäuren entstehen.

Infolge der leichten chemischen Veränderlichkeit der Gerbstoffe, wie Oxydation, Kondensation, Glukosidspaltung usw., über deren Ursachen wir noch kaum orientiert sind, sind auch die Bestimmungsmethoden noch sehr ungenau. Absolute Methoden liegen noch keine vor, sondern nur Konventionsmethoden, von denen eine große Zahl bekannt ist.

Als beste Methode gilt bis heute die international gebräuchliche

Hautpulvermethode. Ihr Prinzip beruht darauf, daß aus der Differenz des Gesamtrockenrückstandes eines wässerigen Gerbstoffextraktes und des Gesamtrockenrückstandes des mit Hautpulver entgerbten wässerigen Extraktes der Gehalt an Gerbstoff ermittelt wird.

Nachdem an unserem Institut schon verschiedene Arbeiten über Gerbstoffe mit dieser Methode durchgeführt worden sind (Brünner [1], Schultheß [2], Schmid [61]), wählten auch wir dieses Verfahren für die Bestimmung der Gerbstoffe bei den beiden Alchemillen.

Bei diesen Arten handelt es sich um Rosaceen, die den Gattungen Potentilla, Geum und Sieversia systematisch nahestehen. Es ist daher anzunehmen, daß auch die Natur der Gerbstoffe in allen diesen Pflanzen ähnlich ist. Wir glaubten daher ohne langes Bedenken die von Schultheß (2) gebrauchte Methode auch für unsere Versuche anwenden zu dürfen. Allerdings änderten wir sie in einigen Punkten etwas ab, unter Berücksichtigung der neuesten Ergebnisse. So setzten wir die Zeit des Entgerbens auf $\frac{1}{4}$ Stunde herab, nachdem Schmid (61) gezeigt hatte, daß bei zu langem Kontakt mit Hautpulver ein Teil der Gerbstoffe wieder in Lösung geht. So kamen wir zu folgender Arbeitsweise :

1 g Drogenpulver (Sieb 0,8 mm) wird in einem Erlenmeyerkolben von 750 cm³ mit 500 cm³ destilliertem Wasser übergossen und während $\frac{1}{2}$ Stunde über offener Flamme am Rückflußkühler gekocht. Hierauf wird auf Zimmertemperatur abgekühlt und durch einen Papierfilter von 9 cm Durchmesser abgenutscht, wobei die Filtration wenn nötig wiederholt wird. Die ersten 10 cm³ des Filtrates werden weggeworfen, da das Filterpapier einen Teil der Gerbstoffe adsorbieren kann. Nun werden 25 cm³ des klaren Filtrates (= 0,05 g Droge) in einem tarierten Porzellantiegel zur Trockne eingedampft und im Trockenschrank bei 105° C zur Gewichtskonstanz gebracht (Trockenrückstand G₁). Anschließend wird verascht und das Gewicht des Glührückstandes (= A₁) bestimmt. Weitere 50 cm³ des Drogenextraktes werden zur Entgerbung mit 2 g Hautpulver in einem weithalsigen Gefäß mit Glasstopfen während 15 Minuten geschüttelt, worauf durch ein Leinentuch abgegossen und leicht ausgepreßt wird. Anschließend wird die entgerbte Lösung dreimal durch ein Faltenfilter von 15 cm Durchmesser filtriert. Vom absolut klaren Filtrat werden 25 cm³ (= 0,05 g Droge) wie oben zur Trockne verdampft (Rückstand G₂) und verascht (A₂). In einem Blindversuch werden von 2 g Hautpulver die löslichen Bestandteile bestimmt (Rückstand B). Die Berechnung der Gerbstoffmenge erfolgt nach folgendem Schema :

$$\begin{aligned}G_1 - A_1 &= O \text{ lösliches Organisches} \\G_2 - A_2 &= M \text{ Nichtgerbstoffe} + \text{lösliches Hautpulver} \\M - B &= N \text{ Nichtgerbstoffe} \\O - N &= \text{Gerbstoffe in } 0,05 \text{ g Droge.}\end{aligned}$$

Für die Angabe in Prozent muß das erhaltene Gewicht mit 2000 multipliziert werden.

Der große Nachteil dieser Bestimmungsmethode liegt in der starken Verdünnung des Drogenauszuges (0,5 %), wodurch sich Arbeitsfehler

im Resultat außerordentlich stark bemerkbar machen. Wir wurden aber zu dieser Verdünnung gezwungen, da das uns zur Verfügung stehende Hautpulver von schlechter Qualität, besseres aber nicht erhältlich war. Bei Verwendung konzentrierterer Auszüge hätten wir aber die Hautpulvermenge sehr stark erhöhen müssen, was seinerseits wieder eine Fehlerquelle erzeugt, wie Schmid (l. c.) gezeigt hat.

Die angegebenen Werte stellen das Mittel aus zwei Bestimmungen dar und beziehen sich alle auf die lufttrockene Droge. Die größten Abweichungen vom Mittelwert betrugten nicht mehr als $\pm 4\%$.

D. Schleimbestimmung

Neben der Zellulose enthalten die Pflanzen noch eine Reihe anderer Kohlehydrate, wie Stärke, Hemizellulosen, Pektin, Zucker, Schleim, Inulin u. a. m. Von diesen kommen vor allem dem Pektin und den Hemizellulosen als eventuellen Ausgangsprodukten des Lignins eine gewisse Bedeutung zu. Wir haben aber diese beiden Stoffgruppen nicht in unsere Untersuchungen einbezogen.

Von den anderen Kohlehydraten interessierten uns vor allem die Schleime, da sie in drei der von uns untersuchten Pflanzen als wahrscheinliche Hauptwirkstoffe vorkommen.

Wir verstehen allgemein unter Schleim polymere Kohlehydrate, die in Wasser stark quellen oder stark visköse, kolloidale Lösungen bilden. Chemisch sind sie zur Hauptsache aus Pentosen und Methylpentosen neben Hexosen und Uronsäuren aufgebaut. Nach der Entstehungsweise und der Lokalisation der Schleime in der Pflanzenzelle sprechen wir von Inhaltsschleim und von Membranschleim. Der weitaus meiste Pflanzenschleim kommt als Membranschleim vor, so auch der Schleim der Plantaginaceen und der Compositen.

Die Bestimmung des Schleimgehaltes einer Pflanze gestaltet sich ziemlich schwierig. Je nach der Bindungsart und nach dem Polymerisationsgrad sind die Schleime nämlich befähigt, bei gewöhnlicher Temperatur mit Wasser zu quellen, unter Bildung eines Gels, oder sich kolloidal zu lösen. Je nach Schleimart hat sich daher auch das Bestimmungsverfahren zu richten. Eine absolute Bestimmung ist dabei kaum möglich. Es sind vielmehr heute Konventionsmethoden im Gebrauch, die aber nur Anhaltspunkte über das Vorhandensein von mehr oder weniger Schleim geben. Für quellende Schleime wird der Quellungsfaktor bestimmt, eine Methode, die auch ins Supplement I der Ph.H. V Eingang gefunden hat. Bei dieser Methode wird das Volumen gemessen, auf welches eine bestimmte Menge Droge in Wasser aufzuquellen vermag. Diese Quellung wird verursacht durch die Schleime, Pektine und übrigen Hemizellulosen und durch Proteine.

Für lösliche Schleime bestimmt man im allgemeinen die Viskosität

des wässerigen Pflanzenauszuges. Man darf nämlich annehmen, daß je mehr Schleim in einer Pflanze enthalten ist, desto visköser auch ihr wässriger Auszug wird, wenn es auch nicht wahrscheinlich ist, daß zwischen Schleimgehalt und Viskosität eine einfache lineare Proportion besteht. Wir erhalten also durch die Bestimmung der Viskosität Vergleichswerte. Die größte Schwierigkeit bei diesem Verfahren liegt darin, daß die Schleime als kolloides System das Phänomen der Strukturviskosität zeigen. Beim Einhalten von konstanter Temperatur und gleichen Zeitabständen innerhalb der einzelnen Bestimmungsphasen läßt sich aber der Einfluß der Strukturviskosität weitgehend ausschalten, so daß die erhaltenen Werte trotzdem miteinander vergleichbar sind.

Lösliche Schleime lassen sich auch durch Ausfällen mit Alkohol gravimetrisch bestimmen, wobei jedoch auch andere lösliche Pflanzenstoffe wie Proteinkörper miterfaßt werden könnten. Zudem wird nicht aller Schleim ausgefällt, weshalb für quantitative Bestimmungen das Verfahren wenig angewendet wird.

Aus diesen Überlegungen bestimmten wir bei unseren Schleimdrogen die Viskosität der wässerigen Auszüge. In einigen Vorversuchen orientierten wir uns über die günstigste Extraktionsart und Konzentration. Wir fanden, daß sowohl bei *Plantago lanceolata* als auch bei *Tussilago Farfara* die kalte Mazerierung der Pflanzen die besten Ausbeuten gab. Beim Huflattich waren wir sogar auf die kalte Extraktion angewiesen, da warm auch das Inulin rasch gelöst wird und dadurch die Auszüge zu viskos werden.

Zur Bestimmung der Viskosität benützten wir ein Kugel-Viskosimeter nach Höppler, dessen Wassermantel mit Hilfe eines Ultra-thermostaten genau geheizt werden kann. Gearbeitet haben wir nach folgender Methode :

5 g Drogenpulver (Sieg 0,8 mm) werden mit 100 cm³ Wasser während $\frac{1}{2}$ Stunde auf der Maschine kräftig geschüttelt, hernach wird durch einen Papierfilter von 8 cm Durchmesser soviel als möglich vom Auszug abgesaugt, aber ohne den Rückstand auszupressen. Das völlig klare Filtrat wird in das auf genau 20° C vorgewärmte Viskosimeter eingefüllt und während einer Viertelstunde stehen gelassen. Dann wird die Fallzeit der Glaskugel I bestimmt. Gleichzeitig wird mit einem Präzisions-Areometer das spezifische Gewicht des Auszuges bei der gleichen Temperatur bestimmt.

Die Berechnung der Viskosität geschieht nach folgender Formel und wird in Centipoisen Cp ausgedrückt.

$$\eta = F \cdot (S_K - S_F) \cdot K$$

- Es bedeuten η : Viskosität in Centipoisen
 F : Fallzeit der Kugel in sec
 S_K : Spezifisches Gewicht der Kugel
 S_F : Spezifisches Gewicht des Auszuges
 K : Kugelkonstante

Anfänglich wollten wir die Bestimmung des Quellungsfaktors nicht in unsere Untersuchungen einbeziehen. Wir fanden dann aber bei der Herstellung des schleimhaltigen Auszuges von Huflattich, daß diese Pflanze neben dem solbildenden Schleim noch einen ganz erheblichen Anteil nur quellbaren Schleims enthalten muß, und wir entschlossen uns daher, den Quellungsfaktor doch zu bestimmen. Zuerst stellten sich allerdings einige Schwierigkeiten ein. So war es nicht möglich, alle Drogenpartikel im Wasser zum Untersinken zu bringen. Wir versuchten dann zuerst die im Pulver vorhandene Luft zu entfernen, aber ohne Erfolg. Es schwammen immer noch erhebliche Pulveranteile an der Oberfläche, die sich nicht benetzen ließen. Um auch diese Teile zum Untersinken zu bringen, mußten wir zu einem Benetzungsmittel greifen. Organische, mit Wasser mischbare Lösungsmittel haben aber den Nachteil, daß sie Schleime ausfällen. Wir nahmen dies aber in Kauf. Wir probierten Alkohol und Azeton aus und fanden, daß Azeton geeigneter sei, da es in geringerer Konzentration das Drogenpulver zum Untertauchen brachte als Alkohol. Mit diesem Hilfsmittel gelangten wir zu folgender Arbeitsweise :

1 g Drogenpulver (Sieb 0,8 mm) wird in einem graduierten Meßzylinder mit Glasstopfen von 25 cm³ Inhalt mit so viel Azeton übergossen, daß es gut durchfeuchtet ist. Dann wird mit Wasser bis zur 20-cm³-Marke aufgefüllt und gut geschüttelt, so daß alles Pulver aufgeschwemmt ist. Das Schütteln wird während einer Stunde mehrmals wiederholt. Nach 24ständigem Stehenlassen wird das Volumen des gequollenen Drogenpulvers samt dem anhaftenden Schleim abgelesen. Dieses Volumen, als reine Zahl ausgedrückt, stellt dann den Quellungsfaktor dar.

E. Bestimmung des Wassergehaltes

Es schien uns anfänglich interessant, den Wassergehalt der Frischdrogen zu kennen. Wir bestimmten daher sofort nach der Ernte mit einer Handwaage das Frischgewicht der Pflanzen und später das Trockengewicht. Nachdem wir aber fanden, daß die Schwankungen des Wassergehaltes zu den verschiedenen Erntezeiten und auf den verschiedenen Standorten sehr klein waren und 5 % nicht überstiegen, verzichteten wir bei den späteren Ernten auf die weitere Bestimmung des Wassergehaltes in der Frischpflanze.

Hingegen führten wir die Bestimmung des Wassergehaltes der lufttrockenen Drogen aus, einerseits um die Resultate der Rohfaser- und Ligninbestimmungen auf das absolute Trockengewicht beziehen zu können. Anderseits war es interessant, einmal zu untersuchen, wie groß das Wasserbindungsvermögen der Pflanzen zu verschiedenen Entwicklungsstadien ist. Schon S c h m i d (61) fand, daß Drogen verschiedener Erntemomente bei gleichartiger Aufbewahrung recht verschiedene Wasserwerte aufwiesen. Er erklärt diesen Umstand mit einem wechselnden

Gehalt an hygroskopischen Stoffen der Pflanzen zu verschiedenen Jahreszeiten.

Zur Bestimmung des Wassergehaltes der lufttrockenen, unter gleichen Bedingungen aufbewahrten Drogen trockneten wir zirka 0,5 g Drogenpulver (genau gewogen) in einem Porzellantiegel während sechs Stunden bei 105° C und bestimmten die Gewichtsabnahme. Das getrocknete Material benutzten wir anschließend für die Aschebestimmung.

Auf die Trocknung bis zur Gewichtssubstanz verzichteten wir, da nicht sicher ist, ob in unseren Pflanzen flüchtige Stoffe vorhanden sind, die dann als Wasser mitbestimmt würden. Zudem war die nach sechsstündigem Trocknen noch eintretende Gewichtsabnahme so gering, daß sie praktisch keinen Einfluß mehr hatte auf das Resultat.

F. Aschebestimmung

Die Bestimmung des Aschegehaltes führten wir nach der Methode der Ph.H. V direkt anschließend an die Bestimmung des Wassergehaltes aus. Zur Erzielung einer gleichmäßig grau-weißen Asche war es nötig, nach dem erstmaligen Glühen die Asche mit einigen Tropfen destilliertem Wasser zu befeuchten und dann das Glühen zu wiederholen, worauf meist schon Gewichtskonstanz erreicht war.

IV. Resultate der Gehaltsbestimmungen

A. Wassergehalt der Frischpflanzen

1. *Alchemilla vulgaris* L.

Tabelle 4
Wassergehalt der frischen *Alchemilla vulgaris* L.

Kamor 1947		Göschental 1947		Adlisberg 1947	
Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O
27.4.	76,2	15.6.	77,8	30.4.	76,8
1.6.	75,3			28.5.	70,5
29.6.	72,6			28.6.	71,5
27.7.	71,8				

2. *Alchemilla alpina* L.

Tabelle 5
Wassergehalt der frischen *Alchemilla alpina* L.

Kamor 1947		Salbitalp		Adlisberg 1947	
Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O
27.4.	65,8	Nicht bestimmt		28.4.	68,1
1.6.	63,4			28.5.	67,8
28.6.	57,7			1.7.	64,8
27.7.	62,1				

3. *Plantago lanceolata* L.

Tabelle 6
Wassergehalt der frischen *Plantago lanceolata* L.

Flawil 1947		Göschenental 1947		Adlisberg 1947	
Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O
21.4.	82,2	15.6.	79,4	28.4.	81,2
17.5.	81,2			29.5.	80,5
22.6.	80,0			1.7.	81,0
21.7.	78,1				

4. *Tussilago Farfara* L.

Tabelle 7
Wassergehalt der frischen *Tussilago Farfara* L.

Flawil 1947		Göschenen 1947		Adlisberg 1947	
Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O
21.4.	84,3	15.6.	83,9	28.4.	85,9
17.5.	82,5			30.5.	85,0
22.6.	83,1			1.7.	83,8
21.7.	79,6				

Bei allen untersuchten Pflanzen zeigt der Wassergehalt abnehmende Tendenz, solange er bestimmt wurde. Auffallend sind die niedrigen Gehalte bei *Alchemilla vulgaris* und *A. alpina*, die mit zirka 73 %, resp. 65 % tiefer liegen, als dies die Regel ist für Blattdrogen. Woran das liegt, ist uns aber nicht erklärliech.

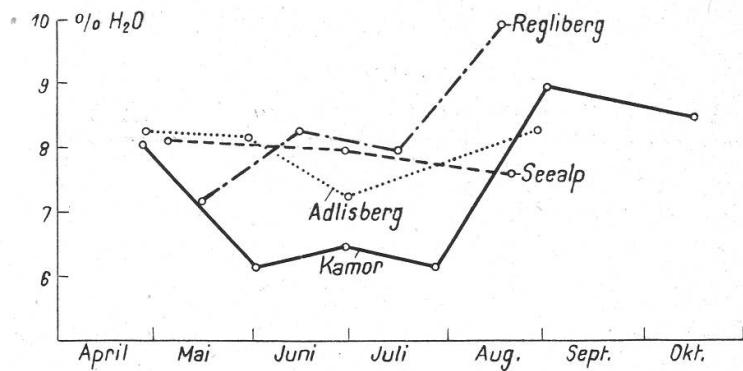
Die beiden anderen untersuchten Arten zeigen normale Wassergehalte von zirka 80 %.

B. Wassergehalt der lufttrockenen Pflanzen

1. *Alchemilla vulgaris* L.

Tabelle 8
Wassergehalt der lufttrockenen *Alchemilla vulgaris* L.

Seealp 1946		Kamor 1947		Regliberg 1947		Adlisberg 1947		Handel	
Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Muster	% H ₂ O
5.5.	8,10	27.4.	8,02	15.5.	7,13	28.4.	8,27	I	7,97
29.6.	7,94	1.6.	6,12	15.6.	8,23	30.5.	8,16	II	9,20
20.8.	7,58	29.6.	6,45	15.7.	7,93	1.7.	7,25	III	9,59
		27.7.	6,12	17.8.	9,90	28.8.	8,28	IV	9,28
		31.8.	8,93					V	9,85
		18.10.	8,46						



Figur 1
Wassergehalt der lufttrockenen *Alchemilla vulgaris* L.

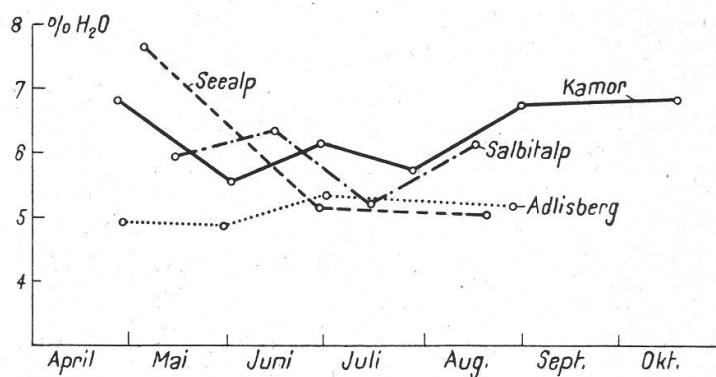
Bei den Pflanzen von 1946 zeigte sich eine konstante, allerdings geringe Abnahme des Wassergehaltes. 1947 sind die Wassergehalte in der ersten Hälfte des Sommers ungleich, während sich in der zweiten Hälfte des Sommers bei allen Pflanzen eine Zunahme des Wassergehaltes zeigt. Diese Zunahme ist interessant, da der Erntemoment dieser Pflanzen in der trockensten Periode des Jahres lag. Es scheint also, daß die wasserbindende Substanz bei trockenem Wetter in größerer Menge vorhanden ist, was wohl als Trockenheitsschutz von Wichtigkeit sein dürfte.

2. *Alchemilla alpina* L.

Tabelle 9

Wassergehalt der lufttrockenen *Alchemilla alpina* L.

Seetalp		Kamor		Salbitalp		Adlisberg		Handel	
Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Muster	% H ₂ O
5.5.	7,65	27.4.	6,81	15.5.	5,97	28.4.	4,92	I	7,56
29.6.	5,14	1.6.	5,58	15.6.	6,39	30.5.	4,84	II	8,81
20.8.	5,08	29.6.	6,13	15.7.	5,21	1.7.	5,34	III	8,17
		27.7.	5,74	17.8.	6,16	28.8.	5,18	IV	7,81
		31.8.	6,79						
		18.10.	6,83						



Figur 2
Wassergehalt der lufttrockenen *Alchemilla alpina* L.

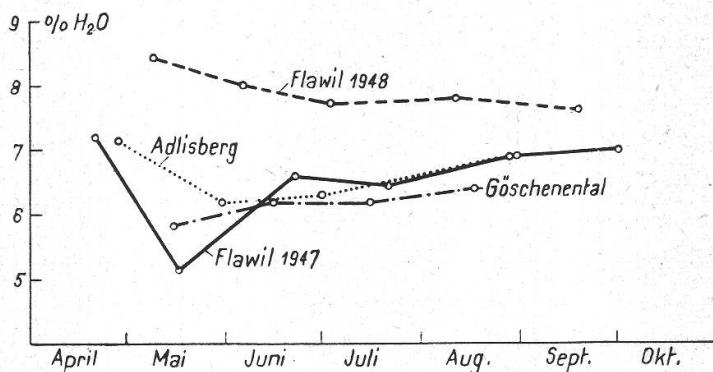
Bei *Alchemilla alpina* L. liegen die Verhältnisse gleich wie beim Frauenmantel. Auch hier zeigte sich in der zweiten, trockeneren Hälfte von 1947 wiederum ein Anstieg der Wassergehalte.

Die Wassergehalte der Handelsdrogen liegen alle um 1—2 % höher als bei den selbstgesammelten Drogen.

3. *Plantago lanceolata* L.

Tabelle 10
Wassergehalt der lufttrockenen *Plantago lanceolata* L.

Flawil 1947		Flawil 1948		Göschenental		Adlisberg		Handel	
Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Ernte	% H ₂ O	Muster	% H ₂ O
21.4.	7,20	9.5.	8,47	15.5.	5,84	28.4.	7,17	I	7,68
17.5.	5,17	6.6.	8,03	15.6.	6,22	30.5.	6,20	II	7,76
22.6.	6,60	3.7.	7,72	15.7.	6,20	1.7.	6,30	III	13,05
21.7.	6,48	11.8.	7,85	17.8.	6,41	28.8.	6,94	IV	13,17
30.8.	6,94	18.9.	7,64					V	11,49
1.10.	7,01								



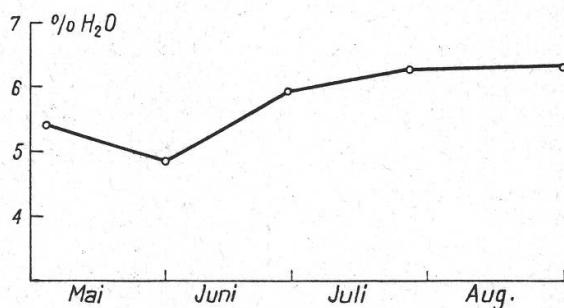
Figur 3
Wassergehalt der lufttrockenen *Plantago lanceolata* L.

Die Spitzwegerichblätter von 1947 zeigen alle nach einer anfänglichen Abnahme des Wassergehaltes ab Mitte Mai eine mehr oder weniger konstante Zunahme bis zum Herbst. Im Gegensatz dazu zeigte sich 1948 eine ständige geringe Abnahme des Wassergehaltes. Von den Handelsdrogen wiesen Muster III—V außerordentlich hohe Wassergehalte auf, die fast das Doppelte der an selbstgesammelten Mustern festgestellten ausmachen. Woher diese hohen Wassergehalte stammen, können wir aber nicht beurteilen, da uns weder die Herkunft der Drogen bekannt ist noch die Art der Aufbewahrung in den Apotheken.

4. *Plantago alpina* L.

Tabelle 11
Wassergehalt der lufttrockenen *Plantago alpina* L.

Ernte	4.5.47	1.6.47	29.6.47	27.7.47	31.8.47
% H ₂ O	5,43	4,88	5,99	6,28	6,32



Figur 4
Wassergehalt der lufttrockenen *Plantago alpina* L.

Beim Alpenwegerich stellten wir den gleichen Verlauf in den Schwankungen des Wassergehaltes fest wie beim Spitzwegerich. Auf eine anfängliche Abnahme folgt eine ständige Zunahme des Wassergehaltes.

5. *Tussilago Farfara* L.

Wir verzichten auf eine Wiedergabe der Resultate der Wassergehaltsbestimmung in den trockenen Huflattichblättern. Um nämlich die Tussilago-Blätter zufriedenstellend pulverisieren zu können, war es nötig, sie vorher scharf zu trocknen. Die nach dem Pulverisieren festgestellten Wassergehalte geben daher nur noch diejenigen Wassergehalte an, die in der Zwischenzeit seit dem Pulverisieren und der Analyse wieder aufgenommen wurden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Wassergehalt in den lufttrockenen Drogen keine Gesetzmäßigkeiten zeigt. Innerhalb des gleichen Jahres zeigen zwar die gleichen Pflanzen einen mehr oder weniger ähnlichen Wassergehalt auf, hingegen ist der Verlauf in verschiedenen Jahren ganz anders.

Eine interessante Feststellung machten wir bei den *Alchemilla*-Drogen. Diese wiesen nämlich in der zweiten, trockeneren Hälfte des Sommers 1947 eine Zunahme des Wassergehaltes auf. Bei den beiden Wegerich-Arten trat diese Zunahme auch auf, doch bereits früher.

Unsere Versuche bestätigen erneut, daß das Wasserbindungsvermögen der Pflanzen verschieden ist, je nach der Jahreszeit, in der sie gesammelt wurden. Es scheint zudem, daß die in einer Trocken-

periode gesammelten Pflanzen ein stärkeres Wasserbindungsvermögen besitzen, was wir uns mit dem Vorhandensein einer als Trockenheitsschutz dienenden Substanz erklären. Auf jeden Fall muß man die biologisch bedingten verschiedenen Wassergehalte der Trockendrogen bei der Aufstellung von Forderungen betr. Wassergehalt der Trockendrogen berücksichtigen.

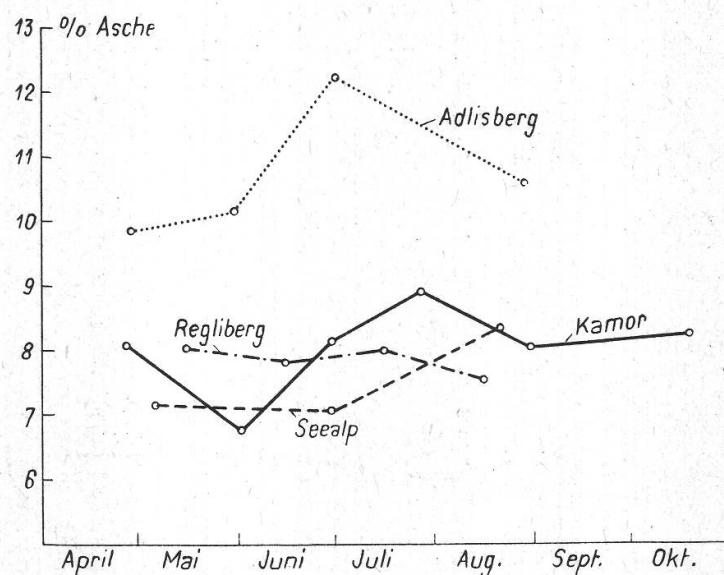
C. Aschegehalt

1. *Alchemilla vulgaris* L.

Tabelle 12
Aschegehalt von *Alchemilla vulgaris* L.

Seealp		Kamor		Regliberg		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
5.5.	7,15	27.4.	8,08	15.5.	8,04	28.4.	9,86	I	8,90
29.6.	7,04	1.6.	6,78	15.6.	7,84	30.5.	10,19	II	7,89
20.8.	8,32	29.6.	8,16	15.7.	8,02	1.7.	12,28	III	11,47
		27.7.	8,95	17.8.	7,53	28.8.	10,65	IV	11,92
		30.8.	8,05					V	6,66
		18.10.	8,26						

Die Aschegehalte von *Alchemilla vulgaris* L. schwanken um 8 % herum, soweit es sich um Pflanzen von Wildstandorten handelt. Nachdem sich von der ersten zur zweiten Ernte eine geringe Abnahme zeigte, trat im Juli und August eine Zunahme ein. Auffallend sind die hohen



Figur 5
Aschegehalt von *Alchemilla vulgaris* L.

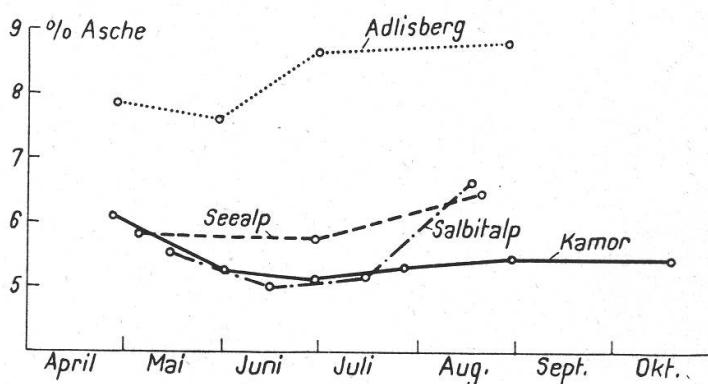
Werte der Adlisberg-Pflanzen. Es handelt sich dabei aber nicht um reine Asche aus der Pflanze, sondern ein Teil dieser Asche stammt von Erde, die den Blättern anhaftete. Infolge ihrer Standorte, in offenen Beeten ohne Nebenpflanzen, wurden die Pflanzen nämlich durch Regen und Begießen stärker als an Wildstandorten mit Erde bespritzt. Zudem hatten wir auf eine nachträgliche Reinigung mit Wasser verzichtet und nur die Erde abgeschüttelt. Diese Feststellungen gelten auch für alle übrigen untersuchten Pflanzen vom Adlisberg.

Von den Handelsdrogen zeigen Muster I und II Aschegehalte, die mit den der selbstgesammelten Pflanzen übereinstimmen. Bei Muster III und IV ist er hingegen viel höher. Wir vermuten, daß diese Erhöhung von ungeeigneter Lagerung herstammt, wo die Drogen nicht vor Staub geschützt waren. Zudem waren diese Muster stark mit fremden Pflanzenteilen vermischt. Muster V zeigt einen auffallend niedrigen Gehalt an Asche. Es handelt sich aber bei diesem Muster um eine ausgesucht schöne, reine Blattdroge, während in allen übrigen Proben viele Stengel und Blütenanteile enthalten waren. Muster V kann daher nicht direkt mit den anderen Resultaten verglichen werden.

2. *Alchemilla alpina* L.

Tabelle 13
Aschegehalt von *Alchemilla alpina* L.

Seealp		Kamor		Salbitalp		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
5.5.	5,86	27.4.	6,09	15.5.	5,54	28.4.	7,88	I	5,46
29.6.	5,76	1.6.	5,24	15.6.	5,02	30.5.	7,61	II	6,15
20.8.	6,49	29.6.	5,13	15.7.	5,21	1.7.	8,66	III	5,90
		27.7.	5,31	17.8.	6,62	28.8.	8,80	IV	5,60
		30.8.	5,46						
		18.10.	5,43						



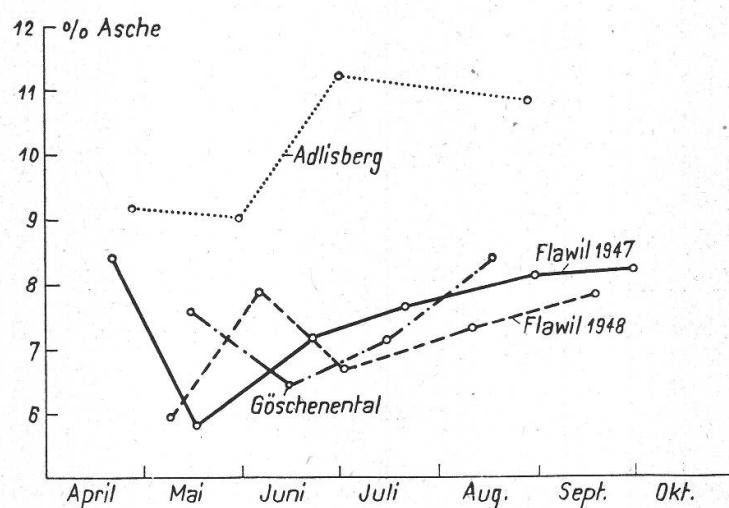
Figur 6
Aschegehalt von *Alchemilla alpina* L.

Die Aschegehalte von *Alchemilla alpina* L. zeigen im allgemeinen das gleiche Verhalten wie diejenigen von *Alchemilla vulgaris* L. Aus der Reihe fällt allerdings der letzte Wert von der Salbitalp, der uns unerklärlich ist. Die Handelsdrogen stimmen hier gut mit den selbstgesammelten Mustern überein. Auch die reine Blattware, Muster IV, zeigt einen gleich hohen Aschegehalt.

3. *Plantago lanceolata* L.

Tabelle 14
Aschegehalt von *Plantago lanceolata* L.

Flawil 1947		Flawil 1948		Göschenental		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
21.4.	8,41	9.5.	5,97	15.5.	7,60	28.4.	9,19	I	8,04
17.5.	5,85	6.6.	7,93	15.6.	6,41	30.5.	9,05	II	11,99
22.6.	7,20	3.7.	6,71	15.7.	7,18	1.7.	11,25	III	8,74
21.7.	7,66	11.8.	7,35	17.8.	8,40	28.8.	10,86	IV	7,84
30.8.	8,15	18.9.	7,85					V	9,09
1.10.	8,21								



Figur 7
Aschegehalt von *Plantago lanceolata* L.

Die Spitzwegerichblätter zeigten 1947 alle ein Minimum an Asche im Mai-Juni. Gegen das Ende der Vegetationsperiode zu steigt der Gehalt dann wieder an auf ungefähr die gleiche Höhe wie im April. 1948 hingegen fanden wir ein erstes Minimum im Mai und ein zweites Anfang Juli, während die Herbstblätter auch wieder höhere Gehalte aufwiesen, wie 1947. Die Gründe für dieses verschiedene Verhalten liegen vermut-

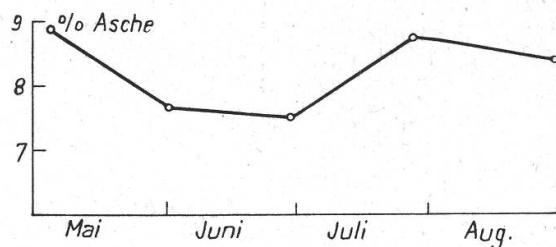
lich in den verschiedenen Witterungsverhältnissen der beiden Jahre, denn der Boden war ja der gleiche gewesen in Flawil.

Aus der Reihe fallen wiederum die Werte der Adlisberg-Pflanzen. Auch die Handelsmuster zeigen höhere Gehalte, wobei Muster II den höchsten aller festgestellten Aschegehalte aufwies.

4. *Plantago alpina* L.

Tabelle 15
Aschegehalt von *Plantago alpina* L.

Ernte	4.5.1947	1.6.1947	29.6.1947	27.7.1947	30.8.1947
% Asche .	8,87	7,67	7,51	8,78	8,40



Figur 8
Aschegehalt von *Plantago alpina* L.

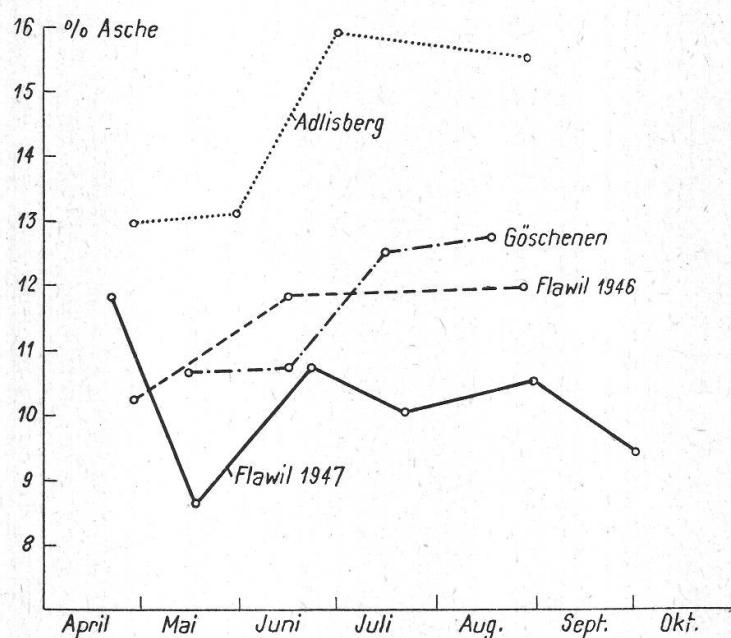
Die Aschegehalte bei *Plantago alpina* L. zeigen wiederum das gleiche Verhalten wie bei *Plantago lanceolata* L., ein Maximum im Frühling und Hochsommer, ein Minimum im Juni-Juli.

5. *Tussilago Farfara* L.

Mit Ausnahmen der Ernten 1947 in Flawil zeigen alle Versuchsserien von *Tussilago Farfara* L. das gleiche Verhalten in den Aschegehalten, nämlich eine mehr oder weniger konstante Zunahme der Asche vom Frühling bis zum Herbst. Die 1947 in Flawil gesammelten Muster zeigen hingegen wie die übrigen untersuchten Arten ein Maximum im Aschegehalt im Frühling, dann Abnahme im Mai und nachher wieder eine Zunahme bis zum August. Erstaunlich ist aber, daß der Aschegehalt im Oktober wieder niedriger ist. Eine Erklärung für dieses so verschie denenartige Verhalten ist aber schwierig.

Tabelle 16
Aschegehalt von *Tussilago Farfara* L.

Flawil 1946		Flawil 1947		Göschenen		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
28.4.	10,26	21.4.	11,82	15.5.	10,70	28.4.	12,99	I	13,25
15.6.	11,88	17.5.	8,61	15.6.	10,72	30.5.	13,12	II	21,27
27.8.	12,00	22.6.	10,73	15.7.	12,52	1.7.	15,93	III	10,96
		21.7.	10,06	17.8.	12,77	28.8.	15,54	IV	11,38
		30.8.	10,52					V	14,55
		1.10.	9,43						



Figur 9
Aschegehalt von *Tussilago Farfara* L.

Stark untereinander schwankende Aschegehalte finden wir bei den Handelsdrogen. Mit Ausnahme von Muster II liegen sie alle noch weit unter dem von der Ph.H. V zugelassenen Maximalgehalt von 21 % Asche. Wir glauben deshalb, daß diese Forderung ohne weiteres auf 16 % herabgesetzt werden dürfte und bei staubfreier Lagerung der Droge leicht eingehalten werden könnte.

Vergleichen wir die Resultate aller Aschebestimmungen untereinander, so fallen uns die gleichartig verlaufenden Schwankungen der Aschegehalte auf (mit Ausnahme vom Huflattich, aber auch dort nur zum Teil). Wir glauben daraus schließen zu dürfen, daß der Aschegehalt bei allen Pflanzen weitgehend von den gleichen Faktoren bedingt ist, nämlich einerseits dem Boden und andererseits der Witterung. Ver-

gleichen wir nämlich den Verlauf der Aschegehalte mit dem Verlauf der Niederschläge (Tab. 1) so sehen wir, daß die Aschegehalte gerade umgekehrt verlaufen wie die Niederschläge. Bei wenig Niederschlägen sind die Aschegehalte hoch, bei viel Niederschlägen aber niedrig. Deutlich zeigt sich dieses Verhalten im Verlauf der Aschegehalte von *Plantago lanceolata* L., die wir 1948 gesammelt haben, also bei ganz anderen Niederschlagsverhältnissen als 1947. Die gleichen Verhältnisse im Verlauf der Aschegehalte fand schon Veltmann (29, 30) bei der Flachsfasern.

Dieser Zusammenhang zwischen Niederschlägen und der Aschemenge einer Pflanze bedingt aber, daß wir sehr vorsichtig sein müssen bei der Beurteilung des Aschegehaltes von Drogen, deren Wachstumsbedingungen wir nicht kennen. Nur bei bedeutend vom Durchschnitt abweichendem Aschegehalt dürfen wir eine Droge als übermäßig verschmutzt oder gar verfälscht bezeichnen. Bei nur geringer Differenz hingegen besteht die Möglichkeit, daß die Droge trotzdem rein ist, aber daß sie unter extremen Witterungsbedingungen gewachsen ist. An den von uns untersuchten Drogenarten möchten wir daher folgende Schwankungen im Aschegehalt zulassen:

Herb. <i>Alchemillae vulgaris</i> . . .	7—9 % Asche
Herb. <i>Alchemillae alpinae</i> . . .	5—7 % »
Fol. <i>Plantaginis lanceolatae</i> . . .	5,5—9 % »
Fol. <i>Plantaginis alpinae</i> . . .	7—9 % »
Fol. <i>Farfarae</i>	8—16 % »

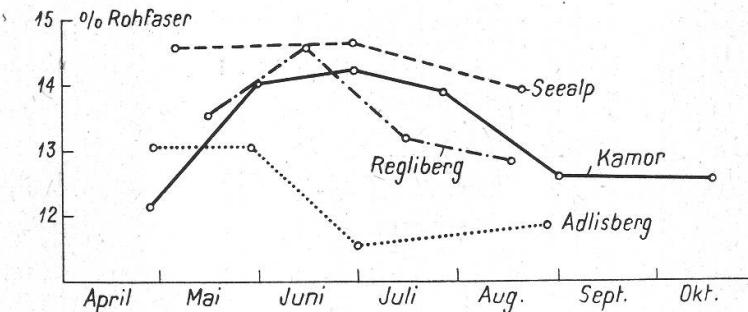
D. Rohfasergehalt

1. *Alchemilla vulgaris* L.

Tabelle 17

Rohfasergehalt von *Alchemilla vulgaris* L.

Seealp		Kamor		Regliberg		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
5.5.	14,58	27.4.	12,12	15.5.	13,55	28.4.	13,09	I	17,37
29.6.	14,62	1.6.	14,05	15.6.	14,63	30.5.	13,08	II	13,32
20.8.	13,96	29.6.	14,26	15.7.	13,19	1.7.	11,58	III	13,39
		27.7.	13,91	17.8.	12,83	28.8.	11,81	IV	16,86
		31.8.	12,61					V	12,67
		18.10.	12,56						



Figur 10
Rohfasergehalt von *Alchemilla vulgaris* L.

Die Rohfasergehalte von *Alchemilla vulgaris* L. zeigen alle mehr oder weniger das gleiche Verhalten im Verlauf der Vegetationsperiode. Im Frühling finden sich niedrige Gehalte, was wahrscheinlich mit den noch nicht völlig entwickelten Blättern zusammenhängt. Dann nimmt der Gehalt rasch zu und erreicht im Juni das Maximum, um dann gegen den Herbst zu wieder abzunehmen und dann wieder ungefähr den gleichen Gehalt zu erreichen wie im Frühjahr.

Von den Handelsmustern zeigen drei Rohfasergehalte, die gleich hoch sind wie bei den selbstgesammelten Drogen. Bei zwei Mustern ist er hingegen bedeutend höher (17,37 % und 16,86 %), was entweder von einer Verfälschung herkommen muß, oder aber, wie wir vermuten, daher, daß sie mehr Stengelanteile enthalten als die übrigen Muster. Leider war es uns infolge Materialmangels nicht möglich, bei *Alchemilla vulgaris* L. eine getrennte Bestimmung von Blattspreiten und Stengeln zu machen. Hingegen zeigte eine getrennte Bestimmung bei *Alchemilla alpina* L. ein Verhältnis von 1 : 1,5 von Blatt zu Stengel. Unsere Vermutung, daß die höheren Rohfasergehalte bei den beiden Handelsmustern wahrscheinlich zum größten Teil von einem höheren Stengelanteil der Muster hervorgerufen sind, scheint somit zu stimmen.

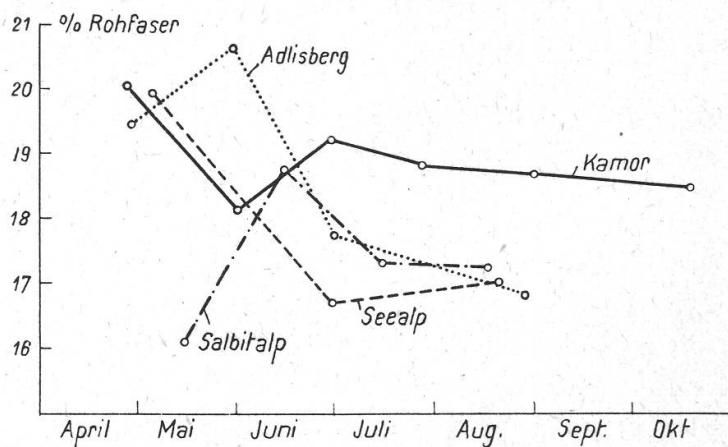
2. *Alchemilla alpina* L.

Tabelle 18
Rohfasergehalt von *Alchemilla alpina* L.

Seealp		Kamor		Salbitalp		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
5.5.	19,95	27.4.	20,03	15.5.	16,10	28.4.	19,44	I	19,66
29.6.	16,73	1.6.	18,17	15.6.	18,77	30.5.	20,66	II	17,20
20.8.	17,04	29.6.	19,21	15.7.	17,31	1.7.	17,78	III	20,11
		27.7.	18,83	17.8.	17,23	28.8.	16,88	IV	16,42
		31.8.	18,72						
		18.10.	18,50						

Das Verhalten der Rohfasergehalte bei *Alchemilla alpina* L. lässt in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode keine Regelmäßigkeiten erkennen, während in der zweiten Hälfte bei allen Pflanzen eine Abnahme gegen den Herbst zu festgestellt werden konnte.

Die Rohfasergehalte der Handelsdrogen liegen auch hier, wie beim Frauenmantel, im Bereich derjenigen der selbstgesammelten Drogen.



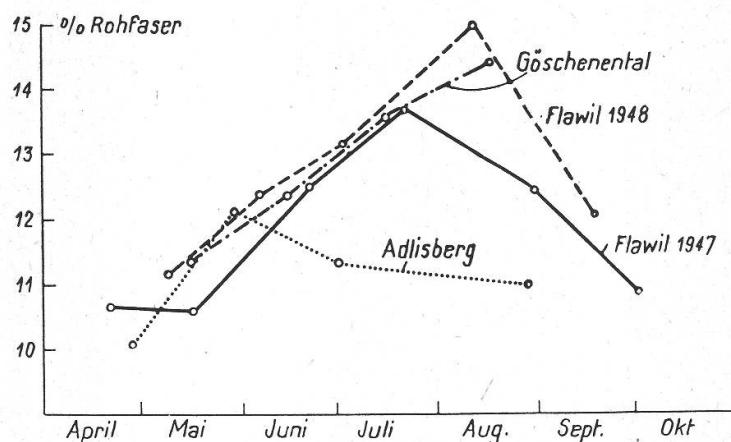
Figur 11
Rohfasergehalt von *Alchemilla alpina* L.

3. *Plantago lanceolata* L.

Tabelle 19
Rohfasergehalt von *Plantago lanceolata* L.

Flawil 1947		Flawil 1948		Göschenental		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%
21.4.	10,67	9.5.	11,15	15.5.	11,47	28.4.	10,09	I	12,33
17.5.	10,64	6.6.	12,38	15.6.	12,35	30.5.	12,09	II	14,24
22.6.	12,50	3.7.	13,13	15.7.	13,53	1.7.	11,35	III	15,55
21.7.	13,70	11.8.	15,00	17.8.	14,46	28.8.	11,00	IV	15,74
30.8.	12,44	18.9.	12,07					V	14,50
1.10.	10,87								

Mit Ausnahme der Ernten von Göschenen zeigten alle untersuchten *Spitzwegerichblätter* den gleichen Verlauf in der Ausbildung der Rohfaser. Im Frühling ist der Rohfasergehalt klein und nimmt dann bis in den Hochsommer hinein zu, um nachher wieder abzufallen. Ob diese Abnahme bei den Pflanzen von Göschenen auch noch eingetreten ist, können wir nicht sagen, da es uns wegen Zeitmangels und nachher wegen schlechter Witterung nicht möglich war, nochmals eine Ernte zu machen im September oder Oktober. Auf jeden Fall schreiben wir das spätere Maximum im Rohfasergehalt dem relativ feuchten Standort zu.



Figur 12
Rohfasergehalt von *Plantago lanceolata* L.

Im übrigen zeigten auch die Pflanzen von 1948 dieses späte Maximum. Hier ist die Parallele zwischen Rohfasergehalt und Feuchtigkeit deutlich erkennbar, denn 1948 herrschte bis Mitte August feuchtes Wetter, erst nachher trat eine Trockenperiode ein. Ab Mitte August nahmen aber auch die Rohfasergehalte ab.

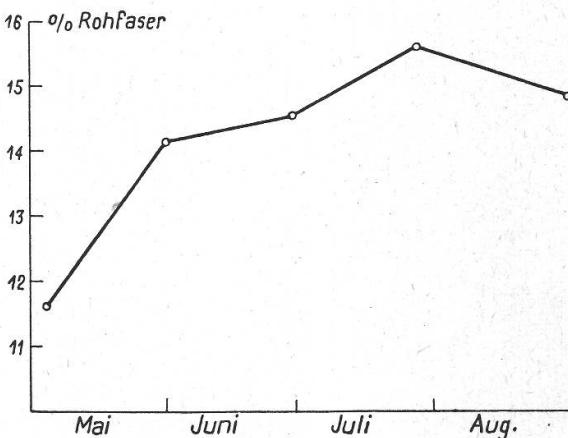
Von den Handelsdrogen zeigten alle relativ hohe Rohfasergehalte auf, mit Ausnahme von Muster I. Soweit wir feststellen konnten, erhielten diese Muster aber alle mehr oder weniger viele Teile von Gramineenblättern, die die Ursache für die höheren Rohfaserwerte sein dürften. Die Abweichungen sind aber noch nicht so erheblich, daß wir diese Handelsdrogen, gestützt auf ihren Rohfasergehalt, als stark verunreinigt bezeichnen wollen und deshalb als minderwertig.

4. *Plantago alpina* L.

Tabelle 20
Rohfasergehalt von *Plantago alpina* L.

Ernte	4.5 1947	1.6 1947	29.6.1947	27.7.1947	31.8.1947
% Rohfaser	11,64	14,14	14,52	15,60	14,85

Figur 13
Rohfasergehalt
von *Plantago alpina* L.



Der Verlauf der Änderungen im Rohfasergehalt ist beim *Alpenwegerich* gleich wie beim *Spitzwegerich*. Auch hier zeigte sich zuerst eine starke Zunahme bis Ende Juli und nachher wieder eine Abnahme, die aber weniger ausgeprägt ist als beim Spitzwegerich.

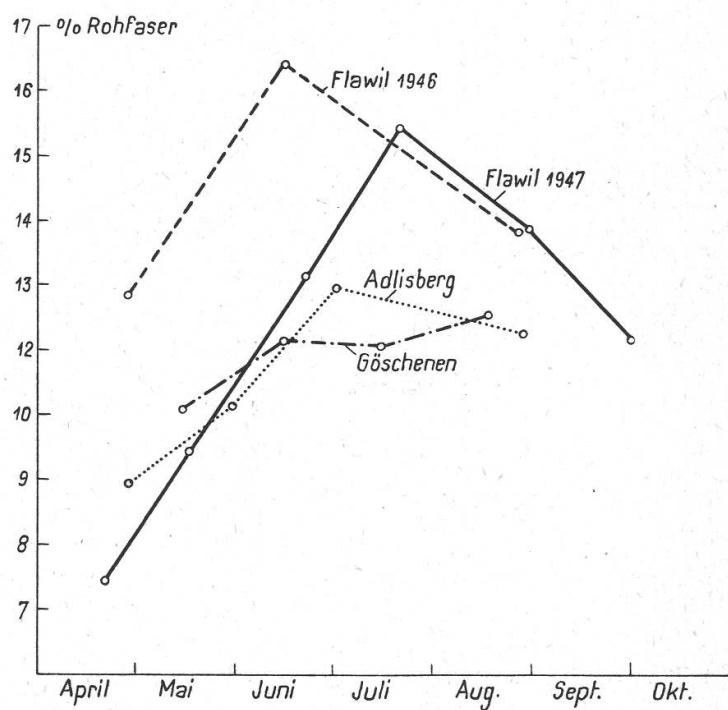
5. *Tussilago Farfara* L.

Beim *Huflattich* finden wir wiederum dieselben Veränderungen im Rohfasergehalt im Verlauf der Vegetationsperiode, nämlich eine Zunahme bis Juni-Juli und nachher wieder eine Abnahme.

Der Rohfasergehalt der Handelsdrogen liegt an der oberen Grenze der an selbstgesammelten Pflanzen festgestellten Gehalte.

Tabelle 21
Rohfasergehalt von *Tussilago Farfara* L.

Flawil 1946		Flawil 1947		Göschenen		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
28.4.	12,85	21.4.	8,45	15.5.	11,10	28.4.	9,96	I	15,02
15.6.	16,44	17.5.	10,43	15.6.	12,19	30.5.	11,16	II	15,89
27.8.	13,81	22.6.	13,13	15.7.	12,09	1.7.	12,97	III	15,74
		21.7.	15,44	17.8.	12,56	28.8.	12,26	IV	15,90
		30.8.	13,88					V	14,09
		1.10.	12,18						



Figur 14
Rohfasergehalt von *Tussilago Farfara* L.

Zusammenfassend läßt sich folgendes über die Rohfasergehalte sagen:

Die Variationen der Rohfasergehalte der untersuchten Pflanzen zeigen alle den gleichen Verlauf. Auf einen zuerst raschen Anstieg folgt eine Abnahme des Rohfasergehaltes, die z. T. recht erheblich ist. Die Schwankungen sind bei den beiden Gerbstoffdrogen weniger ausgeprägt als bei den schleimhaltigen Drogen. Daran dürfte teilweise die Bestimmungsmethode schuld sein, weil dabei nicht alle Pentosane entfernt werden.

Interessant ist der Verlauf der Schwankungen im Vergleich mit den Niederschlägen in den Jahren, von denen uns Untersuchungsmaterial zur Verfügung stand. Beide, Rohfasergehalt und Niederschläge, veränderten sich nämlich fast gleichsinnig. Veltmann (30) erklärte diese Erscheinung, die er beim Flachsstroh beobachtet hatte, mit einem verschiedenen Quellungszustand der Mittellamellsubstanz bei nassem und trockenem Wetter. Diese Erklärung scheint durch unsere Versuche bis zu einem gewissen Grade bestätigt zu sein. Trotzdem muß aber eine Zunahme der Rohfaser liefernden Bestandteile stattgefunden haben bis in den Hochsommer hinein, denn wäre die Zunahme nur durch die Quellung verursacht, so würde das nicht so stark in Erscheinung treten, da ja Quellung nur durch Wasser verursacht wird.

Eine Ausnahme in dem Verlauf des Rohfasergehaltes scheinen die im Alpstein gesammelten *Alchemilla alpina*-Blätter zu machen. Bei ihnen haben wir nämlich den höchsten Rohfasergehalt im Frühling festgestellt, und ein Monat später war bereits eine erhebliche Abnahme eingetreten. Später verliefen dann die Änderungen wieder wie bei den übrigen Pflanzen. Wir glauben nun, daß dieser erste hohe Rohfasergehalt durch den Entwicklungszustand der Pflanzen bedingt war. Ende April waren nämlich die Blätter noch kaum entfaltet, und ihre Unterseite schien viel dichter behaart zu sein. Da diese Haare praktisch nur aus Zellulose bestanden haben und somit das Verhältnis zwischen den nur zellulosischen Haaren und den plasmareichen Mesophyllzellen zugunsten der ersten verschoben war, ist der höhere Rohfasergehalt in diesen jüngsten Stadien erklärlich. Bei völliger Entfaltung der Blätter hätten wir daher sehr wahrscheinlich schon bei diesen Ernten niedrigere Rohfasergehalte erhalten, wie bei den späteren Ernten. Die Unregelmäßigkeit ist daher nur scheinbar.

Die Bestimmung des Rohfasergehaltes hatten wir ausgeführt in der Hoffnung, daraus auf den Erntemoment der Pflanzen schließen zu können. Ein solcher Schluß läßt sich aber nicht ziehen infolge der Abhängigkeit der bestimmmbaren Rohfasermenge von der Witterung.

Hingegen ist der Rohfasergehalt als Kennzahl für die Reinheitsbestimmung einer Droge sicher brauchbar, sofern man die zugelassenen

Grenzwerte nicht zu eng festlegt. Die Schwankungen des Rohfasergehaltes der Pflanzen vom gleichen Standort sind nämlich nicht besonders groß. Bei unseren Drogen betragen sie für *Alchemilla vulgaris* 2 %, für *Alchemilla alpina* 3 %, *Plantago lanceolata* 4 %, *Plantago alpina* 4 % und für *Tussilago Farfara* 7 %. Noch geringer waren die Differenzen im Rohfasergehalt von Pflanzen verschiedener Standorte im gleichen Erntezeitraum. Sie überschritten nur bei *Tussilago Farfara* den Betrag von 2 %.

Als zulässigen Rohfasergehalt erachten wir bei unseren Pflanzen folgende Mengen:

<i>Alchemilla vulgaris</i>	11—15 %
<i>Alchemilla alpina</i>	16—21 %
<i>Plantago lanceolata</i>	11—15 %
<i>Plantago alpina</i>	12—15 %
<i>Tussilago Farfara</i>	9—17 %

Im übrigen möchten wir die gleichen Einschränkungen machen wie beim Aschegehalt hinsichtlich der Anwendung des Rohfasergehaltes für die Drogennormierung.

E. Ligningehalt

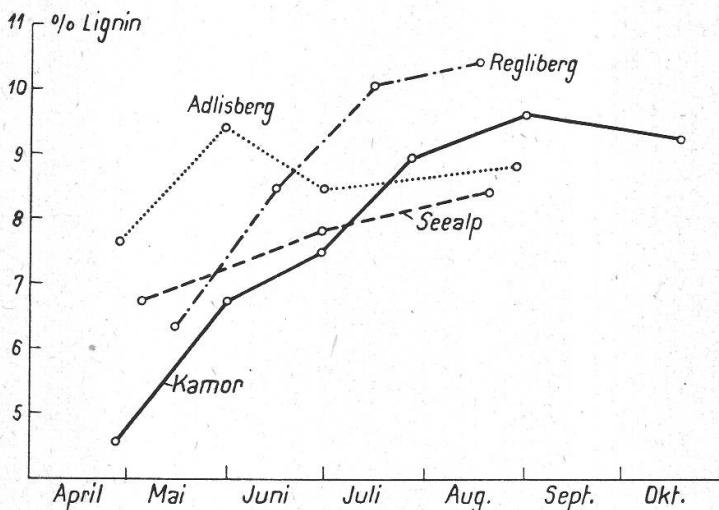
1. *Alchemilla vulgaris* L.

Mit Ausnahme der Adlisbergpflanzen zeigten alle Proben eine mehr oder weniger konstante Zunahme des Ligningehaltes bis in den August. Ob sich diese Zunahme für die nachträgliche Bestimmung des Erntemomentes verwenden lässt, ist noch an Hand der Gerbstoffgehalte der Drogen und der mikroskopischen Untersuchung der Pflanzen zu prüfen.

Tabelle 22
Ligningehalt von *Alchemilla vulgaris* L.

Seetalp		Kamor		Regliberg		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
5.5.	6,74	27.4.	4,52	15.5.	6,37	28.4.	7,68	I	9,17
29.6.	7,82	1.6.	6,75	15.6.	8,50	30.5.	9,42	II	9,56
20.8.	8,45	29.6.	7,50	15.7.	10,07	1.7.	8,50	III	9,93
		27.7.	8,98	17.8.	10,45	28.8.	8,84	IV	10,44
		31.8.	9,62					V	6,12
		18.10.	9,26						

Von den Handelsmustern zeigt nur Muster V einen niedrigeren Ligningehalt als die selbstgesammelten Pflanzen. Da es sich aber bei diesem Muster um eine reine Blattware handelte, können wir dieses Resultat nicht direkt mit den übrigen vergleichen. Die anderen vier Han-



Figur 15
Ligningehalt von *Alchemilla vulgaris* L.

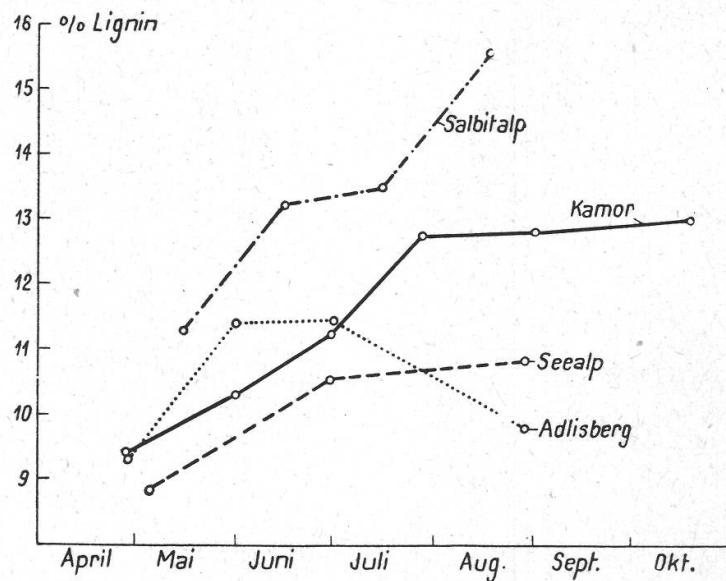
delsdrogen wiesen Ligningehalte auf, wie wir sie an den selbstgesammelten nur bei denjenigen fanden, die später als Anfang Juli gesammelt worden sind. Bevor wir aber ein Urteil über den Wert dieser Handelsdrogen geben, müssen wir ihre Gerbstoffgehalte kennen.

2. *Alchemilla alpina* L.

Tabelle 23
Ligningehalt von *Alchemilla alpina* L.

Seealp		Kamor		Salbitalp		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
5.5.	8,84	27.4.	9,42	15.5.	11,30	28.4.	9,32	I	10,25
29.6.	10,59	1.6.	10,35	15.6.	13,26	30.5.	11,41	II	11,66
20.8.	10,89	29.6.	11,29	15.7.	13,53	1.7.	11,44	III	11,83
		27.7.	12,76	17.8.	15,59	28.8.	9,82	IV	10,66
		21.8.	12,82						
		18.10.	13,01						

Bei *Alchemilla alpina* zeigten sich wieder die gleichen Veränderungen im Ligningehalt wie bei *Alchemilla vulgaris*, nämlich eine ständige Zunahme vom Frühling bis zum Herbst. Auffallend sind die sehr hohen Ligningehalte der Pflanzen von der Salbitalp. Ob daran der Bodenschuld ist oder sonst ein Faktor, wie Höhe über Meer, Sonnenlage usw., entzieht sich unserer Kenntnis. Aus der Reihe fallen wiederum die Adlisbergpflanzen. Die Handelsdrogen zeigten alle mittlere Ligningehalte, wie wir sie bei den selbstgesammelten Pflanzen im Juni und Juli gefunden haben.

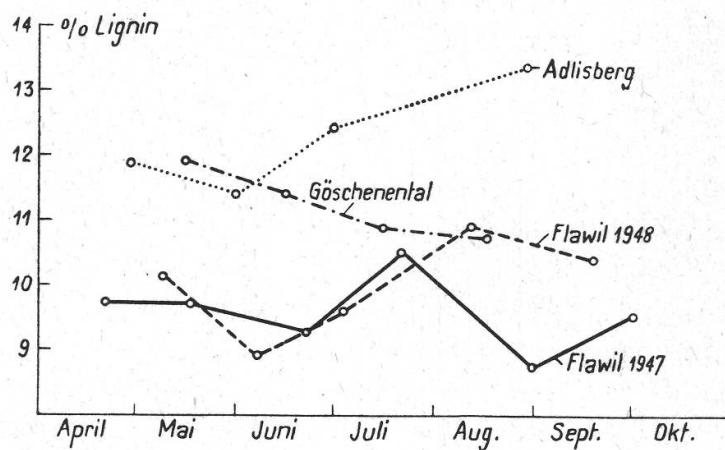


Figur 16
Ligningehalt von *Alchemilla alpina* L.

3. *Plantago lanceolata* L.

Tabelle 24
Ligningehalt von *Plantago lanceolata* L.

Flawil 1947		Flawil 1948		Göschenental		Adlisberg		Handel	
Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Ernte	%	Muster	%
21.4.	9,72	9.5.	10,15	15.5.	11,94	28.4.	11,88	I	7,31
17.5.	9,72	6.6.	8,90	15.6.	11,42	30.5.	11,46	II	10,35
22.6.	9,30	3.7.	9,62	15.7.	10,92	1.7.	12,44	III	9,79
21.7.	10,51	11.8.	10,93	17.8.	10,80	28.8.	13,40	IV	9,44
30.8.	8,79	18.9.	10,46					V	9,82
1.10.	9,55								



Figur 17
Ligningehalt von *Plantago lanceolata* L.

Der Verlauf der Änderungen im Ligningehalt ist bei den Pflanzen der verschiedenen Standorte so verschieden, daß daraus keine Regelmäßigkeit ersichtlich ist. Während bei den beiden Ernteserien von Flawil die Ligningehalte zu- und abnehmen, stellten wir bei den Pflanzen aus dem Göschenental eine ständige Abnahme fest.

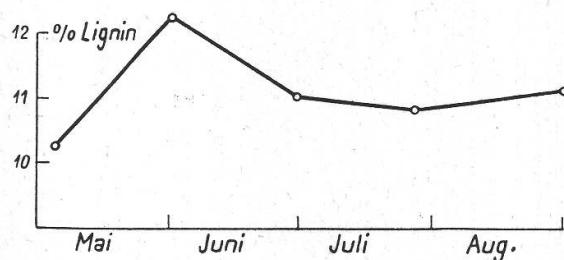
Die Ligningehalte der Handelsdrogen liegen, mit Ausnahme von Muster I, alle in der Mitte der auch an den eigenen Pflanzen festgestellten Gehalte. Der niedere Ligningehalt bei Muster I darf wohl auf eine Verfälschung mit anderen Blättern zurückgeführt werden.

Auf jeden Fall ist aus dem verschiedenartigen Verlauf der Änderungen des Ligningehaltes von *Plantago lanceolata* keine Möglichkeit ersichtlich, auf den Erntemoment der Drogen schließen zu können.

4. *Plantago alpina* L.

Tabelle 25
Ligningehalt von *Plantago alpina* L.

Ernte	4.5.1947	1.6.1947	29.6.1947	27.7.1947	31.8.1947
% Lignin	10,23	12,25	11,08	10,83	11,13



Figur 18
Ligningehalt von *Plantago alpina* L.

Auch bei *Plantago alpina* zeigt sich wiederum, wie bei *Plantago lanceolata*, ein von den Alchemillen abweichender Verlauf des Ligningehaltes. Infolge Fehlens weiterer Resultate ist es aber nicht möglich, irgendeinen Schluß zu ziehen aus dieser Kurve (Fig. 18).

5. *Tussilago Farfara* L.

In den Blättern des Huflattichs fanden wir bei allen fünf Provenienzen ganz unwahrscheinlich hohe Ligningehalte (15—28 %!). Diese Werte sind sicher durch *nichtligninartige* Begleitstoffe, zum Beispiel Stickstoffverbindungen und nicht aufgeschlossene Kohlehydrate, verursacht. Wir sehen deshalb von der Diskussion dieser Werte ab.

Jedenfalls ist es auch bei *Tussilago Farfara* L., ähnlich wie bei *Plantago lanceolata* L. und *P. alpina* L., nicht möglich, aus den Ligningehalten auf den ungefähren Erntemoment der Drogen zu schließen.

Zusammenfassend läßt sich über die Änderungen im Ligningehalt sagen, daß diese bei den verschiedenen untersuchten Pflanzen keine Gemeinsamkeiten zeigen. Bei den beiden *Alchemilla*-Arten stellten wir eine mehr oder weniger konstante Zunahme des Ligningehaltes fest im Laufe der Vegetationsperiode. Bei diesen beiden Pflanzen dürfte es daher möglich sein, aus dem Ligningehalt auf den Erntezeitpunkt der Droge schließen zu können. Ob dies aber praktisch von Nutzen ist für die Normierung dieser beiden Drogen, kann erst im Vergleich mit den Gerbstoffgehalten entschieden werden.

Bei den drei anderen untersuchten Drogen ändert sich der Ligningehalt so unregelmäßig, daß daraus unmöglich auf den Erntezeitpunkt geschlossen werden kann. Es sind auch keine Zusammenhänge zwischen Ligningehalt und Witterung ersichtlich, wie dies beim Rohfaser- und Aschegehalt der Fall war.

F. Gerbstoffgehalt

Die Gerbstoffbestimmungen wurden von uns nur als Nebenversuche durchgeführt. Wir wollten nur einige Resultate haben darüber, wie hoch der Gerbstoffgehalt der beiden *Alchemilla*-Arten zu den verschiedenen Jahreszeiten ist, um daraus einen Vergleich mit den Ligningehalten anzustellen. Wir führten deshalb die Bestimmungen nur mit den 1947 auf dem Kamor gesammelten *Alchemilla*-Drogen durch und mit den Handelsdrogen.

1. *Alchemilla vulgaris* L.

Tabelle 26
Gerbstoffgehalt von *Alchemilla vulgaris* L.

Kamor 1947		Handel	
Ernte	% Gerbstoff	Muster	% Gerbstoff
27. 4.	10,4	I	—
1. 6.	12,4	II	11,2
29. 6.	11,7	III	9,3
27. 7.	11,0	IV	9,2
31. 8.	10,8	V	12,6
18.10.	10,2		

Nach einem niedrigen Gerbstoffgehalt am Anfang der Vegetationsperiode zeigt sich bei *Alchemilla vulgaris* L. eine starke Zunahme der Gerbstoffe bis anfangs Juni, wo das Maximum erreicht wird. Dieses

Maximum fällt zusammen mit der Blütezeit. Nachher nehmen die Gerbstoffe wieder langsam ab, und im Oktober ist der Gehalt wieder gleich hoch wie im Frühling.

Von den Handelsdrogen wies Muster II einen Gerbstoffgehalt von 11,2 % auf, was auf eine im Hochsommer geerntete Droge hinweist. Muster III und IV zeigten auffallend niedrige Gehalte. Doch waren diese beiden Muster sehr stark mit fremden Pflanzenteilen vermischt, so daß sie schon aus diesem Grunde als minderwertig bezeichnet werden mußten. Muster V stellt den Wert einer reinen Blattdroge dar. Er kann deshalb nicht direkt mit den anderen Werten verglichen werden. Doch zeigt gerade dieses Muster mit seinem hohen Wirkstoffgehalt, daß es erstrebenswert wäre, nur Blätter zu benützen, da sie wertvoller sind als das ganze Kraut.

Die von uns gefundenen Gerbstoffgehalte liegen höher als die von Mühlmann (41) angegebenen 6,4 bis 8,4 %. Da aber Mühlmann eine mit Alkoholdampf stabilisierte Droge verwendete, ist denkbar, daß bei der Stabilisation bereits ein Teil der Gerbstoffe extrahiert worden ist. Der Autor sagt aber leider darüber nichts aus. Ferner extrahierte er die Droge kalt, während wir die Auszüge heiß bereiteten. Aus diesen Gründen ist anzunehmen, daß die von Mühlmann gefundenen Werte eher zu tief liegen.

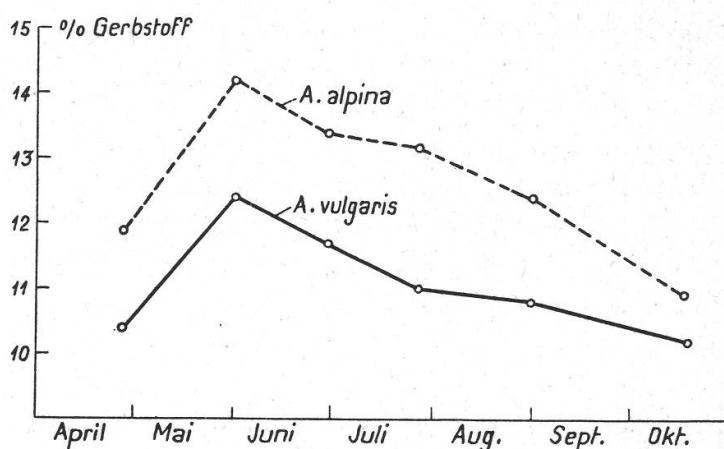
Interessant ist eine Gegenüberstellung der Resultate von den Gerbstoff- und Ligninbestimmungen. Den niedrigen Ligninwerten bei den Aprildrogen entspricht auch ein niederer Gerbstoffgehalt. Doch ist dies kaum von Bedeutung, da wohl niemand schon Ende April mit dem Einsammeln von Frauenmantel beginnt, da die Blätter noch sehr klein sind zu dieser Zeit. Während nun aber bei der weiteren Entwicklung der Pflanze der Ligningehalt eine ständige Zunahme erfährt, zeigt der Gerbstoffgehalt ein deutliches Maximum zur Blütezeit anfangs Juni und nimmt dann später wieder ab.

Wenn wir unsere Resultate, trotz der kleinen Versuchsserie, verallgemeinern wollen, so ergibt sich, daß die in der Einleitung erwähnte Forderung auf Vorsommerdroge bei *Alchemilla vulgaris* berechtigt ist. Es muß damit aber auch gefordert werden, daß diese Forderung auch eingehalten wird. Zur Garantierung einer solchen Vorsommerdroge muß daher sowohl eine Gerbstoff- als auch Ligninbestimmung durchgeführt werden, wobei der Gerbstoffgehalt mindestens 12 % betragen muß, der Ligningehalt höchstens 7,5 %. Verzichtet man hingegen auf eine sehr gehaltvolle, reine Blattdroge, so muß zum mindestens das ganze *blühende* Kraut verlangt werden. Es läßt sich dann nämlich leicht erkennen, ob es zur richtigen Zeit gesammelt worden ist oder erst nachher. Im übrigen läßt sich der Erntezeitpunkt auch noch mikroskopisch bestimmen, wie wir noch sehen werden.

2. *Alchemilla alpina* L.

Tabelle 27
Gerbstoffgehalt von *Alchemilla alpina* L.

Kamor 1947		Handel	
Ernte	% Gerbstoff	Muster	% Gerbstoff
27. 4.	11,9	I	12,8
1. 6.	14,2	II	13,6
29. 6.	13,4	III	13,2
27. 7.	13,2	IV	14,9
31. 8.	12,4		
18. 10.	10,9		



Figur 19
Gerbstoffgehalt von *Alchemilla vulgaris* L. und *Alchemilla alpina* L.

Der Verlauf des Gerbstoffgehaltes von *Alchemilla alpina* L. während der Vegetationsdauer entspricht dem Verlauf bei *Alchemilla vulgaris* L. Auf einen niedrigen Gehalt der jungen, noch wenig entwickelten Pflanzen kommt eine starke Zunahme der Gerbstoffe bis zum Maximum bei der blühenden Pflanze Anfang Juni. Schon am Ende der Blütezeit, Ende Juni, ist der Gehalt wieder zurückgegangen, und er nimmt bis zum Oktober immer noch mehr ab.

Die Handelsdrogen I, II und III zeigten Gerbstoffgehalte, die ungefähr den an Pflanzen von Ende Juni festgestellten entsprechen. Für Muster IV, eine reine Blattware, gilt das gleiche, was wir bei Muster V des Frauenmantels gesagt haben.

Im Vergleich mit den Resultaten der Ligninbestimmungen zeigt sich, daß der höchste Gerbstoffgehalt von 14,2 % einem Ligningehalt von weniger als 11 % gegenübersteht, während bei den später geernteten Pflanzen mit niedrigerem Gerbstoffgehalt der Ligningehalt über 11 % liegt. Aus diesen Resultaten darf wohl geschlossen werden, unter

Vorbehalten wegen der kleinen Versuchsserie, daß die Forderung des Drogenhandels auf Vorsommerdroge auch bei *Alchemilla alpina* berechtigt ist. Eine Verwechslung mit den Frühlingsdrogen, die wohl niedrige Ligningehalte, aber auch niedrige Gerbstoffgehalte aufweisen, ist kaum zu erwarten, da diese schon makroskopisch an den kleinen Fiederblättchen erkannt werden können. Überdies ist ihre Einsammlung gerade wegen der noch kleinen Blättchen viel zu mühsam. Ferner läßt sich diese Unsicherheit leicht umgehen, wenn das ganze blühende Kraut verlangt wird, wo dann an den vorhandenen Blüten rasch der richtige Entwicklungszustand erkannt werden kann. Allerdings ist es auch hier empfehlenswert, nur die gehaltvolleren Blätter zuzulassen und dafür deren Gerbstoff- und Ligningehalt zu bestimmen, die mindestens 14 % und maximal 11 % betragen müssen.

Die Resultate der Gerbstoffbestimmungen zeigen, daß die Gerbstoffgehalte bei *Alchemilla vulgaris* L. und *A. alpina* L. zur Blütezeit am höchsten sind, also von Mitte Mai bis Ende Juni/Mitte Juli. Nachher nehmen sie wieder ab bis zum Ende der Vegetationsperiode. Ob diese Abnahme durch eine Rückkehr der Gerbstoffe in den Stoffwechsel, eventuell eine Abwanderung in die Wurzeln, zu erklären ist oder durch eine Umwandlung in unlösliche Stoffe, läßt sich aus unseren Untersuchungen nicht feststellen.

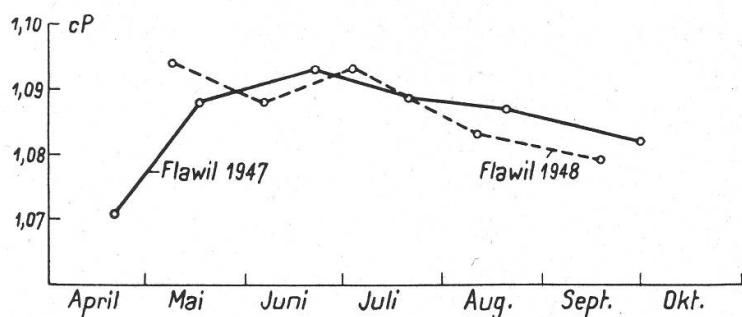
Der Vergleich der Gerbstoffgehalte mit den Ligningehalten zeigt, daß die in der Einleitung erwähnte Forderung des Drogenhandels auf Vorsommerdroge und deren Motivierung bei den *Alchemilla*-Arten berechtigt ist. Denn die nach der Blütezeit gesammelten Drogen weisen niedrigere Gerbstoffgehalte bei höheren Ligningehalten auf und sind also deutlich weniger wertvoll. Wir möchten daher diese Forderung aufrechterhalten.

G. Schleimbestimmungen

1. *Plantago lanceolata* L.

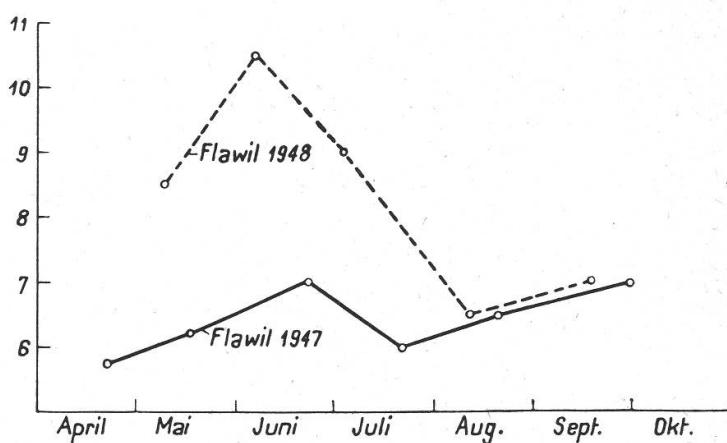
Tabelle 28
Viskosität und Quellungsfaktoren von *Plantago lanceolata* L.

Flawil 1947			Flawil 1948			Handel		
Ernte	η	Quellfaktor	Ernte	η	Quellfaktor	Muster	η	Quellfaktor
21.4.	1,071	5,75	9.5.	1,094	8,5	I	1,112	7,5
17.5.	1,088	6,2	6.6.	1,088	10,5	II	1,115	5,5
22.6.	1,093	7,0	3.7.	1,093	9,0	III	1,109	8,5
21.7.	1,088	6,0	11.8.	1,083	6,5	IV	1,098	7,5
20.8.	1,087	6,5	18.9.	1,079	7,0	V	1,110	7,5
1.10.	1,082	7,0						



Figur 20

Viskosität der wässerigen Auszüge von *Plantago lanceolata* L.



Figur 21

Quellungsfaktoren von *Plantago lanceolata* L.

Die Änderungen der Viskosität der wässerigen Auszüge von *Plantago lanceolata* L. verlaufen ziemlich parallel mit den Änderungen der Niederschläge. Bei trockenem Wetter sind die gemessenen Viskositäten niedriger als bei feuchtem Wetter, doch sind die Differenzen sehr klein. Sie können vielleicht so erklärt werden, daß beim trockenen Wetter ein Teil des löslichen Schleims unlöslich wurde und durch die Viskositätsmessung nicht mehr erfaßt wurde, hingegen durch die Bestimmung des Quellungsfaktors. Wir stellten auch eine gewisse, wenn auch undeutliche Erhöhung in den Quellungsfaktoren fest bei trockenem Wetter. Diese Umwandlung würde dann auch die Theorie erklären, daß Schleim ein Trockenheitsschutz sei.

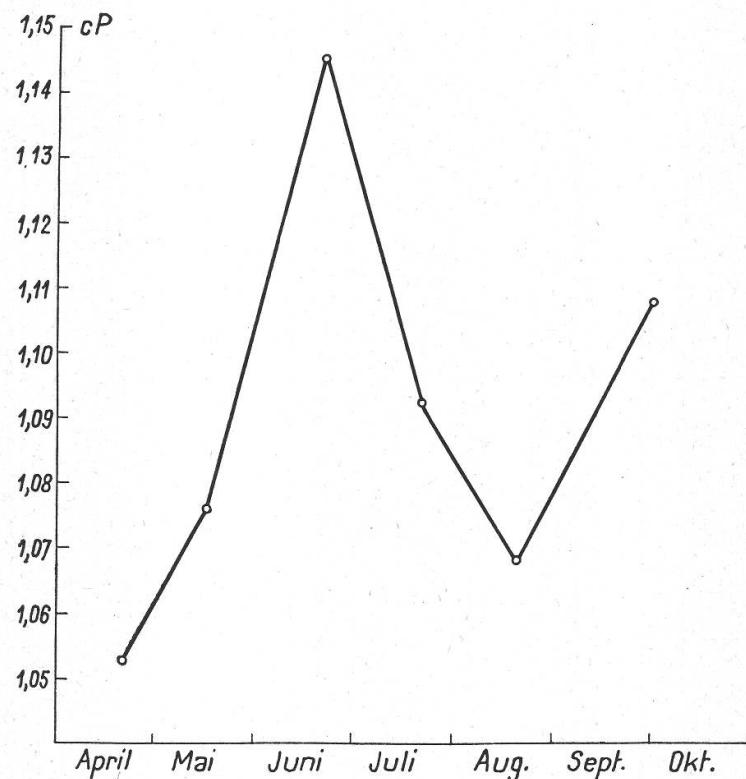
Bei den Quellungsfaktoren sind die Verhältnisse unklar. Die zu erwartende Übereinstimmung in den Variationen der Quellungsfaktoren und der Viskositäten sind nur zum Teil beobachtet worden. Aus diesen Gründen scheint es uns notwendig, bei schleimhaltigen Blattdrogen neben der Bestimmung der Viskosität des wässerigen Auszuges stets auch eine Bestimmung des Quellungsfaktors vorzunehmen.

Bei den Handelsdrogen stellten wir bei allen Mustern höhere Viskositätswerte fest, während die Quellungsfaktoren in den Werten der eigenen Pflanzen blieben.

2. *Tussilago Farfara* L.

Tabelle 29
Viskositäten und Quellungsfaktoren von *Tussilago Farfara* L.

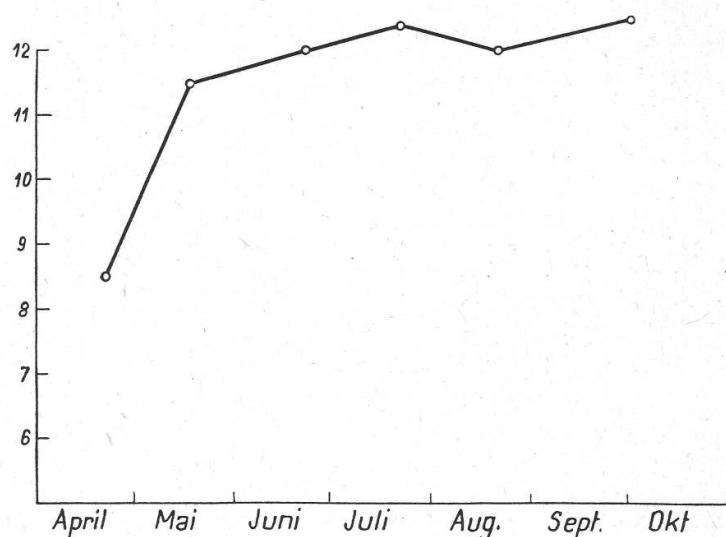
Flawil 1947			Handel		
Ernte	cP	Quellungs-faktor	Muster	cP	Quellungs-faktor
21.4.	1,053	8,5	I	1,074	10,5
17.5.	1,076	11,5	II	1,050	9,5
22.6.	1,145	12,0	III	1,064	9,5
21.7.	1,092	12,4	IV	1,071	11,5
30.8.	1,068	12,0	V	1,074	10,5
1.10.	1,108	12,5			



Figur 22
Viskositäten der wässerigen Auszüge von *Tussilago Farfara* L.

Auch bei *Tussilago Farfara* L. variiert die Viskosität der wässerigen Auszüge mit den Niederschlägen. Aus der Reihe fällt allerdings der Wert vom Oktober, der viel höher liegt als erwartet. Damals war nämlich noch

kein Regen gefallen, so daß ein niedriger Viskositätswert zu erwarten war. Wir erklären uns diesen hohen Wert durch den geschützten, schon an und für sich feuchten Standort und durch den bereits wieder auftretenden Tau. Die Werte der Handelsdrogen liegen alle ziemlich niedrig. Es besteht also die Möglichkeit, daß diese Drogen in einer Trockenperiode gesammelt worden sind. Andererseits darf nicht vergessen werden, daß durch schlechte Trocknung infolge hydrolytischen und fermentativen Abbaus Schleimverluste eingetreten sein könnten oder aber daß die Pflanzen schon an und für sich wenig Schleim enthielten.



Figur 23
Quellungsfaktoren von *Tussilago Farfara* L.

Die Quellungsfaktoren zeigen ein weniger deutliches Verhalten als die Viskositäten. Aber es ist trotzdem ein Zusammenhang zwischen löslichem und unlöslichem Schleim, wenn auch sehr undeutlich, feststellbar. Auf jeden Fall stellten wir bei Abnahme der Viskosität keine Abnahme, sondern eher eine geringe Vergrößerung des Quellungsfaktors fest.

Aus unseren Untersuchungen lassen sich keine Gesetzmäßigkeiten über die zeitliche Verteilung des in den Pflanzen vorkommenden Schleims erkennen. Es ist daher auch nicht möglich, an Hand der gemessenen Viskositäten und Quellungsfaktoren auf den Erntemoment der Drogen zu schließen. Die bestimmten Werte werden auch nicht beeinflußt durch mehr oder weniger starke Verholzung, wie aus dem Vergleich der Viskositäts- und Quellungsfaktorenwerte mit den Ligninwerten erkennbar ist. Hingegen stellten wir eine gewisse Parallelität fest zwischen Schleimvorkommen und Rohfasergehalt; doch ist dies z. T. durch die Bestimmungsmethode der Rohfaser bedingt.

Wenn uns auch die Viskosität der wässrigen Auszüge und die Quellungsfaktoren keinen Hinweis geben auf den Erntemoment der

Drogen, so kann uns deren Bestimmung aber doch gewisse Hinweise auf die Feuchtigkeitsverhältnisse der Pflanzenstandorte geben. Da ferner die Viskosität der Pflanzenauszüge und wohl auch die vorhandene Schleimmenge der bei feuchtem Wetter geernteten Drogen größer ist, so glauben wir empfehlen zu dürfen, Schleimdrogen nur von feuchten Standorten und nach Schluß einer längeren Regenperiode zu sammeln. Die Jahreszeit spielt dabei keine Rolle.

V. Mikroskopische Untersuchungen

Ein weiteres Ziel unserer Arbeit sahen wir in der Bestimmung des Erntezeitpunktes der Drogen mittelst mikroskopischer Methoden.

Zu diesem Zwecke legten wir von jeder Ernte und jedem Standort einige Blätter zur Fixierung in Carnoy-Mischung (10 T. Eisessig, 10 T. Glycerin, 80 T. Alkohol). Von diesem so fixierten Material fertigten wir später Schnitte an durch die Hauptnerven, und zwar je an der Blattspitze, -mitte und -basis. Diese Schnitte behandelten wir ohne weiteres Aufhellen mit Phloroglucinsalzsäure. Als Vergleichsreaktionen probierten wir auch Anilinsulfat und Thionin aus. Da aber mit Phloroglucinsalzsäure (Ph-HCl) die deutlicheren Färbungen erzielt wurden, verzichteten wir im weiteren auf die anderen Reaktionen.

Im Laufe der Arbeit erwies es sich, daß auch mit Ph-HCl oft nur schwer feststellbare Färbungen auftreten, die einen zu Fehlschlüssen verleiten, vor allem wenn es sich darum handelt, festzustellen, ob auch die Mittellamellen von parenchymatischen Zellen verholzt sind. Wir suchten daher noch eine andere, eindeutigere mikroskopische Reaktion auf Lignin. Eine Farbreaktion ähnlich den schon probierten kam aber nicht in Frage. Hingegen wies Eichler (62) darauf hin, daß das Lignin in nativem Zustand im Ultraviolettslicht eine stark blaue Eigenfluoreszenz aufweist, während die Zellulose und andere polymere Kohlehydrate nicht fluoreszieren. Er fand, daß mit Hilfe des Fluoreszenzmikroskopes vielfach eine Verholzung bereits nachgewiesen werden kann, bevor die üblichen Holzreaktionen positiv werden. Auch Wimmer (63) fand, daß die fluoroskopische Leuchtreaktion zum Nachweis der Verholzung sich immer allen anderen Reaktionen deutlich überlegen erweist. Diese Angaben bewogen uns, neben der Ph-HCl-Reaktion alle Schnitte auch noch unter dem UV-Mikroskop zu betrachten, wobei auch wir die Überlegenheit dieser Methode erkannten. Sie hat zudem noch den Vorteil, daß man ohne weitere Reagenzien auskommt. Es genügt, die Schnitte in Wasser im durchfallenden UV-Licht zu betrachten. Bei Anwesenheit von Gerbstoffen ist es allerdings günstiger, die Schnitte zuerst mit Chloralhydrat aufzukochen zur Entfernung der Gerbstoffe, die durch ihre stark grüne Fluoreszenz die Ligninfarbe überdecken können. Die normale

Fluoreszenzfarbe des Lignins ist blau. Sie variiert aber oft bei einer und derselben Spezies von Blau bis Grüngelb, ja wir stellten auch violette Färbungen fest bei Elementen, die mit Ph-HCl deutlich verholzt erschienen. Ob diese verschiedenen Fluoreszenzfarben von verschiedenartigen chemischen Bausteinen oder verschiedenen Polymerisationsgraden des Lignins herstammen oder ob evtl. neben dem Lignin noch andere, bisher unbekannte Inkrustsubstanzen mit Eigenfluoreszenz vorkommen, ist bis heute noch nicht geklärt. Daß dies letztere aber der Fall sein könnte, ergibt sich schon daraus, daß bei unseren Schnitten auch die Cuticula durch stark leuchtende Farbe auffiel, die je nach Schnittdicke von Rotviolett bis Reinblau variierte und die wir dem Cutin zuschrieben.

Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen

1. *Alchemilla vulgaris* L.

Das Frauenmantelblatt ist deutlich bifazial gebaut. Im Querschnitt weist die obere Epidermis längliche, gestreckte Zellen auf. Darunter liegt ein einreihiges Palisadengewebe. Der größte Teil des Mesophylls wird durch kleinzelliges, lockeres Schwammparenchym eingenommen. Die untere Epidermis ist sehr kleinzellig und reichlicher mit einzelligen, spitzen Haaren besetzt als die obere.

Die Nerven sind unterseits ziemlich stark vorgewölbt. Unter den Epidermen liegt ein 2—3schichtiges Kollenchym mit mäßig verdickten Zellwänden. Das Nervenparenchym besteht oberseits aus wenigen, unterseits aus einer großen Zahl großer, runder bis polygonaler Zellen mit großen Interzellularen. Die Endodermis bildet eine einzellige Schicht niedriger, gestreckter, ziemlich kleiner Zellen mit deutlichen Casparyschen Punkten. Der Perizykel ist undeutlich und wird durch einige Lagen unverdickter Fasern gebildet. Im Gefäßbündel sind Xylem und Phloem strahlig gebaut. Die Markstrahlen sind 2—3 Zellen breit, das Mark ziemlich groß. An verholzten Elementen fanden wir die Gefäße, die einzelligen Haare und die Casparyschen Punkte. Die letztern verholzen erst später im Jahr, wie sich leicht feststellen läßt. Von den im April gesammelten Blättern wiesen alle nur verholztes Xylem und Haare auf. Im Mai und Anfang Juni stellten wir fluoroskopisch bereits verholzte Casparysche Punkte fest, während die Ph-HCl-Reaktion noch negativ war. Erst ab Mitte Juni zeigte auch diese Reaktion Verholzung der Casparyschen Punkte an. In diesem Zeitpunkt erschienen aber fluoroskopisch bereits die ganzen Zellen der Endodermis, mit Ausnahme einiger weniger Zellen, völlig verholzt, eine Verholzung, die mit Ph-HCl auch später im Jahre nie beobachtet wurde. Diese Befunde stellten wir sowohl an verschiedenen Blättern einer einzelnen Ernte als auch an Blättern der verschiedenen Standorte fest.

Von den Handelsdrogen zeigten alle sowohl fluoroskopisch als auch mit Ph-HCl verholzte Gefäße, Haare und verholzte Endodermen. Diese Verhältnisse erwarteten wir auch nach den Ligningehalten dieser Drogen. Entwicklungsmäßig tritt Verholzung in der Endodermis am Schluß der Blütezeit von *Alchemilla vulgaris* auf, also zu einem Zeitpunkt, wo die Gerbstoffe bereits wieder abnehmen, die Ligningehalte aber bereits ziemlich hoch sind.

2. *Alchemilla alpina* L.

Die obere Epidermis des Silbermantelblattes besteht im Querschnitt aus breiten, niederen Zellen und ist von einer sehr dicken Cuticula überzogen. Das dichtzellige Palisadengewebe ist einreihig und nimmt zirka $\frac{1}{3}$ der Blattdicke ein. Das Schwammparenchym besteht aus dichten, kleinen, rundlichen Zellen. Die untere Epidermis ist niedriger als die obere und führt eine dünnere Cuticula. Sie ist dicht besetzt mit verholzten, einzelligen, spitzen Haaren, die mit erweiterter Basis in der Epidermis sitzen und einen dichten, seidigen Belag auf der Blattunterseite bilden. Daneben finden sich noch zerstreut liegende Köpfchenhaare auf beiden Flächen.

Der Mittelnerv wölbt sich an der Blattunterseite ziemlich stark vor. Sein Aufbau ist ganz ähnlich dem von *Alchemilla vulgaris*, nur daß die Endodermiszellen etwas größer sind.

An verholzten Elementen finden wir wiederum die Gefäße, die Haare und etwas später im Jahr die Casparyschen Punkte. Auch der zeitliche Ablauf der Verholzung ist gleich wie beim Frauenmantel. Die mit Ph-HCl erkennbare Verholzung der Casparyschen Punkte fällt auch wieder mit dem Abschluß der Blütezeit zusammen. Auch hier machten wir diese Feststellungen an verschiedenen Blättern einer Ernte und an den Blättern der verschiedenen Standorte.

Von den Handelsdrogen zeigten wiederum alle Verholzung der Gefäße, der Haare und in der Endodermis, woraus geschlossen werden darf, daß sie erst nach der Blütezeit geerntet worden sind.

Vergleichen wir nun die konstatierten histochemischen Befunde mit den analytisch ermittelten Ligningehalten, so sehen wir, daß vom Momente an, wo die Verholzung der Casparyschen Punkte mit Ph-HCl sichtbar wird, die Ligningehalte bei *Alchemilla vulgaris* über 7,5 %, bei *Alchemilla alpina* über 10 % liegen, während die Gerbstoffgehalte bereits wieder abnehmende Tendenz zeigen. Die Verholzung der Casparyschen Punkte bildet also ein sicheres Merkmal für die Feststellung des Erntezeitpunktes dieser beiden Drogen.

3. *Plantago lanceolata* L.

Das Blatt von *Plantago lanceolata* L. erscheint im Querschnitt im großen und ganzen monofazial gebaut. Das obere Palisadenparenchym

ist zwei- bis dreischichtig, das untere ein- bis zweischichtig. Das dazwischenliegende Mesophyll besteht aus großen, mehr oder weniger rundlichen Parenchymzellen mit kleinen Interzellularen. Die Epidermen bestehen aus schwach länglich gestreckten Zellen. Spaltöffnungen kommen auf beiden Seiten vor. Einzelne Epidermiszellen sind vergrößert und dienen als Basiszellen für typische Gliederhaare. Daneben findet man noch Reihenhaare.

Die Nerven treten unterseits deutlich hervor. Ihre obere Epidermis besteht im Querschnitt aus tangential gestreckten, dünnwandigen Zellen, die untere Epidermis aus isodiametrischen, kleinen, dickwandigen Zellen. Oben fehlt das Kollenchym, unten finden sich davon zwei bis drei Lagen. Das Parenchym mit rundlichen Zellen ist oben und unten stark entwickelt. Die Endodermis bildet eine Lage rundlicher Zellen, die den Bündelstrang umschließen. Der Perizykel besteht oben und unten aus zirka sechs Lagen schwach verdickter Fasern. Das Xylem ist strahlig gebaut, das Phloem in Gruppen.

Verholzte Elemente fanden wir nur in den Nerven. Bei allen untersuchten Blättern waren stets die Gefäße verholzt. Schon im Mai traten aber einzelne verholzte Zellen in der Endodermis auf. Mit Ph-HCl waren nur die Casparyschen Punkte sichtbar, fluoroskopisch hingegen erschienen die ganzen Endodermiszellen verholzt. Bei den in Flawil gesammelten Blättern blieb die Verholzung auf dieser Stufe stehen, während bei den Pflanzen aus dem Göschenental vom Juni an auch die Fasern des Perizykels mit Ph-HCl eine positive Verholzungsreaktion zeigten.

Von den Handelsdrogen zeigten alle die gleichen verholzten Elemente: Gefäße, Endodermis und z. T. Perizykelfasern. Weitere charakteristische Elemente, die erst später im Jahr verholzen und dadurch einen Hinweis auf den Erntemoment geben würden, fanden wir keine. Es ist daher für *Plantago lanceolata* L. auch mikroskopisch nicht möglich, den Erntemoment der Blätter zu bestimmen, wie wir es schon bei den chemischen Untersuchungen gefunden haben.

4. *Plantago alpina* L.

Das undeutlich monofazial gebaute Blatt von *Plantago alpina* L. weist im Querschnitt eine aus schwach horizontalen Zellen bestehende obere Epidermis auf. Die untere Epidermis ist etwas großzelliger. In beiden sind einige Zellen deutlich vergrößert und bilden Basalzellen für *Plantago*-Gliederhaare. Die Palisadenschichten werden gebildet oben durch 2—3 Reihen, unten durch 1—2 Reihen schwach gestreckter, ziemlich locker nebeneinander stehender Zellen. Das Schwammparenchym besteht aus vielen Lagen mehr oder weniger kugeliger Zellen mit zahlreichen Interzellularen.

Der Mittelnerv ist oben schwach konkav, unten flach konvex. Die untere Epidermis bildet am Mittelnerv 2—5 zapfenartige Ausstülpungen. Das Kollenchym fehlt oben und ist durch eine mehr oder weniger durchgehende Palisadenlage ersetzt, unten sind 1—3 Lagen rundlicher, kollenchymatisch verdickter Zellen vorhanden. Das Grundgewebe ist oben und unten stark entwickelt. Die Endodermis ist gut differenziert durch eine den Bündelstrang umschließende Zellage. Der Perizykel wird gebildet durch 4—6 Zellagen ziemlich stark verdickter Fasern. Die Gefäßbündel sind kollateral gebaut mit radial angeordneten Gefäßen und Phloempartien in Gruppen. An verholzenden Elementen fanden wir die gleichen wie beim Spitzwegerich. Auch hier traten schon im Mai verholzte Casparysche Punkte und Fasern auf.

Es ist also auch bei *Plantago alpina* nicht möglich, auf mikroskopischem Weg den Erntemoment der Droge zu bestimmen.

5. *Tussilago Farfara* L.

Das Huflattichblatt ist bifazial gebaut. Im Querschnitt erscheint die obere Epidermis mit gestreckten, dünnwandigen Zellen mit gefältelter Cuticula. Die Palisaden sind 2—4 Lagen dick, wovon die oberste kurzellig, die tieferen lang und schlankzellig sind. Die obersten drei Lagen des Schwammparenchyms weisen mehr oder weniger polyedrische Zellen mit kleinen Interzellularen auf, die unteren Partien bestehen aus ± vertikalen, meist nur eine Zellage dicken Platten, zwischen denen große Interzellularen liegen, die bis zur unteren Epidermis reichen. Diese besteht aus isodiametrischen, kleinen, dünnwandigen Zellen und ist über den Luftlücken blasig aufgetrieben. Sie ist dicht mit langen, 4—7gliedrigen Haaren mit oft kollabierten unteren Zellen besetzt. Der Mittelnerv weist oben und unten Epidermen mit ± isodiametrischen Zellen auf. Oben und unten findet sich ein mehrere Lagen dickes Kollenchym mit wenig verdickten Wänden. Das Parenchym wird gebildet oben aus wenigen, unten aus vielen Lagen dünnwandiger, rundlicher Zellen. Unter der nicht differenzierbaren Endodermis anliegend finden sich 2—4 kleine, schizogene Sekretbehälter mit braunem Inhalt. Der Perizykel besteht oben und unten aus mehreren Lagen schwach verdickter Fasern. Das Gefäßbündel bildet einen kollateralen Strang mit undeutlich strahlig gebautem Xylem und Phloem und mehreren Lagen Kambium. Die Markstrahlen sind 1—3reihig.

Verholzt sind stets die Gefäße. Ferner fanden wir nur fluoroskopisch schon bei den ersten Ernten der verschiedenen Standorte verholzte Perizykelfasern. Erst im Laufe des weiteren Wachstums verholzende Elemente konnten wir keine finden. Es fehlen also auch hier wieder typische Elemente für die Bestimmung des Erntemomentes.

Bei den Handelsdrogen waren neben den Gefäßen bei fast allen

Schnitten auch verholzte Perizykelfasern zu finden unter dem Fluoreszenzmikroskop.

Als Schlußfolgerung aus den mikroskopischen Untersuchungen ergibt sich, daß es wohl möglich ist, durch histochemischen Nachweis der Verholzung auf das ungefähre Erntedatum einer Droge zu schließen, sofern Elemente vorhanden sind, die erst im Laufe der Vegetationsperiode verholzen. Solche Verhältnisse liegen bei *Alchemilla vulgaris* und *A. alpina* vor, wo die Casparyschen Punkte in der Endodermis erst nach Abschluß der Blütezeit verholzen und somit ein eindeutiges Merkmal des Entwicklungsstadiums der Pflanzen darstellen.

Bei den drei anderen untersuchten Drogen, *Plantago lanceolata* L., *P. alpina* L. und *Tussilago Farfara* L., fehlen solche Elemente, und es ist daher auch nicht möglich, bei diesen Pflanzen aus dem mikroskopischen Bild auf den Erntemoment zu schließen.

Von den Handelsdrogen zeigten die *Alchemilla*-Drogen alle Verholzung in der Endodermis. Dieses beweist, daß sie erst nach der Blütezeit, die von Mitte Mai bis Ende Juni/Mitte Juli dauert, geerntet wurden und somit den Anforderungen betr. Erntezeit nicht entsprechen.

Bei den beiden Wegerich-Arten und dem Huflattich war die Verholzung bei den Handelsdrogen gleich stark ausgebildet wie bei den selbstgesammelten Pflanzen, und es läßt sich von ihnen nichts sagen über die Erntezeit.

VI. Die Bedeutung der Resultate für die Drogennormierung

Aus den Resultaten unserer Untersuchungen ergibt sich, daß die verschiedenen verfolgten Merkmale für die Drogennormierung von ganz verschiedenem Wert sind. Insbesondere sind sie nur bei einzelnen Arten oder Drogen für die Bestimmung des Erntezeitpunktes anwendbar. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Resultate bei der gleichen, aber an verschiedenen Standorten gewachsenen Droge ziemlich starken Schwankungen unterworfen sein können.

Diesen biologisch bedingten Streuungen muß aber bei der Aufstellung von Kennzahlen für die Drogennormierung Rechnung getragen werden. Es ist nötig, den Normen einen weitgehenden Gültigkeitsbereich zu geben durch nicht zu eng festgelegte Grenzwerte. Auch dann ist es stets noch möglich, daß bei einer Droge einzelne Werte außerhalb dieser Grenzwerte liegen, ohne daß die Droge als unzulässig deklariert werden müßte. Es ist deshalb unbedingt nötig, bei der Drogennormierung mehrere Kennzahlen aufzustellen, die jeweils alle oder doch die meisten erfüllt sein müssen von einer einwandfreien Droge.

Die Notwendigkeit dieser letzten Forderung zeigte sich uns bei der Bestimmung des Wassergehaltes der lufttrockenen Drogen. Wir stellten

dort Differenzen von mehr als 2 % fest bei Pflanzen, die zum gleichen Zeitpunkt an verschiedenen Standorten gesammelt wurden, während sie in anderen Merkmalen sehr gut miteinander übereinstimmten.

Die gleiche Unsicherheit in der Bewertung der Resultate ergab sich bei den Aschegehalten der Drogen. Die bestimmte Aschemenge einer Droge setzt sich nämlich zusammen aus den in der Pflanze enthaltenen Mineralstoffen (= innere Asche) und den äußereren, anorganischen Verunreinigungen, wie Erde, Sand, Staub usw. (= äußere Asche). Da wir den Aschegehalt als Ausdruck der Reinheit einer Droge benutzen, so wollen wir bei der Aschebestimmung in erster Linie diese äußere Asche erfassen. Dies wäre an und für sich einfach, sofern die innere Asche einer Droge konstant wäre. Bei den Aschebestimmungen zeigen sich aber stets ziemlich große Schwankungen innerhalb eines Jahres und von Standort zu Standort. Diese Schwankungen werden aber in erster Linie durch verschiedenen Gehalt an innerer Asche verursacht. So fand z. B. Wuest (53) bei der gleichen Spezies, die zur gleichen Zeit geerntet und unter gleichen Umweltsbedingungen, aber auf anderem Boden gewachsen war, Aschegehalte, die bis zum Doppelten auseinanderlagen. Durch sorgfältige Reinigung von anhaftender Erde hatte er dabei dafür gesorgt, daß er nur die innere Asche bestimmte.

Neben diesen durch den Standort bedingten Schwankungen wirken noch andere Einflüsse auf den Aschegehalt der Drogen, z. B. die Witterung. Der Vergleich der von uns gefundenen Aschegehalte mit den in Tab. 1 angegebenen Niederschlagsmengen läßt nämlich erkennen, daß die Aschegehalte bei trockenem Wetter höher sind als bei feuchtem. Ähnliche Verhältnisse, wenn auch in geringerem Ausmaß, lassen sich auch bei den von Wuest (53) an Blättern durchgeföhrten Aschebestimmungen feststellen.

Diese Streuungen im Aschegehalt von Drogen, die auf verschiedenem Boden oder unter verschiedenen Witterungsbedingungen gewachsen sind, machen den Aschegehalt für die Bestimmung des Erntezeitpunktes der Droge unbrauchbar. Hingegen behält die Bestimmung des Aschegehaltes ihren Wert für den Nachweis von Verunreinigungen, vorausgesetzt, daß man die zulässige Aschemenge nicht zu eng festsetzt.

Die gleiche Folgerung wie beim Aschegehalt ergibt sich beim Rohfasergehalt der Drogen. Dieser ist bei Pflanzen vom gleichen Entwicklungszustand, die unter \pm gleichen Witterungsbedingungen gewachsen sind, ziemlich konstant. Der Boden spielt hier nur eine geringe Rolle. Hingegen ändert sich der Rohfasergehalt bei Änderung der Feuchtigkeitsverhältnisse, und zwar so, daß er bei feuchtem Wetter höher ist als bei trockenem. Wir fanden bei feuchtem Wetter Rohfasergehalte, die z. B. beim Huflattich bis 4 % höher waren als bei trockenem Wetter. Wir können daher den Rohfasergehalt, wie er nach der von uns ge-

brauchten Methode bestimmt wird, nur für die Reinheitsprüfung einer Droge, nicht aber für die Erntezeitbestimmung gebrauchen.

Die Ligninbestimmungen sollten uns Hinweise auf den Verholzungsgrad der Drogen zu einem bestimmten Zeitpunkt geben. Die Resultate lassen aber erkennen, daß in der Ausbildung der Verholzung in Kraut- und Blattdrogen keine allgemein gültigen Gesetzmäßigkeiten bestehen. Der Verholzungsgrad als Kennzahl für die Drogennormierung kann daher nur für bestimmte Drogen, z. B. die *Alchemilla*-Blattdrogen, brauchbar sein. Unsere Versuchsserien sind aber noch zu klein, als daß wir auf Grund unserer Resultate bereits solche Kennzahlen für das Lignin aufstellen könnten. Immerhin können wir so viel sagen, daß die untersuchten Schleimdrogen *Plantago lanceolata* L., *P. alpina* L. und *Tussilago Farfara* L. weder mikroskopisch noch chemisch-analytisch eine Regelmäßigkeit in der Ausbildung der Verholzung erkennen lassen. Hingegen zeigen die beiden Gerbstoffdrogen *Alchemilla vulgaris* L. und *Alchemilla alpina* L. eine \pm konstante Zunahme des Ligningehaltes vom Frühling bis zum Herbst. Wir haben also bei diesen Pflanzen eine zunehmende Verholzung festgestellt, die auch histochemisch verfolgt werden kann. Behandeln wir nämlich mikroskopische Schnitte durch die Blattnerven mit Phloroglucinsalzsäure oder betrachten wir sie unter dem Fluoreszenzmikroskop, so weisen die bis zur Blütezeit geernteten Blätter nur verholzte Haare und Gefäße auf. Nach dem Verblühen tritt dazu noch eine Verholzung in der Endodermis ein, wo anfänglich nur die Casparyschen Punkte, später aber die ganze Endodermis verholzt erscheint. Das Auftreten von verholzten Casparyschen Punkten zeigt also einen genau bestimmmbaren Entwicklungszustand der Pflanzen an und kann deshalb für die Bestimmung des Erntemomentes der *Alchemilla*-Drogen verwendet werden. Die Blütezeit dieser Pflanzen dauert nämlich von zirka Mitte Mai bis Mitte Juli.

Ferner zeigt sich auch eine Korrelation des Ligningehaltes mit dem Gerbstoffgehalt. Die Gerbstoffbestimmungen, die wir an den *Alchemilla*-Drogen ausführten, zeigten nämlich für beide Drogen ein Maximum an Gerbstoffen zur Hauptblütezeit, nämlich 12,4 % für *Alchemilla vulgaris* und 14,4 % für *A. alpina*. Vor und nach der Blütezeit liegen die Gerbstoffgehalte tiefer. Interessant sind vor allem die niedrigeren Gehalte nach der Blüte, zu einer Zeit, wo wir mit Phloroglucinsalzsäure verholzte Casparysche Punkte feststellten und wo auch die Ligningehalte hoch sind. Die Gerbstoffbestimmungen zeigten also, daß die weniger verholzten, zur Blütezeit gesammelten *Alchemilla*-Drogen wertvoller sind als die später geernteten, stärker verholzten. Auf Grund unserer Resultate möchten wir für die beiden Drogen folgende Forderungen aufstellen, die allerdings noch an mehr Material nachgeprüft werden müssen :

a) *Herba Alchemillae vulgaris*

Die Droge soll aus den zur Blütezeit gesammelten Blättern von *Alchemilla vulgaris* L. sens. lat. bestehen. Der nach der Hautpulvermethode bestimmte Gerbstoffgehalt muß mindestens 12 % betragen. In mikroskopischen Schnitten durch die Blatthauptnerven dürfen mit Phloroglucinsalzsäure die Casparyschen Punkte in der Endodermis nicht verholzt erscheinen. Im UV-Licht betrachtet, dürfen außer den Gefäßen und Haaren nur noch die Casparyschen Punkte blau-grüne Fluoreszenz zeigen.

An Stelle der Blätter allein kann auch das ganze *blühende* Kraut gebraucht werden, das dann mindestens 11,5 % Gerbstoff aufweisen muß. Die übrigen Bestimmungen betreffend die Verholzung bleiben sich gleich.

b) *Herba Alchemillae alpinae*

Die Droge soll aus den zur Blütezeit gesammelten Blättern von *Alchemilla alpina* L. sens. lat. bestehen. Der nach der Hautpulvermethode bestimmte Gerbstoffgehalt muß mindestens 14,5 % betragen. In mikroskopischen Schnitten durch die Blattnerven dürfen mit Phloroglucinsalzsäure die Casparyschen Punkte der Endodermis nicht verholzt erscheinen. Im UV-Licht betrachtet, dürfen außer den Haaren und den Gefäßen nur noch die Casparyschen Punkte blaugrün fluoreszieren.

An Stelle der Blätter kann auch das ganze *blühende* Kraut verwendet werden, das dann aber mindestens 14 % Gerbstoffe enthalten soll, während sich die übrigen Bestimmungen gleich bleiben.

Bei den Schleimdrogen *Plantago lanceolata* L., *P. alpina* L. und *Tussilago Farfara* L. gibt auch der histochemische Nachweis der Verholzung keine Anhaltspunkte für den Entwicklungszustand der Pflanzen. Wir fanden bei ihnen keine charakteristischen, erst im späteren Verlauf der Entwicklung verholzenden Elemente. Die außer den Gefäßen noch verholzenden Perizykelfasern erschienen nämlich bei einzelnen Blättern bereits im April und Mai verholzt und sind deshalb für unsere Zwecke unbrauchbar.

Auch die von Huflattich und Spitzwegerich bestimmten Viskositäten der wässrigen Auszüge und die Quellungsfaktoren lassen kein Maximum zu einer bestimmten Jahreszeit erkennen. Beide Werte ändern sich vielmehr bei verschiedenen Witterungsbedingungen, indem die Viskosität bei feuchtem Wetter höher ist als bei trockenem, während sich die Quellungsfaktoren nur wenig verändern. Immerhin erlaubt dieses Verhalten der Schleimdrogen für sie die Empfehlung auszusprechen, daß sie nur nach einer Feuchtwetterperiode gesammelt werden sollten, da dann die bei diesen Drogen therapeutisch wertvollen Eigenschaften der

Schleime, nämlich die Viskosität, größer sind. Bis zu einem gewissen Maße darf dabei auch angenommen werden, daß die absoluten Schleimgehalte in diesem Moment größer sind.

VII. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden an Herba *Alchemillae vulgaris*, Herba *Alchemillae alpinae*, Folium *Plantaginis lanceolatae*, Folium *Plantaginis alpinae* und Folium *Farfarae* die Möglichkeiten der Bestimmungen des ungefähren Erntezeitpunktes von Blatt- und Krautdrogen geprüft an Hand der Veränderungen des Asche-, Rohfaser- und Lignin gehaltes während der Vegetationszeit. Die Untersuchungen wurden an Pflanzenmaterial aus den Jahren 1946—1948 und an Handelsdrogen durchgeführt.

Die einzelnen Arbeitsabschnitte können wie folgt zusammengefaßt werden :

1. Die Möglichkeiten der Drogennormierung und die bisherige Literatur über das Arbeitsgebiet werden kurz besprochen.
2. Es werden die Begriffe Rohfaser und Lignin und deren Bestimmungsmethoden diskutiert.
3. Die Entwicklung der Zellwand und der Verholzung werden kurz erörtert und die Einflüsse von Außenfaktoren auf die Zellwandbildung und Verholzung diskutiert.
4. Für die Ligninbestimmung wird eine in verschiedenen Arbeitsgängen abgeänderte Methode ausgearbeitet. Sie folgt im Prinzip der Schwefelsäuremethode. Es wird aber auf die vorhergehende Extraktion des Pflanzenmaterials mit organischen Lösungsmitteln verzichtet, dafür wird das isolierte Lignin mit Azeton nachbehandelt zur Entfernung der nichtligninartigen Stoffe.
5. Die Resultate der Untersuchungen ergaben:
 - a) Der Wassergehalt der lufttrockenen Drogen schwankt erheblich. Diese Schwankungen werden durch einen verschiedenen Gehalt an wasserbindenden Substanzen zu verschiedenen Jahreszeiten erklärt.
 - b) Der Aschegehalt ist \pm starken Schwankungen unterworfen, die hauptsächlich durch den Standort bedingt sind. Daneben ist auch das Klima von Einfluß, indem bei trockenem Wetter die Aschegehalte höher sind als bei feuchtem.
 - c) Der Rohfasergehalt ist bei feuchtem Wetter höher als bei trockenem und kann deshalb nicht zur Bestimmung des Erntezeitpunktes gebraucht werden. Die Abhängigkeit der Rohfasermenge von der vorhandenen Feuchtigkeit ist vor allem bei den Schleimdrogen deutlich, wo die Differenzen im Rohfasergehalt bis zu 5 %

betrugen, während sie bei den *Alchemilla*-Drogen viel geringer sind.

- d) Der Ligningehalt schwankt während der Vegetationszeit bei *Plantago lanceolata* und *P. alpina* unregelmäßig, während er bei den beiden *Alchemilla*-Drogen ziemlich konstant zunimmt.
 - e) Der histochemische Nachweis der Verholzung wurde mit Phloroglucinsalzsäure und mit dem Fluoreszenzmikroskop durchgeführt. Bei den *Plantago*-Arten und bei *Tussilago* fehlen charakteristische, erst im Laufe der Vegetationsperiode verholzende Elemente. Bei den *Alchemilla*-Arten erscheinen nach dem Verblühen die Casparyschen Punkte der Blattnervenendodermis verholzt und bilden somit ein klares Merkmal für den Entwicklungszustand dieser beiden Drogen.
 - f) Die Gerbstoffgehalte der *Alchemilla*-Drogen erreichen zur Blütezeit, Mitte Mai bis Ende Juni, ihr Maximum. Gegen den Herbst zu nehmen sie deutlich ab.
 - g) Die Viskosität der wässerigen Auszüge und die Quellungsfaktoren der Schleimdrogen, *Plantago lanceolata* und *Tussilago Farfara*, zeigen vom Frühling zum Sommer eine starke Zunahme. Später nimmt die Viskosität eher ab, vor allem ist sie bei trockenem Wetter niedriger als bei feuchtem. Der Quellungsfaktor hingegen zeigt eher die Tendenz, bei trockenem Wetter noch zuzunehmen.
6. Die Bedeutung der Resultate für die Drogennormierung wird besprochen. Für Herba *Alchemillae vulgaris* und Herba *Alchemillae alpina* werden Forderungen betreffs Erntezeit, Gerbstoffgehalt und die histochemisch nachweisbare Verholzung aufgestellt.

Literaturverzeichnis

1. Brunner, J., 1944. Pharmakognostische Untersuchungen über die in der Schweiz arzneilich verwendeten Potentilla-Drogen. Inaug.-Diss. ETH.
2. Schultheß, H., 1945. Pharmakognostisch-anatomische und chemische Untersuchungen von Drogen der Genera Geum, Sieversia und Dryas. Inaug.-Diss. ETH.
3. Graaf, W.C. de, 1937. De normalisatie van plantaardige Geneesmiddelen. Pharm. Weekbl., **74**, 285.
4. Peyer, W., und Rosenthal, K., 1933. Die Bestimmung der Rohfaser als Prüfung einiger offizineller Drogen. Pharm. Presse, **4**, 24.
5. Duquenois, P., 1947. Contribution à la normalisation des drogues végétales. I. Signification et valeur de quelques indices chimiques. Ann. Pharm. Franç., **5**, 155.
6. Phillips, M., Davis, B.L., und Weihe, H.D., 1942. Die Zusammensetzung der Sprosse und Wurzeln des Timothe格ases zu verschiedenen aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien. Journ. Agric. Research, **64**, 533.

7. Moritz, O., 1936. Einführung in die allgemeine Pharmakognosie. Jena.
8. Lüdtke, M., 1942. Holz, **5**, 343.
9. Henneberg, W. Beiträge zur rationellen Fütterung der Wiederkäuer, **2**, 364.
10. König, J., 1913. Die sog. stickstofffreien Extraktstoffe in den Futter- und Nahrungsmitteln. Ztschr. Untersuchg. Nahrungs- u. Genußmittel, **26**, 273.
11. Scharrer und Kürschnér, 1931. Biedermanns Zentralbl. f. Agrikultur-Chemie, Abt. B, Tierernährung, **3**, 302.
12. Fellenberg, Th. v., 1918. Mittg. Lebensmittelunters.-Hyg., **9**, 277.
13. Kürschnér, K., und Hanak, A., 1930. Zur Bestimmung der sog. Rohfaser. Ztschr. Unters. Lebens- u. Genußmittel, **59**, 484.
14. Kürschnér, K., 1926. Technologie und Chemie der Papier- und Zellstofffabrikation, **26**.
15. Wacek, A. v., 1946. Der chemische Aufbau des Holzes. Experientia, **2**, 171.
16. Hilpert, R. S., und Wagner, R., 1935. Über das scheinbare Lignin und die Gerüstsubstanz der Pflanzenblätter. Ber. Dtsch. Chem. Ges., **68**, 371.
17. Kratzl, K., 1948. Zur Biogenese des Lignins. Experientia, **4**, 110.
18. Eichler, O., 1934, 1935. Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen über Verholzung und Lignin. Zellulosechemie, **15**, **16**.
19. Willstätter, R., und Zechmeister, L., 1913. Zur Kenntnis der Hydrolyse von Zellulose. Ber. Dtsch. Chem. Ges., **46**, 2403.
20. Klasson, P., 1931. Zellulosechemie, **12**, 36.
21. Ritter, G. J., Seborg, R. M., Mitchell, R. L., 1932. Factors affecting quantitative determination of Lignin by 72 % Sulfuric Acid Method. Ind. Engng. Chem. Analyt. Ed., **4**, 202.
22. Norman, A. G., und Jenkins, 1934. The determination of lignin. Biochem. Journ., **28**, 2147.
23. Ritter, G. J., 1943. In Ott: Highpolymers V: Cellulose, and Cellulosederivatives. New York.
24. Bailey, A. J., 1936. The Micro-Determination of Lignin. Mikrochemie, **19**, 98.
25. Benedikt und Bambergers: s. Heß: Chemie der Zellulose und ihrer Begleiter.
26. Wirth, P., 1946. Membranwachstum während der Zellstreckung. Inaug.-Diss. ETH.
27. Ehrlich, F., 1930. Über die Chemie des Pektins und seine Beziehungen zur Bildung der Inkrusten. Zellulosechemie, **11**, 161.
28. Frey-Wyßling, A., 1935. Die Stoffausscheidung der höheren Pflanzen. Berlin.
29. Veltmann, G. H., 1944. Bastfaser, 48.
30. — 1947, 1948. Zusammenhänge zwischen den Wachstumsfaktoren der Pflanze und der Faser einerseits und der Faserqualität andererseits. Melland Textilberichte, **28**, **29**.
31. Morton, A. G., and Watson, G. J., 1948. A physiological study of leaf growth. Ann. Bot., **12**, 281.
32. Zinn, B., 1930. Abhängigkeit der Lignin- und Xylembildung von äußeren Faktoren. Inaug.-Diss. Univ. Basel.
33. Phillips, M. D., Davidson, J., and Weihe, H. D., 1931. Studies of lignin in wheat straw with reference to lodging. Journ. Agric. Research, **43**, 619.
34. Bottini, E.: C. 1938. I, 4549.
35. Senti, F., und Pavarino, G.: C. 1938. I, 4549.
36. Morrow, K. S., Westmann, R. B., and Henderson, H. O., 1931. Changes in chemical composition of mangels and rutabagas during storage. Journ. Agric. Research, **43**, 919.

37. Engler-Diels, 1936. Syllabus der Pflanzenfamilien. 11. Aufl. Berlin.
 38. Schinz, H., und Keller, R., 1923. Flora der Schweiz. I. Teil, Exkursionsflora. 4. Aufl. Zürich.
 39. Hegi, G., 1928. Illustrierte Flora von Mitteleuropa. IV/2. München.
 40. Brandt, W., 1929. Vgl. Thomas: Handbuch der praktischen und wissenschaftlichen Pharmazie, V/II, 1039. Berlin.
 41. Mühlmann, H., 1938. Zur Kenntnis der Inhaltsstoffe von Herb. *Alchemillae vulgaris*. Pharm. Act. Helv., **13**, 277.
 42. Stebler, F. G., und Schröter, C., 1889. Die besten Futterpflanzen. III. Die Alpen-Futterpflanzen. Bern.
 43. Fischer, E., 1941. Unsere Heilpflanzen. Zürich.
 44. Künzle, Joh., 1945. Das große Kräuterheilbuch, 394. Olten.
 45. Vogl, H., 1928. Beiträge zur vergleichenden Pflanzenchemie: Über *Alchemilla alpina*. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. Abt. II b, **132**, 20.
 46. Wehmer, C., 1929. Die Pflanzenstoffe. 2. Aufl. Jena.
 47. Bergmann, M., und Michalis, G., 1927. Über das Glykosid Aucubin. Ber. Dtsch. Chem. Ges., **60**, 935.
 48. Flück, H., 1941. Unsere Heilpflanzen. Thun.
 49. — 1947. Kommentar zur Ph.H. V, 416. Zürich.
 50. Elo, J. E., 1939. Vergleichende anatomisch-pharmakognostische Untersuchung von *Plantago alpina* L. und *Plantago montana* Lam. Helsinki.
 51. Künzle, J., 1945. Das große Kräuterheilbuch, 414. Olten.
 52. Tschirch, A., 1917. Handbuch der Pharmakognosie, II, 1617. 1. Aufl. Leipzig.
 53. Wuest, A., 1940. Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Schweizer Böden auf Ertrag und Gehalt einiger Arzneipflanzen. Inaug.-Diss. ETH.
 54. Hoffmann, F., 1949. Inaug.-Diss. ETH.
 55. Engi, E., 1946. Untersuchungen über den Einfluß der Höhenlage auf den Wirkstoffgehalt einiger kultivierter und wildwachsender Primula-Arten. Inaug.-Diss. ETH.
 56. Ritter, G. J., Seborg, R. M., and Mitchell, R. L., 1932. Factors affecting quantitative determination of lignin by 72 % Sulfuric Acid Method. Ind. Engng. Chem. Analyt. Ed., **4**, 202.
 57. Karrer, P., 1941. Lehrbuch der org. Chemie, 225. 7. Aufl. Leipzig.
 58. Wiesner, J. v., 1928. Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 4. Aufl. Leipzig.
 59. Kalb, L., 1932. Quantitative Bestimmung des Lignins. Vgl. Klein: Handbuch der Pflanzenanalyse, III/1, 191. Wien.
 60. Norman, A. G., 1937. The biochemistry of cellulose, the polyuronides, lignin, etc. Oxford.
 61. Schmidt, A., 1948. Pharmakognostische Untersuchungen von Rinden der Genera *Tilia* und *Ulmus*. Inaug.-Diss. ETH.
 62. Eichler, O., 1934, 1935. Zellulosechemie, **15**, **16**.
 63. Wimmer, Ch., 1948. Fluoreszenzuntersuchungen über Verholzung. Mikroskopie, **3**, 225.
-