

**Untersuchungen über den Einfluss  
der Höhenlage auf den Wirkstoffgehalt einiger kultivierter  
und wildwachsender Primula-Arten**

Von der

Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

zur Erlangung

der Würde eines Doktors der Naturwissenschaften

genehmigte

Promotionsarbeit

vorgelegt von

**Erhard Engi**

aus Davos

Referent: Herr Prof. Dr. H. Flück

Korreferent: Herr Prof. Dr. J. Büchi

Leer - Vide - Empty

*Meinen Eltern in Dankbarkeit,  
meiner Frau in Liebe gewidmet.*

Leer - Vide - Empty

## Inhaltsverzeichnis.

Inhaltsverzeichnis . . . . .	5
Vorwort . . . . .	7
Einleitung und Problemstellung . . . . .	8
<b>A. Allgemeiner Teil</b>	
I. Klima . . . . .	13
1. Lufttemperatur . . . . .	14
2. Luftdruck und Luftdichte . . . . .	15
3. Zusammensetzung der Luft . . . . .	15
4. Luftfeuchtigkeit . . . . .	15
5. Niederschläge . . . . .	15
6. Sonnenscheindauer . . . . .	15
7. Bewölkung . . . . .	16
8. Windverhältnisse . . . . .	16
9. Strahlungsverhältnisse . . . . .	16
10. Zusammenfassung . . . . .	16
II. Hochgebirgsklima und Stoffwechsel . . . . .	17
1. Einfluss der Temperatur . . . . .	17
2. Einfluss des Lichtes . . . . .	18
3. Einfluss der Feuchtigkeit . . . . .	19
III. Stellung der untersuchten Stoffgruppen im Stoffwechsel und deren mutmasslicher Einfluss auf den Gehalt durch das Gebirgsklima . . . . .	20
1. Vitamin C- oder 1-Askorbinsäure . . . . .	21
2. Saponine . . . . .	23
3. Rohfaser . . . . .	23
4. Mineralstoffe (Asche) . . . . .	24
IV. Uebersicht über die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen . . . . .	24
1. Einfluss der Höhenlage auf Arzneipflanzen von natürlichen Standorten . . . . .	25
2. Untersuchungen unter möglichst grossem Ausschluss der nicht klimatischen Faktoren . . . . .	25
<b>B. Spezieller Teil</b>	
I. Versuchsanlage . . . . .	30
1. Die Versuchsstationen . . . . .	31
2. Wildpflanzenprofile . . . . .	32
3. Die Versuchspflanzen . . . . .	35
a) Die Pflanzen der Kulturversuche . . . . .	35
b) Die Pflanzen der natürlichen Standorte . . . . .	36
II. Anbau und Pflege . . . . .	37
III. Ernte . . . . .	39

IV. Die klimatischen Daten der Versuchsjahre 1943 und 1944 . . . . .	41
1. Lufttemperatur . . . . .	42
2. Relative Luftfeuchtigkeit . . . . .	44
3. Niederschlag . . . . .	44
4. Sonnenscheindauer . . . . .	45
5. Bewölkung . . . . .	45
6. Anzahl der Tage mit besonderem Witterungscharakter . . . . .	46
7. Strahlungsverhältnisse . . . . .	48
8. Winterverhältnisse . . . . .	49
9. Die klimatischen Daten von Interlaken (Harderwildpflanzenprofil) im Jahre 1943 . . . . .	49
V. Eigene Temperaturmessungen . . . . .	51
VI. Angewandte Untersuchungsmethoden . . . . .	55
1. Bestimmung des Wassergehaltes der Frischdrogen . . . . .	55
2. Bestimmung der Asche . . . . .	56
3. Bestimmung des Vitamins C . . . . .	56
a) Prinzip der Methode . . . . .	56
b) Titration der Ascorbinsäure im Pflanzenmaterial . . . . .	58
c) Die verwendete Vitamin C-Bestimmungsmethode . . . . .	59
d) Ueberprüfung der verwendeten Titrationsmethode . . . . .	61
e) Untersuchungen über die tageszeitlichen Schwankungen des Vitamin C-Gehaltes von Primula-Blättern . . . . .	62
4. Bestimmung des Saponins . . . . .	63
5. Bestimmung der Rohfaser . . . . .	67
VII. Resultate der Gehaltsbestimmungen . . . . .	68
1. Resultate der Kulturversuche . . . . .	68
a) Wassergehalt der Frischdroge . . . . .	68
b) Aschengehalt . . . . .	71
c) Vitamingehalt . . . . .	73
d) Saponingehalt . . . . .	77
e) Rohfasergehalt . . . . .	82
f) Zusammenfassung . . . . .	83
2. Resultate der Wildpflanzenversuche . . . . .	85
a) Wassergehalt der Frischdroge . . . . .	85
b) Aschengehalt . . . . .	86
c) Vitamin C-Gehalt . . . . .	87
d) Saponingehalt . . . . .	88
e) Zusammenfassung . . . . .	92
VIII. Vergleichende Betrachtung der Resultate der Kultur- und Wildpflanzenversuche . . . . .	93
IX. Vergleichende Untersuchungen über den Einfluss der Höhenlage auf die anatomischen Verhältnisse der Blätter der kultivierten <i>Primula veris</i> und <i>Primula elatior</i> . . . . .	95
1. Die wichtigsten bisherigen Untersuchungen . . . . .	95
2. Methodik . . . . .	97
3. Resultate . . . . .	98
X. Zusammenfassung . . . . .	101
Literaturverzeichnis . . . . .	104

## Vorwort

Vorliegende Arbeit wurde im Herbst 1942 mit dem Anbau der Versuchspflanzen begonnen. Das Versuchsmaterial stammt aus den Vegetationsperioden der Jahre 1943 und 1944. Die analytische Auswertung desselben erfolgte teils im Versuchshaus der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Maran selbst, teils während der Wintersemester im Pharmazeutischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. H. Flück, unter dessen tatkräftiger Leitung diese Arbeit durchgeführt wurde, für die wertvollen Ratschläge und die wohlwollende Unterstützung, die er mir jederzeit in hohem Masse zuteil werden liess, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Für die finanzielle Unterstützung beim Ausbau der Versuchsanlage, die uns die eidgenössische Volkswirtschaftsstiftung ange-deihen liess, bin ich zu grossem Dank verpflichtet. Ferner möchte ich vor allem Herrn Prof. Dr. F. T. Wahlen, Direktor der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Zürich-Oerlikon, und dessen Nachfolger Herrn Dr. Koblet, die uns in entgegenkommender Weise das Versuchshaus in Maran und einen Teil des Versuchsgartens zur Benützung überliessen, herzlichst danken. Es war für uns sehr wertvoll, an Ort und Stelle unsere Untersuchungen und Erntearbeiten durchführen zu können.

Auch möchte ich nicht unterlassen, der Direktion der Rhätischen Bahn für ihr verständnisvolles Entgegenkommen, insbesondere für die Freikarten auf der Strecke Chur—Arosa, meinen besten Dank abzustatten. Die Herren Stationsvorstände Michael in Luen, Michael in Peist, Schefer in Litzirüti unterstützten die Arbeit durch die Pflege der Versuchsanlagen in uneigennütziger Weise, was ihnen herzlich verdankt sei. Ebenfalls danke ich Herrn Gärtnermeister Urech in Chur für seine stets hilfsbereite Unterstützung. Ferner möchte ich der Veterinaria AG. in Zürich, besonders Herrn Dr. G. Kilchspurger, für die Beschaffung von Rinderblut bestens danken. Nicht zuletzt möchte ich meiner Kollegin und Assistentin an der pharmakognostischen Abteilung des pharmazeutischen Institutes der E.T.H., Fräulein F. Hoffmann, für ihre geschätzte Mitwirkung bei Anbau und Ernte der Pflanzen speziell danken.

## Einleitung und Problemstellung

Die Produktion von Arzneidrogen ist in der Schweiz recht wechselndem Interesse begegnet. In den letzten Jahren ist zweifellos ein gesteigertes Interesse vorhanden. Ganz besonders hat der zweite Weltkrieg mit seinen grossen Importschwierigkeiten uns wieder vermehrt zur Produktion von Arzneidrogen im eigenen Lande gezwungen. Für einzelne Drogen, wie etwa für die Ratanhiawurzel, mussten weitgehend einheimische Drogen, in diesem Falle *Rhizoma Tormentillae*, verwendet werden. In das in Vorbereitung befindliche Supplement zur Pharmacopoea Helvetica V. wird *Rhizoma Primulae* neu eingeführt, um nach Möglichkeit *Radix Senegae* zu ersetzen, was gestützt auf den Chemismus und die klinische Prüfung der beiden Drogen durchaus möglich ist.

Ein Ersatz ausländischer Drogen durch einheimische hat in normalen Zeiten nur dann Berechtigung, wenn die einheimischen Drogen den ausländischen ebenbürtig sind und wenn sie bei uns in wirtschaftlich tragbarer Weise produziert werden.

Für die Anbaumöglichkeit der Arzneipflanzen sind jedoch verschiedene Faktoren von ausschlaggebender Bedeutung. Neben den Bodenpreisen, Ausbeuten an grüner Masse, Absatzmöglichkeiten, Arbeitslöhnen und Drogenpreisen spielt vor allen Dingen auch der Gehalt an Wirkstoffen eine bedeutende Rolle, der durch eine ganze Reihe äusserer Faktoren, wie Boden und Klima des Anbaugbietes und die Konservierungsmassnahmen, stark beeinflusst wird. Unter den verschiedenen Klimaten interessiert uns in der Schweiz besonders der Einfluss der Höhenlage. Dieses Problem ist, wie wir nachher darlegen werden, in neuerer Zeit mehrfach aufgegriffen worden. Wir versuchen daher durch einen weiteren Beitrag, der das Resultat sorgfältiger Untersuchungen ist, diese Frage weiter abzuklären.

Zunächst möchten wir als Parallele erwähnen, dass sich auch die Veterinärmedizin in neuester Zeit mit dem Problem der Beeinflussung des Höhenklimas auf Tiere befasst hat. Im Jahre 1943 wurden von A. Krupski (42) Versuche mit Rindern über den Einfluss des Höhenklimas auf den Mineralstoffwechsel gemacht. Krupski (42) berichtet in seiner Abhandlung „Zur Frage des Einflusses der Alpengung auf das Rind“ ausführlich darüber. Bei diesen Versuchen mit zwei Rindern auf der Alpe de Veisivi (2078 m ü. M.), einer ausgesprochen rauhen und mageren Alp, zeigten sich interessante Resultate, indem trotz der Phosphorarmut der Weide ein Ver-



suchsrind an Körpergewicht zugenommen und ein zweites Versuchs-  
rind eine völlige Umstimmung des vorher sehr unbefriedigenden  
Ca-Mg-P-Stoffwechsels erlitten hat. Der Verfasser ist der Ansicht,  
dass neben verschiedenen anderen Momenten auch die spezifischen  
Faktoren des Höhenklimas mitgewirkt haben. Auf alle Fälle haben  
solche Hochgebirgsweiden als eigenartiges Stimulans zu gelten,  
wobei die Tiere nachher im Tale bei reichlicher Fütterung mit  
einem guten Futter rasch aufholen. Der Einfluss scheint also durch  
das Höhenklima bedingt zu sein, und nicht nur durch die Verfüt-  
terung von vielleicht gehaltsreicheren Pflanzen. (Es ist wichtig, dass  
sich auch die Veterinärmedizin mit diesen Problemen befasst, um  
unseren Bergbauern ihre kärgliche Existenz zu sichern.)

Das Problem des Einflusses der Höhenlage auf den Wirkstoff-  
gehalt von Arzneipflanzen kann auf zwei Arten angegangen wer-  
den: Durch den Vergleich von Pflanzen, die an natürlichen Stand-  
orten gewachsen sind, und durch Vergleich von Pflanzen, die unter  
Gleichschaltung möglichst aller nicht klimatisch bedingten Faktoren  
(Boden, gärtnerische Bedingungen, Erntemethoden etc.) kultiviert  
worden sind.

Die ersten systematischen Untersuchungen über den Einfluss  
der Höhenlage auf den Wirkstoffgehalt von kultivierten Arznei-  
pflanzen wurden von W. Hecht und seinen Mitarbeitern Him-  
melbauer und Koch (27, 28, 29, 30 und 31) während der Jahre  
1929 bis 1932 durchgeführt. Hecht legte zwei Versuchsstationen  
an: die eine im Tiefland in Korneuburg bei Wien (167 m ü. M.), die  
andere auf der Schatzalp bei Davos (1868 m ü. M.). Die Versuchs-  
pflanzen waren: *Mentha piperita* und *Valeriana officinale* als Ae-  
therisch-Oel-Pflanzen, *Digitalis purpurea*, *lanata*, *ambigua* und *lu-  
tea* als Glykosidpflanzen, *Datura Stramonium* und *Aconitum Na-  
pellus* als Alkaloidpflanzen und *Rheum palmatum* als einzige An-  
thrachinonpflanze. Dieses Pflanzenmaterial wurde zum Teil auf orts-  
eigenem Boden, zum Teil auf ausgetauschtem Boden angepflanzt.  
Es seien hier die Einwände, die bereits in den Arbeiten von O.  
Meyer, A. Bänninger, P. Meier und K. Eymann (56, 2, 50,  
16) gegenüber einer solchen Versuchsanlage gemacht wurden, noch-  
mals kurz erwähnt: Es ist sicher ein Nachteil, zwei so weit aus-  
einanderliegende Orte als Versuchsstationen zu wählen, da die kli-  
matischen Verhältnisse an beiden Orten doch zu verschieden sind,  
um aus den Versuchsergebnissen nur den alleinigen Einfluss der Hö-  
henlage ersehen zu können. Ein weiterer Nachteil ergibt sich in  
der noch ungenügenden Ausschaltung des Bodenfaktors.

Die neusten Untersuchungen auf diesem Gebiete sind die auf  
Veranlassung von Herrn Prof. Flück ausgeführten Untersuchun-  
gen von O. Meyer (56) 1933/34, A. Bänninger (2) 1935/37, P.  
Meier (50) 1938/39 und von K. Eymann (16) 1939/42. Unsere  
Vorgänger hatten im Schanfigg von Chur bis nach Arosa hinauf  
(von 1937 an sogar bis auf das Weisshornjoch hinauf) auf 5 resp.

6 Versuchsstationen verschiedene Arzneipflanzen angepflanzt. Um den Bodenfaktor auszuschalten, wurde auf allen Stationen genau dieselbe Erde verwendet. Die im Verlaufe der Vegetationsperiode erhaltenen Drogen wurden dann auf ihren Gehalt an therapeutisch wirksamen Inhaltsstoffen untersucht. Es wurden speziell Aetherisch-Oel-, Alkaloid-, Glykosid-, Gerbstoff-, Bitterstoff- und Schleimdrogen analysiert.

In der letzten Arbeit von K. Eymann (16) wurde dem Stoffwechsel der Versuchspflanzen eine besondere Bedeutung beigemessen. So wurde bei *Peucedanum Ostruthium* in den Rhizomen, Wurzeln und Ausläufern der Gesamtstickstoff und der Aminostickstoff untersucht. Eymann stellte dabei fest, dass der Gehalt an Gesamtstickstoff und Aminostickstoff bei steigender Höhe konstant abnimmt, endgültig allerdings erst nach 4 Versuchsjahren. Dadurch werden die Resultate, die frühere Autoren, vor allem W. Hecht (27—31), O. Meyer (56) und A. Bänninger (2) bei der Bestimmung von Alkaloiden in den Versuchspflanzen feststellten und die bekanntlich End- und Zwischenprodukte des Eiweißstoffwechsels sind, erhärtet.

Diese und auch alle früheren Versuche haben gezeigt, wie komplex die Verhältnisse sind und dass es sehr schwierig ist, eine einzig richtige Antwort auf die Frage nach der Einwirkung der Höhenlage auf den Gehalt der Arzneipflanzen zu geben. Nur praktische Versuche mit weiteren Pflanzen können uns Aufschlüsse geben, auf welche Art und Weise dieselben auf Klimaeinflüsse reagieren. Nur durch ein lückenloses Zusammentragen dieser Einzelergebnisse können wir mit der Zeit eine Antwort auf das gegebene Problem geben.

Die neusten Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Höhenlage und Wirkstoffgehalt von wildwachsenden Arzneipflanzen wurden von H. Flück (17) in den Jahren 1934 bis 1942 durchgeführt und betreffen folgende Arten: *Aconitum Napellus*, *Veratrum album*, *Arctostaphylos Uva ursi*, *Thymus Serphyllum*, *Carum Carvi*, *Juniperus Sabina*, *Achillea moscata*, *Artemisia laxa*, *Artemisia Genipi* und *Dryopteris filix mas*. Bei diesen Versuchen mit wildwachsenden Arzneipflanzen haben wir gegenüber der Verwendung von kultivierten Pflanzen folgende prinzipielle Fragen zu berücksichtigen:

1. Wenn wildwachsende Pflanzen vergleichend in bezug auf den Einfluss der Höhenlage auf den Wirkstoffgehalt untersucht werden sollen, dann müssen sie aus einem eng begrenzten Bezirk entnommen werden, damit nicht Klimadifferenzen von weit horizontal auseinanderliegenden Orten sich auswirken können. Der idealste Fall ist der, wenn die Versuche an einem einzigen Steilhügel (mit einer Höhendifferenz von mindestens 400—500 m) durchgeführt werden könnten. Dadurch dürften sich in klimatischer Hinsicht nur die durch die Höhenlage bedingten Faktoren auswirken.

2. Ferner ist bekannt, dass innerhalb einer Species Rassen vorkommen, die sehr verschiedene Wirkstoffgehalte haben. Sogar innerhalb benachbarter Individuen können Gehaltsschwankungen vorkommen. Es ist deshalb unerlässlich, eine grössere Anzahl von Individuen vom gleichen Standort für die Versuche heranzuziehen.

3. Weiter ist der Boden massgebend für den Wirkstoffgehalt. A. Wüst (77) hat diesen Faktor in seiner Arbeit nachweisen können. Die Böden können nun gerade in den Gebirgsgegenden innerhalb kleiner Bezirke stark in ihrer Zusammensetzung variieren und so die klimatischen Einflüsse überdecken. Darum gilt auch aus diesem Grunde die Forderung, die Arzneipflanzen aus einem eng begrenzten Bezirk zu entnehmen.

Die oben erwähnten Fehlerquellen lassen sich nur teilweise ausschalten, so dass Versuche mit wildwachsenden Arzneipflanzen das Problem nur in sehr beschränktem Ausmass zu lösen vermögen.

Ganz anders verhält es sich bei der Untersuchung mit kultivierten Arzneipflanzen. Hier können die Pflanzen aus einheitlichem Saat- und Setzgut verwendet und auf einheitlichen Böden angepflanzt werden. Unter möglichst gleichen gärtnerischen Bedingungen können solche Arzneipflanzen in den verschiedenen Höhenlagen gezogen und zur Untersuchung auf den Wirkstoffgehalt analysiert werden.

In der vorliegenden Arbeit haben wir versucht, durch weitere Untersuchungen den Einfluss des Gebirgsklimas auf den Wirkstoffgehalt von kultivierten Arzneipflanzen zu ermitteln. Parallel dazu wurde aber auch die gleiche Spezies von natürlichen Standorten analysiert, um miteinander vergleichen zu können, wie weit die Einflüsse im reinen Versuch und an Wildpflanzen sich decken.

Da in den bisherigen Untersuchungen noch keine Saponinpflanzen bearbeitet worden sind und zudem *Rhizoma Primulae* in die Pharmacopea Helvetica aufgenommen wird, wählten wir als Versuchspflanzen einige *Primula*-Arten, vor allem die Saponin- und Vitamin-C-reichen *Primula veris* L. em. Hudson (= *Primula officinalis* Hill.) und *Primula elatior* L. Schreber. Als wildwachsende Pflanze wählten wir die bereits genannte *Primula veris* L. und dazu *Primula farinosa* L. und *Primula integrifolia* L.

Nach A. Nordal (59) haben die Blätter von *Primula veris* und *Primula elatior* hohe Vitamin C-Gehalte (*Primula veris* 512 mg/%, *Primula elatior* 509 mg/%). Es schien uns ausserordentlich interessant festzustellen, wie sich die für das Wachstum der Pflanze unentbehrliche Ascorbinsäure in den verschiedenen Höhenlagen verhält, und ob ihr Gehalt vielleicht durch die vermehrte U.V.-Strahlung im Gebirge beeinflusst wird, da sie ein kohlehydratähnlicher Körper ist. Diese Versuche haben jedoch mehr wissenschaft-

liche Bedeutung, denn die Gewinnung der Ascorbinsäure aus den Pflanzen ist durch die viel rationellere Synthese überholt.

Ferner bestimmten wir den Saponingehalt in den Wurzelstöcken (Rhizom + Wurzel) und zum Teil auch in den Blättern.

Die bisherigen Versuche haben sich auch mit der Produktion von Gerüstsubstanzen nicht beschäftigt. Dies ist aber von wissenschaftlichem Interesse und auch von Bedeutung für die praktische Drogenproduktion. Um diesen Fragenkomplex aufklären zu helfen, bestimmten wir in den Wurzeln der kultivierten *Primula veris* den Rohfasergehalt.

Die bisherigen Untersuchungen haben sich auch mit dem Einfluss der Höhenlage auf die anatomischen Verhältnisse der Drogen nicht beschäftigt. Dieser Einfluss ist zunächst von erheblichem wissenschaftlichem Interesse. Daneben kann er auch praktisch bedeutungsvoll werden, wenn die durch ihn bewirkten Veränderungen so klar sind, dass man aus ihnen Rückschlüsse ziehen kann auf die Höhenlage, in der die Drogen gewachsen sind. Wir haben daher in einem besonderen Kapitel die Anatomie des Laubblattes der kultivierten Pflanzen näher untersucht, um eventuelle Differenzen in bezug auf deren Anatomie, besonders auf die Grösse der Spaltöffnungen, Spaltöffnungszahl, Anzahl der Haare, Grösse der Epidermiszellen und Grösse der Zentralbündel, festzustellen.

Endlich ermittelten wir nochmals, wie unsere Vorgänger, die Wasser- und Aschengehalte der Blätter und Wurzeln unserer Versuchspflanzen und versuchen die Resultate in eine bestimmte Beziehung zur Höhenlage zu bringen.

Die Analysenergebnisse werden im speziellen Teil der Arbeit graphisch dargestellt und die Zusammenhänge diskutiert. Ertragsrechnungen lassen sich wegen der Kleinheit der Versuchsanlagen nicht anstellen, hingegen werden wir über Gedeihen und Aussehen der Pflanzen berichten.

Zur Vervollständigung der klimatischen Daten der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich haben wir eigene Luft- und Bodentemperaturmessungen nach der Methode von H. P a l l m a n n (62) durchgeführt.

## A. Allgemeiner Teil

### I. Klima.

Die Unterschiede zwischen Tiefland- und Hochgebirgsklima wurden bereits in den früheren Arbeiten, die sich auf dieselben Versuchsstationen beziehen, von O. Meyer (56), A. Bänniger (2), P. Meier (50) und K. Eymann (16) eingehend dargelegt. Es sei hier nur noch einmal eine kurze Charakteristik der Unterschiede gegeben.

Der Botaniker teilt die verschiedenen Höhenlagen nach pflanzengeographischen Gesichtspunkten ein. Nach C. Schröter (65) werden demnach folgende Vegetationsstufen unterschieden: die Kulturstufe, die Laubwaldstufe, die Nadelwaldstufe und die alpine Stufe. Die vier Stufen variieren aber sehr stark in ihrer absoluten Lage und stellen keine Horizontalkurven dar. Sie werden beeinflusst vom Klimacharakter, von der Himmelslage, von der Massenerhebung, von der Gletschnähe, von den Niederschlags- und Windverhältnissen und von der Bodenbeschaffenheit. Die absolute Höhenlage derselben Stufengrenze kann in verschiedenen Gegenden stark nach unten oder nach oben verschoben sein. Unsere Versuche erstrecken sich über alle vier Vegetationsstufen. Die unterste Versuchsstation in Chur auf 590 m ü. M. ist zur Kulturstufe zu rechnen. Die höchste Anlage auf dem Weisshornjoch auf 2400 m ü. M. liegt bereits im Gebiet der alpinen Stufe. Diese letzte Stufe kommt allerdings als Anbaugebiet für Arzneipflanzen nicht mehr in Frage, da diese Gegenden meistens nicht mehr ständig bewohnt sind und fast ausschliesslich der Weidwirtschaft dienen. Den Versuchen auf dieser Stufe kann nur wissenschaftliche Bedeutung zukommen.

Der Botaniker verwendet häufig auch eine andere Bezeichnung für die verschiedenen Höhenlagen. Unter Berücksichtigung der für unsere Versuchsanlage im Plessurtal gültigen Höhenzahlen können die einzelnen Höhenregionen folgendermassen eingeteilt werden:

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1. Kolline Stufe oder Hügelstufe       | — 590 m ü. M.     |
| 2. Montane Stufe oder Bergstufe        | 590—1000 m ü. M.  |
| 3. Subalpine Stufe oder Koniferenstufe | 1000—1800 m ü. M. |
| 4. Alpine Stufe                        | 1800—2400 m ü. M. |

Eine bedeutend einfachere Einteilung macht der Bio-Klimatologe. Er bezeichnet das Klima in einer Höhe über 1000 m ü. M. als al-

pin, dasjenige unter 1000 m als subalpin. Die Grenze zwischen Hochgebirgsklima und Tieflandklima wird so mehr oder weniger willkürlich auf rund 1000 m ü.M. festgesetzt.

Das Klima setzt sich aus folgenden verschiedenen Einzel-faktoren zusammen: Lufttemperatur, Luftdruck, Luftdichte, Zusammensetzung der Luft, Luftfeuchtigkeit, Niederschläge, Sonnenscheindauer, Bewölkung, Windverhältnisse und Strahlungsverhältnisse. Alle diese Faktoren können bei steigender Höhe stark variieren.

In Folgendem betrachten wir nur die Eigenschaften des Hochgebirgsklimas während der Vegetationsperiode, also des Sommerhalbjahres. Im Winter sind die Verhältnisse ganz andersartig. Für uns sind die Winterverhältnisse nur insofern von Bedeutung, als die Schneedecke bis weit in den Frühling reichen und so für die Pflanzen zum Teil schützende, zum Teil zerstörende Wirkung haben kann. Die Schneedecke schützt die Pflanze vor allzu grosser Kälte und Austrocknungsgefahr. Als Nachteil kann sich eine zu hohe Schneedecke erweisen, indem alle oberirdischen Organe eine grosse Belastung erfahren. Ein weiterer Nachteil ist die lange Dauer des Bergwinters, der die Vegetationszeit wesentlich verkürzt. Dies ist auch der Hauptgrund für das Fehlen vieler Pflanzen im Gebirge. Nachstehend werden die Veränderungen der einzelnen Klimafaktoren bei Verlagerung des Standortes in steigende Höhenlagen kurz allgemein dargelegt.

### 1. Lufttemperatur.

Die Lufttemperatur nimmt allgemein mit steigender Meereshöhe ab. Die Abnahme beträgt im Jahresdurchschnitt durch alle Breiten  $0,5-0,6^{\circ}$  C pro 100 m Steigung. Für das Wachstum der Pflanzen sind weniger die Durchschnittstemperaturen von ausschlaggebender Bedeutung, als vielmehr die extremen Temperaturen und besonders die Häufigkeit der Extremwerte. Die Differenzen dieser Extremwerte sind im Gebirge wider Erwarten oft geringer als im Tiefland. Trotzdem ergeben sich aber im Gebirge keine besseren Vegetationsbedingungen, da in den Gebirgslagen die Temperatur selbst im Sommer öfters unter den Nullpunkt sinkt und so die Lebensbedingungen der Pflanzen besonders stark gefährdet und für viele Spezies direkt verunmöglicht. Die Temperatur ist aber auch stark von der Lage des Ortes abhängig. Gerade im Gebirge mit seinen vielgestaltigen topographischen Verhältnissen verändern sich die Temperaturen stark. Ein Faktor, der für die Pflanzen sehr ins Gewicht fällt, ist die Wärmemenge. Sie ist im Gebirge bedeutend geringer als in der Ebene. Das gilt namentlich für die sogenannte Temperatursumme resp. Wärmesumme. Diese soll ein Mass liefern für die gesamte, während der Vegetationsperiode einer Pflanze zur Verfügung stehende Wärmemenge. Das Manko wird durch die intensive Strahlung nur teilweise ausgeglichen und ersetzt.

Die für die Pflanzen ebenso wichtige Bodentemperatur verhält sich ähnlich. Sie nimmt ebenfalls mit zunehmender Höhe ab: Wir werden bei der Besprechung der eigenen Temperaturmessungen auf den einzelnen Versuchsstationen darauf zurückkommen.

## 2. Luftdruck und Luftdichte.

Luftdruck und Luftdichte nehmen mit zunehmender Meereshöhe sehr stark ab. Von 0—2000 m vermindert sich der Luftdruck um 22 %, die Luftdichte um 19 %. Gleichzeitig nimmt auch die Zahl der in 1 Liter Luft enthaltenen Moleküle der verschiedenen Gase ab, was einen Einfluss auf die Strahlungsverhältnisse ausübt.

## 3. Zusammensetzung der Luft.

Die prozentuale Zusammensetzung der Luft erfährt mit zunehmender Höhenlage (0—2000 m) keine grosse Aenderung, mit Ausnahme des Wasserdampfes. Auch die mit der Höhe leicht abnehmende Tendenz des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes, die die Assimilation beeinträchtigen könnte, spielt praktisch keine Rolle.

## 4. Luftfeuchtigkeit.

Die relative Luftfeuchtigkeit, d. h. der Prozentsatz des vorhandenen Wasserdampfgehaltes der Luft, bezogen auf den bei der betreffenden Temperatur maximal möglichen, ist im Jahresdurchschnitt in der Höhe etwas geringer als in den Niederungen. Die Unterschiede fallen jedoch nicht ins Gewicht.

Die absolute Feuchtigkeit, d. h. die Anzahl Gramm Wasserdampf in 1  $\text{cm}^3$  Luft zeigt eine stärkere Abnahme mit zunehmender Höhe.

## 5. Niederschläge.

Mit steigender Höhe nehmen die Niederschläge und deren Häufigkeit konstant zu. Das hat seinen Grund darin, dass durch die Bodenerhebung die mit Feuchtigkeit gesättigte Luft zum Aufsteigen und dadurch zur Abkühlung und nachfolgenden Kondensation gezwungen wird. Es machen sich aber auch starke lokale Verschiedenheiten geltend, je nach örtlicher Hanglage, Zugänglichkeit für regenbringende Winde, Entfernung vom Meere und je nach dem Böschungswinkel der Berge. Ferner können im Gebirge sogar während der Vegetationsperiode Schneefälle eintreten.

## 6. Sonnenscheindauer.

Die Sonnenscheindauer ist vor allen Dingen abhängig vom Horizont des Standortes und nicht direkt von der absoluten Höhenlage. Sie ist deshalb auf den betreffenden Versuchsstationen zu berücksichtigen, wo sie durch lokale Eigenheiten beeinflusst wird. Daneben stellt sie ebenfalls das Widerspiel der Bewölkungs- und Nebelfrequenz dar.

## 7. Bewölkung.

Die Bewölkung erfährt mit steigender Höhe eine leichte Zunahme. Ueber die Mittagszeit und speziell im Sommer nimmt im Gebirge die Bewölkung etwas zu infolge der Kondensation der warmen aufsteigenden Luft.

## 8. Windverhältnisse.

Die Windstärke nimmt im allgemeinen mit zunehmender Höhe zu, unterliegt aber stark den örtlichen Einflüssen. In den Talsohlen herrschen meistens geringere Windstärken als auf den Gebirgskämmen. Dafür treffen wir in den Bergtälern, neben den kontinentalen Windströmungen, lokale Windsysteme an, die sich durch den täglichen Wechsel von Berg- und Talwind entwickeln. Diese lokalen Luftströmungen sind um so stärker, je grösser die täglichen Temperaturschwankungen sind. Deshalb haben auch die Gebirgstäler im Gegensatz zur Ebene bei schönem Wetter starke Winde. Bedeutungsvoll für das Pflanzenleben sind auch Fallwinde, von denen in den Alpen besonders der Föhn — ein warmer und trockener Wind — zu erwähnen ist.

## 9. Strahlungsverhältnisse.

Die Strahlungsverhältnisse zwischen Tiefland und Gebirge unterscheiden sich wesentlich. Im Hochgebirge ist die Intensität der Ultraviolettstrahlung besonders gross. Die Sonnenstrahlung erfährt beim Durchlaufen der Atmosphäre verschiedene Veränderungen, teils durch die Absorption, teils durch die Diffusion. Die Absorption erfolgt an Bestandteilen der Atmosphäre, im besondern an Wasserdampf-, Staub- und Rauchteilchen. Sie ist in tieferen Lagen besonders stark, und die abgegebene Strahlungsenergie wird in Wärme umgewandelt. Die Diffusion, d. h. die Richtungsänderung der Strahlen durch Reflexion, Beugung, Polarisierung und Brechung (vor allem durch die Luftmoleküle, Staubteile und Wasserdampf) ist im Tiefland ebenfalls bedeutend stärker. Die direkte Sonnenstrahlung ist daher in den alpinen Lagen grösser als im Tiefland, wo die diffuse Strahlung des Himmelsgewölbes vorherrscht. Die kurzwelligen Strahlen unterliegen der Diffusion in viel grösserer Masse als die langwelligen Strahlen. Die Veränderung und Schwächung der Strahlung ist also um so stärker, je länger der von den Strahlen zurückgelegte Weg ist, je grösser die Dichte der Luft und je reicher ihr Gehalt an Staub und Wasserdampf ist. Die kurzwellige Ultraviolettstrahlung ist demnach infolge der Einflüsse der Atmosphäre im Gebirge besonders intensiv. Die Ultraviolettstrahlung unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen. C. Dornó (14) stellte in Davos im Sommer eine etwa 20 mal stärkere Ultraviolettstrahlung fest als im Winter.

## 10. Zusammenfassung.

Zusammenfassend können wir die Unterschiede der wichtigsten Klimafaktoren in folgender Tabelle zusammenstellen:



	Gebirge	Ebene
Temperatur	—	+
Luftdruck	—	+
Luftfeuchtigkeit	—	+
Niederschläge (Bewölkung)	+	—
Wind	+	—
Strahlung	+	—

## II. Hochgebirgsklima und Stoffwechsel.

Ueber die Beeinflussung des Stoffwechsels durch das Hochgebirgsklima ist in den früheren Arbeiten eingehend berichtet worden. Wir fügen hier deshalb nur eine kurze Rekapitulation bei, indem wir uns im wesentlichen auf die Arbeiten von A. Bänniger (2), P. Meier (50) und K. Eymann (16) stützen.

Von den verschiedenen Klimafaktoren, die den Stoffwechsel beeinflussen können, sind nicht alle im gleichen Masse beteiligt. Vor allem machen sich die Temperatur, das Licht und die Feuchtigkeit geltend. Bei Freilandversuchen ist es unmöglich, die Beeinflussung dieser einzelnen Faktoren auf das Wachstum und auf den Stoffwechsel zu verfolgen, weil eben gerade diese Faktoren im Gebirge starken Veränderungen unterworfen sind. Weiter ist zu beachten, dass einzelne Faktoren durch den einen oder anderen Faktor kompensiert, umgekehrt aber auch unterstützt werden können. Die Temperatur nimmt mit zunehmender Höhe ab, während die Lichtintensität und die Niederschläge zunehmen. Nur Laboratoriumsversuche, bei denen man nach Belieben einen Faktor verändern und die anderen konstant halten kann, können den Einfluss eines einzelnen Faktors erläutern. Wir befassen uns nun kurz mit den Ergebnissen der bisherigen Laboratoriumsuntersuchung, um daraus einige Rückschlüsse auf das Hochgebirgsklima ziehen zu können.

### 1. Einfluss der Temperatur.

H. Lundegårdh (47) hat den Einfluss der Temperatur auf die Wachstumsgeschwindigkeit, Atmung und Kohlensäureassimilation untersucht. Das Optimum für das Wachstum liegt in der Regel bei 25—35° C. Für jede Art wurde eine spezifische Optimumskurve gefunden, die aber abhängig ist von der Dauer der Temperatureinwirkung. Im Gebirge müssten somit nur kurze Zeit optimale Wachstumstemperaturen herrschen, und dementsprechend könnte man vermuten, dass das Wachstum mit steigender Höhe infolge der tieferen Temperaturen abnimmt. Da aber die Assimilation, Atmung, Lichtintensität und Stoffwanderung das Wachstum ebenfalls beeinflussen, können daraus nicht direkte Schlüsse auf die Wachstumsmöglichkeit gezogen werden.

Für die Atmung liegt das Optimum bei 40—50° C. Durch die Atmung werden vor allen Dingen Kohlehydrate und Fette abgebaut. Im Hochgebirge mit seinen niedrigen Temperaturen ist daher der Abbau der Assimilation eher geringer als im Tiefland, d. h. die Assimilationsbilanz ist im Gebirge kleiner (47).

Das Optimum der Kohlensäureassimilation liegt tiefer als bei der Wachstumsgeschwindigkeit und namentlich auch als bei der Atmung. Lundegårdh (47) fand z. B. für die Kartoffel das Optimum bei 18—20° C. Dieses Optimum ist aber nicht bei allen Pflanzen konstant, sondern kann im Verlaufe einiger Stunden um einige Grade sinken. Das niedrigere Kohlensäureassimilationsoptimum erklärt man sich dadurch, dass die Chloroplasten bei höherer Temperatur rascher ermüden.

Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Stoffaufnahme aus dem Boden fehlen genauere Untersuchungen. Die Grösse der Wasser- und Salzaufnahme wird auch hier von einer optimalen Temperatur abhängig sein und es ist anzunehmen, dass bei steigender Temperatur bis zu einem Optimum die Stoffaufnahme zunimmt. Als Beweis dafür kann die Wachstumszunahme bei höheren Bodentemperaturen gelten. Es ist interessant festzustellen, dass wir bei den meisten Alpenpflanzen mächtige Pfahlwurzeln mit einem reich verästelten System von Wurzeln, die mit Reservennahrung gefüllt sind, finden. Auch bei unseren Versuchen im Plessural konnten wir auf allen Stationen, selbst auf der höchstgelegenen, auf dem Weisshornjoch, eine kräftige Entwicklung der Wurzelsysteme, im Gegensatz zu den oberirdischen Organen, beobachten. C. Schröter (65) glaubt, dass diese reiche Stoffproduktion in den unterirdischen Organen eine direkte Folge des Alpenklimas sei. Sie wird begünstigt durch die relative Wärme des Bodens und durch die Hemmung des oberirdischen Wuchses. Die reichliche Stoffaufnahme ist für die Pflanzen in Anbetracht des kurzen Gebirgssommers vorteilhaft. Nach Versuchen von G. Senn (67) findet man vor allem in den Gebirgspflanzen grössere Salzkonzentrationen als in den Ebenenpflanzen, so dass hier wohl weniger eine Förderung des Stoffumsatzes vorliegt als vielmehr eine Schutzmassnahme gegen Austrocknung und Erfrieren. Es steht fest, dass die wasserarmen Pflanzenteile wie Samen, Knospen und Rhizome tiefe Temperaturen viel besser ertragen als etwa die assimilierenden, wasserreichen Vegetationsorgane.

## 2. Einfluss des Lichtes.

Das Licht übt auf die Pflanzen zwei Funktionen aus: einerseits liefert es die nötige Energie für die Assimilation, andererseits wirkt es als photischer Reiz auf das Wachstum. Genauere Kenntnisse über die Einwirkung des Lichtes auf den Wirkstoffgehalt besitzen wir noch nicht. Immerhin sind die ultravioletten Strahlen für die Kohlensäureassimilation von Bedeutung. R. H. Dastur und S. Solomon (12) fanden, dass die Blätter von *Helianthus annuus*

und *Tropeolum majus* unter der Einwirkung von ultraviolettem Licht mehr Kohlehydrate bilden als bei gewöhnlichem Licht. Dadurch würde zu erwarten sein, dass auch der Glykosidgehalt, der bekanntlich mit dem Kohlehydratstoffwechsel in Zusammenhang steht, mit steigender Höhenlage zunehme. Es sei bereits hier bemerkt, dass T. Sugawara (70) bei seinen Versuchen mit etiolierten Gemüsesetzlingen feststellte, dass die Bildung von Vitamin C abhängig ist von der Lichtintensität.

Auf Grund der grösseren U.V.-Strahlung in der Höhe könnte man schliessen, dass im Gebirge günstigere Assimilationsbedingungen herrschen als im Tiefland. Bei der Assimilation spielt das Chlorophyll eine bedeutende Rolle. Hier gehen aber die Ansichten über den Gehalt an Chlorophyll bei den alpinen Pflanzen auseinander. M. Henrici (34) stellte fest, dass die Gebirgspflanzen viel weniger Chlorophyll enthalten als die Ebenenpflanzen. Infolgedessen könnte die Assimilation im Gebirge kein Maximum erreichen. Demgegenüber konnte A. Zeller (78) nachweisen, dass z. B. *Pinus montana* und *Heliospermum alpestre* in grossen Höhen einen höheren Chlorophyllgehalt zeigten als in tiefen Lagen. Allerdings konnte er auch bei anderen Pflanzen, z. B. *Gentiana Rätica*, *Aconitum Napellus* etc. ein Absinken des Chlorophyllgehaltes feststellen.

Der photische Reiz des Lichtes wirkt sich auf das Wachstum der Pflanze, vor allem auf die Formbildung der oberirdischen Organe aus. Sonst sind aber die Zusammenhänge zwischen Lichtintensität und photischem Reiz auf das Wachstum der Gebirgspflanzen noch unbekannt. Es kann nur erwähnt werden, dass die U.V.-Strahlung auf das vegetative Wachstum der Pflanzen im Gebirge nicht etwa fördernd, sondern im Gegenteil hemmend wirkt (47).

### 3. Einfluss der Feuchtigkeit.

Unter Feuchtigkeit verstehen wir den gesamten Wasserfaktor, der sich aus den drei Elementen Niederschlag, Bodenfeuchtigkeit und Luftfeuchtigkeit zusammensetzt. Nach Lundegardh (47) ist die gesamte Wasserbilanz, d. h. das Verhältnis zwischen dem von der Pflanze aufgenommenen Wasser und der Wassermenge, die bei der Transpiration abgegeben wird, oekologisch ausschlaggebend. Das Wasser ist für die lebende Pflanze unentbehrlich. Es bildet einen überwiegenden Bestandteil des Pflanzenkörpers. Ueber die Beziehungen zwischen Wasserhaushalt und Stoffwechsel der Pflanzen sind wir aber bis heute noch schlecht orientiert. Der Grund liegt wohl darin, dass es schwierig ist, die Wasseraufnahme- und Wasserabgabegeschwindigkeit einwandfrei zu messen, speziell an wildwachsenden Pflanzen.

Etwas mehr wissen wir über die Transpirationsverhältnisse. Die Pflanze kann durch Öffnen und Schliessen der Stomata die Wasserabgabe regulieren und sich dadurch in hohem Masse den

herrschenden klimatischen Verhältnissen anpassen. Die Tätigkeit der Spaltöffnungen hängt ab von der relativen Feuchtigkeit, Temperatur, Wind und Licht. Es wurde festgestellt, dass vor allem die Sonnenstrahlung und der Verlauf der Tagestemperatur die Transpiration bestimmen. Die Windgeschwindigkeit scheint den kleinsten Einfluss auszuüben. Durch die stärkere Sonnenbestrahlung, durch die intensivere Wasserverdunstungskraft und durch die geringere relative Feuchtigkeit in den Gebirgslagen kann die Transpiration der Alpenpflanzen grösser sein.

Zusammenfassend können wir sagen, dass wir nach den vorausgegangenen Feststellungen über den Einfluss des Gebirgsklimas auf den Stoffwechsel sehr wenig auszusagen imstande sind. Wir haben gesehen, dass tiefe Temperaturen das Wachstum, die Atmung und auch die Stoffaufnahme aus dem Boden hemmen, dass hingegen die Kohlensäureassimilation durch die grosse Strahlungsintensität erhöht wird. Alle anderen Vorgänge, wie Eiweisstoffwechsel und Fettstoffwechsel, spielen sich erst in zweiter Linie ab. Wir können daher nur Mutmassungen über den möglichen Einfluss des Klimas anstellen.

Zum Schlusse möchten wir uns der Ansicht von K. E y m a n n (16) anschliessen: Nicht das Allgemeinklima, sondern die Klimafaktoren, welche extreme Minima und Maxima bilden, sind für den Stoffwechsel und das Wachstum der Alpenpflanzen ausschlaggebend. Diese Faktoren sind im Gebirge: die Temperatur und die Strahlung. Alle übrigen Klimafaktoren sind auch zu berücksichtigen; sie nehmen aber in unseren Breiten niemals extreme Werte an. Die Temperatur sinkt mit der Höhe immer mehr und bedingt die kurze Vegetationsdauer und die im Gebirge auch im Sommer auftretenden Fröste und Schneefälle. Die direkte und diffuse U.V.-Strahlung summiert sich mit zunehmender Höhenlage immer rascher, so dass man im Hochgebirge mit diesem Faktor, der bekanntlich das vegetative Wachstum hemmt, rechnen muss.

### **III. Stellung der untersuchten Stoffgruppen im Stoffwechsel und deren mutmasslicher Einfluss auf den Gehalt durch das Gebirgsklima.**

Die Stellung der aetherischen Oele, die als Endprodukte des Eiweisstoffwechsels angesehen werden dürfen, und die Stellung der Alkaloide, die bekanntlich Zwischenprodukte oder in einzelnen Fällen auch Endprodukte des Eiweisstoffwechsels darstellen, wurde in den Arbeiten von O. Meyer (56), A. Bänninger (2), P. Meier (50) und K. E y m a n n (16) diskutiert. Wir beschränken uns auf die Betrachtung der von uns untersuchten Stoffgruppen, also der Ascorbinsäure, der Saponine, der Gerüstsubstanzen (Rohfaser) und der Mineralstoffe.

## 1. Vitamin C oder 1-Askorbinsäure.

Das natürliche Vitamin C, das nach J. Hangartner (26) mit der synthetischen 1-Askorbinsäure identisch ist, kommt in sehr vielen Pflanzen in grösseren und kleineren Mengen vor. Man findet es in allen Organen mit hoher biologischer Aktivität, so vor allem in den Pflanzenteilen mit starkem Wachstum (A. Virtanen 1933 [75]). In den ruhenden Organen, z. B. im Samen, verschwindet es ganz. Das Vitamin C scheint für das Wachstum der Pflanzen unentbehrlich zu sein. Wie und wo das Vitamin C in der Pflanze entsteht und über seine Rolle in der Pflanze gehen die Ansichten der verschiedenen Autoren noch stark auseinander.

Bevor wir über den mutmasslichen Einfluss des Gebirgsklimas auf den Gehalt an Vitamin C in den Pflanzen etwas aussagen können, müssen wir kurz die wichtigsten bisherigen Forschungsergebnisse über den Ort, die Entstehung und die physiologische Bedeutung des Vitamin C an Hand der Literatur verfolgen.

O. Dischendorfer (13) stellte zunächst (1937) in Gladiolenblättern fest, dass das Vitamin C in den Pflanzenzellen an zwei Stellen sich befindet: a) im Zellsaft gelöst, b) gebunden an gewisse Zellelemente. Für diesen Nachweis des Vitamin C in der Pflanze ist nach seiner Ansicht nur eine mit Essigsäure angesäuerte Silbernitratlösung verwendbar. H. Molisch (57) hat bereits 1918 bei der Einwirkung von Silbernitratlösung auf Chlorophyllkörner Bräunung derselben beobachtet. Dischendorfer glaubt, dass das von Molisch aufgedeckte und dem Formaldehyd zugeschriebene Reduktionsvermögen der Chloroplasten in Wirklichkeit der Askorbinsäure zuzuschreiben sei. Allgemeine chemische Ueberlegungen führten ihn zu dieser Annahme. Ferner hat A. Giroud (20) 1938 ganz allgemein festgestellt, dass die chlorophyllführenden Gewebe viel mehr Askorbinsäure enthalten als die chlorophyllarmen und -freien. Die grünen Blätter erwiesen sich immer vitaminreicher als die farblosen Wurzeln. In manchen Fällen wurde bei Tag mehr Vitamin gefunden als bei Nacht. A. Giroud (21) stellte weiter fest, dass pflanzliche Gewebe, die eine grosse Menge Vitamin C aufweisen, meistens auch reich an Carotinoiden sind. Die Carotine als Oxydationsschutz würden die Askorbinsäure vor einer Oxydation bewahren, die ja ausserordentlich leicht vor sich geht. Auf Grund dieser Feststellungen und auf Grund seiner Versuchsergebnisse glaubt Giroud die Vitamin C-Bildung in der Pflanze mit der Photosynthese in Zusammenhang zu bringen. Dischendorfer (13) geht weiter und stellt die Hypothese auf, dass ein genetischer Zusammenhang zwischen Vitamin C und Chlorophyll bestehe. Vitamin C soll ein dem Chlorophyll aufliegendes oder lose angelagertes Assimilat sein. O. A. Bessey und C. G. King (3) sind (1933) ebenfalls der Ansicht, dass in Anbetracht der relativ grossen Mengen an antiskorbutischem Vitamin in allen grünen Blättern und seiner Verbindung mit den Carotinoiden ein

Zusammenhang mit der Photosynthese bestehe, indem es sich um einen der vielen Redoxfaktoren handelt, die mit der Chlorophyllfunktion korrespondieren.

Gegen diese Anschauungen wandte sich A. Mirimanoff (53). Er fand keinen Zusammenhang zwischen Chlorophyll und Vitamin C-Gehalt in der Pflanze. Nach seiner Ansicht geht die Reduktionsgeschwindigkeit parallel mit der Zahl der Chlorophyllkörner, denen vor allem die Rolle eines Sensibilisators zukommt. Als reduzierender Körper kommt viel eher ein Zucker in Frage, der wahrscheinlich in den Chloroplasten gebildet wird. A. Mirimanoff (54) ist auch gegen die Annahme einer Vitamin C-Carotin-Beziehung. Es gibt auch Pflanzen, die reich an Carotinen sind, die aber geringe Mengen von Vitamin C enthalten, z. B. die Karotten. Ferner konnte T. Matsuoka (49) zeigen, dass Ascorbinsäure auch unabhängig von der Photosynthese entstehen kann. Er stellte bei der unter Lichtabschluss stattfindenden Keimung von Reissamen fest, dass Vitamin C synthetisiert wurde. V. G. Heller (33) fand ebenfalls, dass bei der Keimung von Weizen und Mais sogar in der Dunkelheit beträchtliche Mengen von Vitamin C produziert wurden. Daneben stellte er aber auch eine durch vermehrte Lichtintensität hervorgerufene vermehrte Vitaminbildung fest.

In diesem Zusammenhang möchten wir noch die Versuche von T. Sugawara (70) erwähnen. Er untersuchte den Einfluss des Lichtes auf den Ascorbinsäuregehalt von verschiedenen etiolierten Gemüsesetzlingen. Er fand ebenfalls, dass bei der Keimung in der Dunkelheit eine beträchtliche Menge von Vitamin C produziert wird. Die Produktion vermehrte sich jedoch unter Einfluss von künstlichem Licht bedeutend. Der Gehalt belichteter Setzlinge war um ca. 50 % grösser als derjenige in der Dunkelheit. Weiter stellte Sugawara fest, dass Setzlinge, die nach 48stündiger Beleuchtung wieder in die Dunkelheit versetzt wurden, einen kleineren Vitamin C-Gehalt besitzen als Setzlinge, die längere Zeit der Belichtung ausgesetzt waren. Sugawara vermutet daher ebenfalls eine direkte Beziehung zwischen Photosynthese und Ascorbinsäuregehalt.

Nach diesen Angaben ist die Frage nach der Entstehung und nach der Bedeutung des Vitamin C für den Stoffwechsel der Pflanze bis heute noch nicht völlig klargestellt worden. Es ist auch möglich, dass das Vitamin C infolge des hervorragenden Oxydations- und Reduktionsvermögens an den wichtigen Vorgängen der Zellatmung und der Fermentreaktion Anteil nimmt.

Es kann immerhin gesagt werden, dass die Ascorbinsäure ein kohlehydratähnlicher Körper ist und mit dem Kohlehydratstoffwechsel in Verbindung gebracht werden kann. Betrachtet man den möglichen Einfluss des Gebirgsklimas auf den Gehalt an Vitamin C unter diesem Gesichtspunkt, so wäre eine günstige Beeinflussung des Vitamin C-Gehaltes mit zunehmender Höhe zu erwarten. Bei

solchen Schlussfolgerungen kann man allerdings nicht vorsichtig genug sein und Verallgemeinerungen sind a priori auszuschliessen. Auch hier wird jede einzelne Pflanzengattung je nach ihren Eigenheiten und den Umweltfaktoren reagieren. Am deutlichsten zeigen diese Tatsachen die Resultate von P. Meier (50), der bei seinen Versuchen mit den Wurzeln und Blättern der *Althaea officinalis* wider Erwarten eine stetige Abnahme des Zucker- und Schleimgehaltes mit steigender Meereshöhe gefunden hat.

## 2. Saponine.

Saponine sind Glykoside, die bei der Hydrolyse in Zucker und in das als Sapogenin bezeichnete Aglykon zerfallen. Die Sapogenine zeigen teils nahe Beziehungen zu den Sterinen, teils sind sie Triterpene. Ueber die Rolle der Saponine im Stoffwechsel ist bis jetzt noch wenig bekannt. Der Mangel an einer geeigneten und exakten Bestimmungsmethode mag daran schuld sein. Die beste Bestimmungsmethode ist bis heute das Haemolyseverfahren.

H. Richter (64) hatte Untersuchungen über die Saponinbildung in der Pflanze angestellt und versuchte dabei Rückschlüsse auf die Bedeutung der Saponine in der Pflanze zu machen. Er fand die Saponinbildung abhängig vom Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, von der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens und vom Einfluss des Lichtes. Bei allen untersuchten Pflanzen stieg der haemolytische Index mit zunehmender Lichtintensität. Der Saponingehalt lag im allgemeinen am Abend höher als am Morgen. Diese Eigenschaft würde demnach mit der entsprechenden Eigenschaft der Glykoside völlig übereinstimmen. Der Verfasser glaubt daher an einen Zusammenhang zwischen Saponinstoffwechsel und Kohlehydratstoffwechsel. Die Saponine können wohl auch als Reservestoffe gelten. Es ist wahrscheinlich, dass sie wieder in den Stoffwechsel eintreten können. Die physiologischen Eigenschaften lassen vermuten, dass sie bei der Aenderung der Permeabilität und bei der Turgorregulierung eine Rolle spielen.

Da die Saponine glykosidische Körper sind, bestehen sie aus einem Aglykon und aus einem Zuckeranteil. Sie stehen also, mindestens was den Zuckeranteil betrifft, in naher Beziehung zum Kohlehydratstoffwechsel. Wie wir bereits kurz erwähnt haben, kann die Kohlehydratproduktion infolge der intensiveren Lichtwirkung im Gebirge erhöht werden. Auf Grund dieser Ueberlegungen können wir vermuten, dass auch die Bildung von Saponin mit zunehmender Höhenlage eine günstige Beeinflussung erfahre.

## 3. Rohfaser.

Die Definition der sogenannten Rohfaser hat sich im Laufe der Zeit geändert. Unter der Rohfaser verstand man ursprünglich das „Unverdauliche“, also den für die tierische Ernährung unbrauchbaren Rückstand. Später näherte sich der Rohfaserbegriff mehr dem des Cellulosegehaltes und er wird heute als solcher hauptsächlich zur Beurteilung von Lebens- und Futtermitteln

herangezogen. Das hat seinen Grund darin, dass wir bis heute noch kein einheitliches und eindeutiges Verfahren zur Bestimmung des Rohfasergehaltes besitzen. Die Cellulose ist ein in den Pflanzen ausserordentlich verbreitetes Kohlehydrat. Sie dient in ihnen hauptsächlich als Gerüststoff. Unter allen organischen Verbindungen, welche die Natur hervorbringt, steht die Cellulose in bezug auf Quantität an erster Stelle. Man schätzt die Kohlendioxydmenge, welche in der Cellulose der Pflanze ständig festgelegt ist, auf ca. 1100 Billionen kg, d. h. auf etwa die Hälfte der in der Atmosphäre enthaltenen (P. Karrer [37]). Die Cellulose wird in der Pflanze durch die  $\text{CO}_2$ -Assimilation gebildet. Die Bestimmungsmethode der Rohfasern und deren Wirkungsweise werden wir in einem späteren Kapitel näher beschreiben.

Wenn wir die Frage nach der vermutlichen Beeinflussung der Höhenlage auf den Rohfasergehalt stellen, so können wir sagen, dass auch hier mit einer Erhöhung der Celluloseproduktion mit zunehmender Höhenlage zu rechnen ist infolge der bekannten Intensivierung des Kohlehydratstoffwechsels durch das Gebirgsklima.

#### 4. Mineralstoffe (Asche).

Ueber den Mineralstoffwechsel lässt sich bis jetzt ebenfalls nichts Sicheres aussagen. Wir wissen durch Versuche mit Wasser- und Sandkulturen, dass N, S, P, K, Ca, Mg und Fe in der Nährlösung unentbehrlich sind, damit die Pflanzen sich normal entwickeln können. Von den Metallen ist zum mindesten für Kalium und Magnesium wahrscheinlich, dass sie am Aufbau gewisser Verbindungen beteiligt sind, die für die Existenz der Pflanzen wichtig sind.

Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss des Klimas auf den Mineralstoffwechsel sind noch kaum gemacht worden. P. Meier (50) fand keinen Zusammenhang zwischen Aschengehalt und Höhenlage, während K. Eymann (16) bei *Bergenia Delavayi* von einer bestimmten Höhenlage (1200 m) eine prozentuale Abnahme des Aschengehaltes, bei *Bergenia crassifolia* ebenfalls keinen gesetzmässigen Einfluss der Höhenlage und bei *Peucedanum Ostruthium* zunächst eine Abnahme, dann bis 1500 m eine Zunahme und von dort wieder eine Abnahme des Aschengehaltes feststellte.

Zusammenfassend stellen wir fest, dass alle von uns untersuchten Stoffgruppen, mit Ausnahme von Asche und Wasser, in erster Linie mit dem Kohlehydratstoffwechsel in Beziehung stehen und dass sie unter Umständen mit zunehmender Höhenlage eine Gehaltssteigerung erfahren können.

#### IV. Uebersicht über die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen.

Die früher durchgeführten Untersuchungen über den Einfluss der Höhenlage auf den Wirkstoffgehalt von Arzneipflanzen sind zum Teil wenig methodisch und besonders an zu wenig oder geo-



graphisch zu weit auseinander liegenden Orten ausgeführt worden. Dies gilt sowohl für die Untersuchungen an wildwachsenden Pflanzen als auch für die Untersuchungen an kultivierten Pflanzen. Wir möchten im Folgenden eine kurze Uebersicht über die bisher erzielten Resultate geben und stellen dabei die Untersuchungen an Pflanzen von Wildstandorten voraus.

## 1. Einfluss der Höhenlage auf Arzneipflanzen von natürlichen Standorten.

Die Auffassung, dass die Wirksamkeit von Arzneipflanzen aus den alpinen Höhenstufen grösser sei, ist wohl erstmalig von Konrad Gessner (19) geäußert worden. Dieser überragende Zürcher Forscher schreibt in einem Bericht über die Besteigung des Frakmont oder Pilatus am 20. August 1555 folgendes: „Odores etiam suaves ex herbis, floribus, ac stirpibus montanis se offerunt eadem enim plantae in montibus, tum odoratiores, tum ad medicamenta efficaciores, quam in plano, proveniunt.“ In der Folge sind, soweit wir die einschlägige Literatur verfolgen, keine derartig präzisen Angaben mehr gemacht worden bis in das 20. Jahrhundert.

E. Brunner (9) untersuchte 1921 in den Alpen Akonitknollen in den verschiedenen Höhenlagen. Er konnte dabei keine gesetzmässige Beziehung zwischen Meereshöhe des Fundortes und Alkaloidgehalt feststellen, indem bald höher und bald tiefer gewachsene Pflanzen gehaltsreicher waren. 1924 hatten A. Goris und M. Métin (23) wildwachsende Knollen von *Aconitum Napellus* aus den Pyrenäen ins Tiefland versetzt und hatten dabei keine Gehaltsunterschiede konstatieren können. M. Métin (55) machte 1926 mit wildgewachsenen Akonitknollen ebenfalls Untersuchungen, die er in den Pyrenäen an sechs verschiedenen Orten zwischen 550 bis 2500 m ü. M. gesammelt hatte. Der Alkaloidgehalt nahm bei seinen Versuchen mit steigender Höhenlage zu. Ferner hatten L. Kofler und E. Müller (41) 1930 den Einfluss der Höhenlage auf den Rohfilicingehalt von *Dryopteris filix mas* untersucht. Sie hatten dabei keine Gesetzmässigkeit zwischen Höhenlage und Wirkstoffgehalt festgestellt. Die neuesten und genauesten Untersuchungen führte, wie bereits im Kapitel „Problemstellung“ erwähnt, H. Flück (17) in den Jahren 1934—1942 durch. H. Flück kommt dabei zum Schluss, dass der Wirkstoffgehalt der wildwachsenden Pflanzen nicht direkt zusammenhängt mit der Höhenlage des Fundortes, sondern dass meistens das Maximum des Wirkstoffgehaltes in der mittleren Höhenlage des Verbreitungsgebietes der betreffenden Pflanze liegt.

## 2. Untersuchungen unter möglichst grossem Ausschluss der nicht klimatischen Faktoren.

Die ersten Versuche zur Klärung des Einflusses der Höhenlage auf die Entwicklung von Arzneipflanzen stammen von W. Hecht (27—31). Dieser Autor kultivierte Arzneipflanzen auf zwei Ver-

suchsstationen, einer Talstation bei Korneuburg bei Wien (167 m ü. M.) und einer Gebirgsstation auf der Schatzalp bei Davos (1868 m ü. M.). Wie wir bereits in der Einleitung bemerkten, erscheint hier besonders die ausserordentlich grosse Horizontalabstand (ca. 500 km) zwischen den beiden Stationen nachteilig. Ferner ist auch zu bemerken, dass die beiden Stationen in ganz verschiedenen Grossklimabezirken liegen. Endlich glauben wir, dass man Gesetzmässigkeiten der Beziehungen von Wirkstoffbildung und Höhenlage nur dann ermitteln kann, wenn man nicht nur die beiden Endpunkte einer Kurve bestimmt, sondern dass auch Zwischenstationen unbedingt notwendig sind. Die Resultate, über welche der Autor in fünf ausgedehnten Publikationen berichtet, bieten zweifellos viele interessante Anregungen, bedürfen aber weiterer Erhärtungen. Wir verweisen in bezug auf die Resultate auf die Publikationen von W. Hecht und die Zusammenfassungen von O. Meyer und A. Bänninger.

Zur besseren Erforschung des Problems baute H. Flück zusammen mit seinen Schülern (O. Meyer, A. Bänninger, P. Meier und K. Eymann) in einem klimatisch engen Bezirk eine Reihe von sechs verschieden hoch gelegenen Versuchsstationen, auf denen wir ebenfalls Gelegenheit hatten, Versuche an Arzneipflanzen durchzuführen. Die genauen Angaben über die Versuchsanlage finden sich in den früheren Angaben und kurz auch im folgenden Kapitel dieser Arbeit. Die bisherigen Untersuchungen beziehen sich auf rein pharmazeutische Wirkstoffe, zum Teil aber auch auf Substanzen, welche für die Bildung von Wirkstoffen wichtig sind, wie Zucker- und Stickstoffkörper, sowie auf den Aschengehalt und auf den Wassergehalt. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### 1) *Kohlehydrate.*

Untersucht wurde:

*Althaea officinalis* L. (Malvaceae) von P. Meier 1938/39. P. Meier untersuchte in seiner Arbeit den Schleimgehalt im Blatt und in der Wurzel der *Althaea officinalis*. Seine Resultate ergaben von 950 m ü. M. an eine stetige Abnahme des Schleimgehaltes. Der Verlauf der Zuckerkurve, die gleichzeitig in der Wurzel der Versuchspflanze bestimmt wurde, zeigte gleiche Tendenz.

#### 2) *Gesamtstickstoff und Aminostickstoff.*

Untersucht wurde:

*Peucedanum Ostruthium* L. Koch (Umbelliferae) von K. Eymann 1939/42.

K. Eymann hatte zum ersten Mal bei *Peucedanum Ostruthium* den Gesamtstickstoff und den Aminostickstoff in den Rhizomen, Wurzeln und Ausläufern untersucht, um dadurch Einblick in den Stickstoffwechsel der Pflanze in verschiedenen Höhenlagen und dessen event. Beziehung zur Bildung von aetherischem Oel zu

erhalten. Er fand dabei eine Verminderung des Gesamtstickstoffes mit zunehmender Höhenlage, endgültig allerdings erst nach 4 Versuchsjahren. Eymann führt diese Erscheinung auf die fortschreitende Akklimatisation der Pflanze zurück. Der Aminostickstoff zeigte schon im ersten Versuchsjahr eine deutliche Abnahme mit zunehmender Höhe. Diese Resultate stimmen sehr gut überein mit denen, die O. Meyer, A. Bänninger, P. Meier und K. Eymann von den Aetherisch-Oel- und Alkaloiddrogen erhalten haben. Die genaueren Angaben hierüber führen wir weiter unten an.

### 3) *Glykoside.*

Untersucht wurden:

*Gentiana lutea* L. (Gentianaceae) von A. Bänninger 1936/37, *Artemisia glacialis* L., *Artemisia laxa* Lam. und *Artemisia laxa* Alpes Maritimes (Compositae) von P. Meier 1937/38 und *Bergenia crassifolia* L. Engler und *Bergenia Delawayi* Franch (Saxifragaceae) von K. Eymann 1939/42.

Die Resultate der Untersuchungen auf unseren Versuchsstationen zeigten gegensätzliche Resultate. A. Bänninger fand bei *Gentiana lutea*, sowohl bei der fermentierten als auch bei der stabilisierten Wurzel, eine Zunahme des Bitterwertes mit steigender Höhenlage, während P. Meier in den Blättern der verschiedenen Artemisien eine Abnahme desselben feststellte. K. Eymann fand in den Blättern von *Bergenia Delawayi* ebenfalls ein Absinken des Arbutingehaltes bis zu einer Höhe von 1800 m ü. M., dann aber ein sprunghaftes Ansteigen. Der Grund für diese Zunahme ist noch unabwehrt. Im Gegensatz dazu konnte Eymann bei *Bergenia crassifolia* eine Zunahme bis zu einer Höhenlage von 1800 m ü. M., dann aber eine Abnahme des Arbutingehaltes feststellen. Wir sehen aus diesen Resultaten eindeutig, dass Verallgemeinerungen unter allen Umständen zu vermeiden sind, so dass wir bis jetzt noch nichts Eindeutiges über den Einfluss des Höhenklimas auf den Glykosidgehalt aussagen können.

### 4) *Gerbstoff.*

Untersucht wurden:

*Bergenia crassifolia* L. Engler und *Bergenia Delawayi* Franch (Saxifragaceae) von K. Eymann (1939/42).

Parallel zu den Arbutinbestimmungen bestimmte K. Eymann in den Blättern von *Bergenia crassifolia* und *Delawayi* auch die Gerbstoffe, die bekanntlich glykosidischen Charakter haben. Der Autor fand keine einheitliche und klare Beeinflussung durch die Höhenlage.

### 5) *Alkaloide.*

Untersucht wurden:

*Aconitum Napellus* L. (Ranunculaceae) von O. Meyer 1934 und *Lobelia inflata* L. (Campanulaceae) von A. Bänninger 1936.

Auf unseren Versuchsanlagen wurden *Aconitum Napellus* von O. Meyer und das Kraut der *Lobelia inflata* von A. Bänninger als Alkaloidpflanzen untersucht. Beide Autoren fanden eine deutliche Gehaltsverminderung mit zunehmender Höhenlage. Diese Resultate stimmen überein mit den früheren Versuchen von W. Hecht, der bei *Datura Stramonium* und *Aconitum Napellus* ebenfalls einen bedeutend geringeren Alkaloidgehalt in der Höhe feststellte. Diese Ergebnisse sind eindeutig, sie müssen aber durch weitere Versuche erhärtet werden, damit eine endgültige Schlussfolgerung für ein allgemeines Verhalten der Alkaloidbildung im Gebirgsklima gezogen werden kann.

#### 6) *Aetherisches Oel.*

Untersucht wurden:

- a) *Aetherisches Oel* in schizogenen Sekretbehältern gebildet:  
*Petroselinum sativum* Hoffm. (Umbelliferae) von O. Meyer 1934, *Carum Carvi* L. und *Petroselinum hortense* Hoffm. (Umbelliferae) von A. Bänninger 1936/37, *Peucedanum Ostruthium* L. (Umbelliferae) von K. Eymann 1929/42.
- b) *Aetherisches Oel* in Labiatendrüsenhaaren auf der Epidermis:  
*Thymus vulgaris* L. (Labiatae) von O. Meyer 1933/34 und *Metha piperita* L. (Labiatae) von O. Meyer und A. Bänninger 1933/34 und 1935/37.
- c) *Aetherisches Oel* in schizogenen Sekretbehältern in Organen:  
*Matricaria Chamomilla* L. (Compositae) von O. Meyer und A. Bänninger 1934.
- d) *Aetherisches Oel* in Drüsenhaaren auf der Epidermis:  
*Achillae Millefolium* L. (Compositae) von O. Meyer und A. Bänninger 1934 und 1935/37, *Achillae moschata* Wulfen (Compositae) von P. Meier 1937/38, *Artemisia glacialis* L., *Artemisia laxa* Lam., *Artemisia laxa Alpes Maritimes* und *Artemisia Genipi* Weber (Compositae) von P. Meier 1937/38.

Die Beeinflussung des aetherischen Oeles durch das Klima ist am häufigsten untersucht worden. Dabei sind von allen vier Autoren gleichartige Ergebnisse erzielt worden. Sie stellen fest, dass von einer für jede einzelne Pflanze charakteristischen Höhenlage an eine deutliche Abnahme des aetherischen Oeles erfolge, wobei das Maximum sich zwischen Chur und Litzirüti verschieben kann,

hauptsächlich aber in Lügen, der wärmsten Versuchsstation, zu finden ist. P. Meier fand allerdings bei seinen untersuchten Artemisien überhaupt keinen Zusammenhang zwischen Aetherisch-Oel-Gehalt und Höhenlage, und K. Eymann stellte bei *Peucedanum Ostruthium* nur eine undeutliche Abnahme mit zunehmender Höhenlage bei starkem Anstieg in Lügen fest. Die allgemeine Tendenz scheint jedoch eine Abnahme der Aetherisch-Oel-Bildung mit zunehmender Höhenlage zu sein.

#### 7) Wasser.

Untersucht wurden:

*Achillea millefolium* L. (Compositae), *Mentha piperita* L. und *Thymus vulgaris* L. (Labiatae) von O. Meyer 1933/34, *Achillea moschata* Wulfen, *Artemisia glacialis* L., *Artemisia laxa* Lam., *Artemisia laxa* Alpes Maritimes und *Artemisia Genipi* Weber (Compositae) von P. Meier 1937, *Bergenia crassifolia* L. Engler und *Bergenia Delawayi* Franch (Saxifragaceae) und *Peucedanum Ostruthium* L. Koch (Umbelliferae) von K. Eymann 1939/42.

O. Meyer und P. Meyer fanden keinen gesetzmässigen Zusammenhang zwischen Höhenlage und Wassergehalt, während K. Eymann eine sehr wechselnde Beeinflussung des Wassergehaltes durch die Höhenlage feststellte. *Bergenia crassifolia* zeigte eine deutliche Zunahme des Wassergehaltes mit zunehmender Höhenlage, bei *Bergenia Delawayi* konnte er keinen klaren gesetzmässigen Einfluss beobachten, während bei *Peucedanum Ostruthium* der Wassergehalt mit zunehmender Höhenlage stark abnahm.

#### 8) Asche.

Untersucht wurden:

*Achillea moschata* Wulfen (Compositae) und *Althaea officinalis* L. (Malvaceae) von P. Meier 1937/39, *Bergenia crassifolia* L. Engler, *Bergenia Delawayi* Franch (Saxifragaceae) und *Peucedanum Ostruthium* L. Koch (Umbelliferae) von K. Eymann 1939/42.

P. Meier fand bei der Bestimmung des Aschengehaltes des Krautes von *Achillea moschata* und bei den Wurzeln und Blättern von *Althaea officinalis* keinen gesetzmässigen Einfluss der Meereshöhe. K. Eymann konstatierte bei *Bergenia crassifolia* ebenfalls keinen gesetzmässigen Einfluss der Höhenlage, bei *Bergenia Delawayi* von einer bestimmten Höhe (1200 m ü. M.) an eine Abnahme des Aschengehaltes und bei *Peucedanum Ostruthium* zunächst eine Abnahme, dann bis 1500 m ü. M. eine Zunahme und von dort wieder eine Abnahme des Aschengehaltes. Eine endgültige Festlegung über das Verhalten des Aschengehaltes und damit über die Mineralstoffspeicherung in der Pflanze in den verschiedenen Höhenlagen ist demnach noch zu verfrüht.

## B. Spezieller Teil

### I. Versuchsanlage.

Bei der Anlage von Versuchen zur Aufklärung des Einflusses der Höhenlage auf den Wirkstoffgehalt von Arzneipflanzen sind einige prinzipielle Fragen zu berücksichtigen. Es ist vor allen Dingen darauf zu achten, dass mit Ausnahme der Klimafaktoren alle übrigen Faktoren, die den Wirkstoffgehalt beeinflussen können, ausgeschaltet werden.

Da der Boden den Wirkstoffgehalt einer Pflanze beeinflussen kann, ist besonders auf die Ausschaltung dieses Faktors zu achten. Dies kann am besten dadurch erreicht werden, wenn auf allen Stationen dieselbe Erde verwendet wird.

Die Auswahl der Versuchspflanzen ist ebenfalls ausschlaggebend für einwandfreie Resultate. Die Pflanzen müssen in bezug auf Rasse, Varietät, Grösse usw. möglichst vollständig übereinstimmen. Auf möglichst gleiche Kultur- und Wachstumsbedingungen ist grosser Wert zu legen. Ebenso müssen Versuchspflanzen gewählt werden, die im alpinen Klima, wo auch im Sommer zeitweilig tiefe Temperaturen herrschen können, gut gedeihen.

Ferner ist es nötig, nicht nur eine tiefe und eine hohe Station zu wählen, sondern auch mehrere Zwischenstationen mit ungefähr gleichen Höhendifferenzen, um gesetzmässige Beziehungen zwischen Höhenlage und Stoffwechsel ableiten zu können. Eine Höhendifferenz von ca. 300—400 m wird für solche Versuche günstig sein, weil dabei bereits die Gehaltsunterschiede von Station zu Station gut erkennbar werden. Weiter muss das Untersuchungsgebiet auf einem geographisch möglichst engen Bezirk liegen, damit der einheitliche Charakter des Grossklimas gewahrt bleibt. Der Idealfall für solche Versuche wäre ein einziger Hang, der von wenigen m ü. M. bis gegen 2500 m ü. M. ansteigt.

Als weitere Voraussetzung gilt das Vorhandensein von meteorologischen Stationen in nächster Nähe der Versuchsanlagen, um die klimatischen Verhältnisse besser beurteilen zu können.

Man könnte noch eine Anzahl von Gesichtspunkten aufzählen, die bei der Wahl der Versuchsstationen von Bedeutung sind. In den früheren Arbeiten, besonders ausführlich in denen von A. Bänninger (2) und K. Eymann (16) ist darüber berichtet worden. Wir verweisen daher auf die Originalarbeiten.

## 1. Die Versuchsstationen.

Da vorliegende Arbeit die Fortsetzung der Versuche von O. Meyer, A. Bänninger, P. Meier und K. Eymann darstellt, benützten wir für unsere Versuche die gleichen Stationen im Plessurtal. Die Anlagen in Chur, Lünen, Peist, Litzirüti und Maran blieben sich gleich. Die von P. Meier neu errichtete Anlage zwischen Arosar-Weisshorn und Brüggerhorn wurde von uns auch weiterhin benützt.

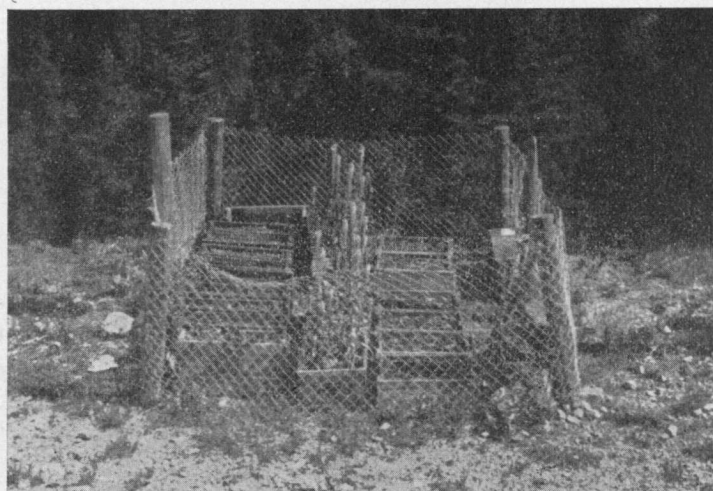
Das Plessurtal hat sich als sehr günstig für Untersuchungen über Klimaverhältnisse auf Arzneipflanzen erwiesen. Das Tal ist verhältnismässig steil und kurz. Die Luftdistanz von Chur bis Arosa beträgt ca. 14 km. Dies bietet den Vorteil, dass das Gebiet in einem einheitlichen Grossklimabezirk liegt. Von Chur, das 590 m ü. M. liegt, verläuft das Tal in östlicher Richtung bis Langwies, um dort nach Südsüdwesten umzuknicken. Es endigt in dem weiten Becken von Arosa (1740—1900 m ü. M.). Die höchste Station auf dem Weisshornjoch, die für uns nur wissenschaftliche Bedeutung hat, liegt auf ca. 2400 m ü. M. Das ganze Tal wird von der schmalspurigen Rhätischen Bahn befahren, was für die praktische Durchführung der Versuche ein grosser Vorteil war. Ferner besitzen Chur und Arosa meteorologische Stationen, so dass die klimatischen Verhältnisse für das ganze Tal einigermassen festgelegt sind.

Unsere Versuchsanlage setzt sich aus den folgenden 6 Versuchsstationen zusammen:

		Höhe in m ü. M.	Höhendifferenz
<b>Chur:</b>	in der Gärtnerei Urech im Südwesten von Chur	590 m	
<b>Lünen:</b>	auf dem Stationsareal in süd-exponierter Hanglage	940 m	350 m
<b>Peist:</b>	auf dem Stationsareal in süd-exponierter Hanglage	1250 m	310 m
<b>Litzirüti:</b>	auf dem Gelände ca. 100 m östl. der Station in südöstl. exponierter Tallage	1440 m	190 m
<b>Maran:</b>	im alpinen Versuchsgarten der eidg. landwirtschaftl. Versuchstation Zürich-Oerlikon auf süd-exponierter Höhenterrasse	1840 m	400 m
<b>Weisshornjoch:</b>	am Südwesthang des Brüggerhornes in südexponierter Lage	2400 m	<u>560 m</u>
			<u>1810 m</u>

Die Höhendifferenzen von ca. 300—400 m erwiesen sich in den früheren Versuchen als gross genug, um deutliche Differenzen in den Versuchsergebnissen zu erhalten. Die Station Litzirüti macht in den Höhenstufung bei unserer Versuchsanlage zwar eine Ausnahme. Sie liegt gegenüber den benachbarten Stationen ca. 100 m zu tief. Sie ist aber trotzdem berechtigt, wie es frühere Versuchsergebnisse zeigten und wie es vorliegende Arbeit zeigen wird. Unsere Versuchsstationen erstrecken sich auf eine Gesamthöhen-

differenz von ca. 1800 m, so dass wir die Einwirkung eines ausgedehnten Klimagebietes beurteilen können. Die genaue Lage und eine Charakteristik der einzelnen Stationen finden sich in den Arbeiten von P. Meier und K. Eymann.



Die Versuchsstation in Litzirüti (1460 m ü. M.)

Weitere photographische Aufnahmen der Versuchsstationen sind in der Dissertation von P. Meier wiedergegeben.

## 2. Wildpflanzenprofile.

Neben der Untersuchung der kultivierten Pflanzen auf den oben erwähnten Versuchsstationen analysierten wir parallel dazu Pflanzen aus Wildbeständen. Zu diesem Zwecke wählten wir sogenannte Vertikalprofile, d. h. mehrere Bestände von wildwachsenden Pflanzen aus verschiedener Höhenlage, die in einem möglichst einheitlichen Klimabezirk lagen. Auch bei derartigen Versuchen ist es wichtig, alle nicht klimatisch bedingten Einflüsse nach Möglichkeit auszuschalten. Nach welchen Gesichtspunkten bei diesen Versuchen vorgegangen werden muss, haben wir bereits im Kapitel „Problemstellung“ und im einleitenden Teil dieses Kapitels festgelegt. Demnach sind solche Wildpflanzenprofile unter ähnlichen Gesichtspunkten auszuwählen wie unsere Versuchsanlage im Plessurtal. Es sei nochmals erwähnt, dass die Einflüsse des Bodens und die individuellen und rassenmässigen Schwankungen im Wirkstoffgehalt innerhalb einer Art bei derartigen Versuchen nicht auszuschliessen sind. Um brauchbare Resultate zu erhalten, müssen möglichst viele Standorte mit einer Höhendifferenz von mindestens 200—300 m in die Versuche eingeschlossen werden.



Wir geben im Folgenden die von uns gewählten Wildpflanzenprofile wieder. Hier sei vorweggenommen, dass wir von den nachstehenden 3 Profilen ausschliesslich die *Primula veris* L. untersuchten.

1. *Wildpflanzenprofil = Plessurtalprofil*

	Standort	Höhe in m ü. M.	Höhendifferenz
<b>Chur:</b>	Wiese ausserhalb Chur bei Masans, auf der Talsohle	590 m	
<b>Lüen:</b>	Steile Wiese neben unserer Versuchstation in südexponierter Hanglage, vermutlich Moräne	940 m	350 m
<b>Peist:</b>	Steiles Wiesenbord an der Bahnlinie unterhalb unserer Versuchstation in südexponierter Hanglage, vermutlich Moräne	1240 m	300 m
<b>Litzirüti:</b>	Am Strassenbord oberhalb der Bahnstation Litzirüti, Gehängeschutt (Sulzfluhkalk)*	1460 m	<u>220 m</u> 870 m

In Maran konnte kein Standort von *Primula veris* mehr gefunden werden. Dieses Profil verläuft parallel mit unseren Versuchstationen und liegt demnach in einem einheitlichen Klimabezirk. Es entspricht aber noch nicht dem Idealfall (ein einziger Steilhang). Immerhin können die Resultate der beiden Versuchsanlagen miteinander verglichen werden.

2. *Wildpflanzenprofil = Lüenerprofil*

	Standort	Höhe in m ü. M.	Höhendifferenz
<b>Chur:</b>	wie oben	590 m	
<b>Lüen:</b>	wie oben	940 m	350 m
<b>unterhalb Castiel:</b>	auf einer Wiese zwischen Lüen und Castiel, vermutlich Moräne	1150 m	210 m
<b>oberhalb Castiel:</b>	auf einer steilen Waldwiese oberhalb Castiel, vermutlich Bündnerschiefer	1500 m	<u>350 m</u> 910 m

Bei diesem Profil bleiben sich die zwei untersten Standorte gleich wie im ersten Profil. Die nächsthöheren Standorte fanden wir am Berghang, der sich von Lüen über Castiel gegen den Hochwang hinaufzieht und gegen Süden liegt. In höherer Lage als 1500 m ü. M. fanden wir keine Standorte für *Primula veris* mehr. Auch innerhalb dieses Profiles herrscht ein einheitlicher Klimacharakter und kommt dem Idealfall schon näher.

\* Cadisch J., Geologische Karte von Mittelbünden. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Spez. Karte 94a.

### 3. Wildpflanzenprofil = Harderprofil

	Standort	Höhe in m ü. M.	Höhendifferenz
<b>Harderbasis:</b> (Interlaken)	Alte Kunstwiese Brückgut, Drusbergschichten (Barrémien) untere Kreide*	600 m	
<b>unteres Bleiki:</b>	Auf lichter, steiler Waldwiese, ungedüngt (Lärchenwald), Drusbergschichten (Barrémien) untere Kreide*	750 m	150 m
<b>oberes Bleiki:</b>	Auf lichter, steiler Waldwiese, ungedüngt (Lärchenwald), Drusbergschichten (Barrémien) untere Kreide*	960 m	210 m
<b>unterhalb Harderkulm:</b>	Am Hardergrat auf steiler Bergwiese, ungedüngt, Drusbergschichten (Barrémien) untere Kreide*	1250 m	<u>290 m</u> 650 m

Dieses Profil ist ein typisches Vertikalprofil, wobei die Einheitlichkeit des Klimacharakters am besten gewährleistet ist und es werden hier am ehesten nur die durch die Höhenlage bedingten Klimafaktoren auf die Pflanze einwirken.

### 4. Wildpflanzenprofil = Maranerprofil

Als Versuchspflanze untersuchten wir *Primula farinosa* L.

	Standort	Höhe in m ü. M.	Höhendifferenz
<b>Litzirüti:</b>	Auf der Alpweide gegenüber der Bahnstation. Moräne**	1440 m	
<b>Maran:</b>	Auf der Alpweide neben dem Versuchshaus	1840 m	400 m
<b>Weisshornjoch:</b>	Auf der Alpweide neben unserer Versuchsstation. Dolomit**	2400 m	<u>560 m</u> 960 m

Auch dieses Profil ist einheitlich in bezug auf das Klima. Es hat aber den Nachteil, dass nur aus 3 Standorten Pflanzenmaterial entnommen werden konnte.

### 5. Wildpflanzenprofil

Dieses Profil hat nur orientierenden Wert, da die Pflanzen aus geographisch weit voneinander liegenden Standorten stammen und somit verschiedenen Klimabezirken angehören. Bei diesen Versuchen verwendeten wir die *Primula integrifolia* L., eine typische Vertreterin der alpinen Flora.

\* Beck P., Geologische Karte der Gebirge nördlich von Interlaken. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Neue Folge, Liefg. XXIV, Spez. Karte No. 56a.

\*\* Cadisch J., Geologische Karte von Mittelbünden. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Spez. Karte 94a.

	Standort	Höhe in m ü. M.	Höhendifferenz
oberhalb Trübsee:	Auf einer Weide, am Nordwest- (bei Engelberg) hang des Titlis. Malmkalk*	1950 m	
am Brüggerhorn:	Auf einer Weide, Osthang, Dolo- (bei Arosa) mit**	2200 m	250 m
Weisshornjoch:	Auf der Alpweide neben unserer (bei Arosa) Versuchsstation. Dolomit**	2400 m	200 m
P. Forcellina:	Unterhalb der Passhöhe, am Westhang. Grünschiefer***	2650 m	<u>250 m</u> 700 m

### 3. Die Versuchspflanzen.

#### a) Die Pflanzen der Kulturversuche.

Als Versuchspflanzen gelangten 2 Spezies aus der Familie der Primulaceen zum Anbau: *Primula veris* L. em. Hudson (= *Primula officinalis* L.; Hill.), die Frühlings Schlüsselblume; *Primula elatior* L. Schreber, die hohe Schlüsselblume.

*Primula veris* und *Primula elatior* sind ausdauernde Pflanzen. Sie besitzen einen kurzen, dicken, geraden oder gekrümmten bis 10 cm langen Wurzelstock, an dem viele bis 15 cm lange Wurzeln entspringen, die bei der *Primula veris* weisslich-gelb und bei der *Primula elatior* mehr bräunlich gefärbt sind. Die Blätter sind grundständig, eiförmig und ungeteilt. Die Blüten sitzen auf einem bis 20 cm lang werdenden derben Stiel in einer Dolde und sind bei der *Primula veris* goldgelb und bei der *Primula elatior* schwefelgelb gefärbt. *Primula elatior* ist ein ausgesprochener Frühblüher, während *Primula veris* etwas später blüht. Beide Arten kommen auf Wiesen vor, und zwar bevorzugt *Primula veris* mehr sonnige und trockene, *Primula elatior* mehr feuchte Standorte (Laubwälder des Buchenbezirkes, vor allem Auenwälder, Flachmoore). Das Verbreitungsgebiet der *Primula veris* erstreckt sich in unseren Gebieten von der Ebene bis auf 2100 m ü. M. und das der *Primula elatior* sogar bis auf 2600 m ü. M., z. B. Arosar-Weisshorn (J. Braun und E. Rüb-  
bel [8]). Es ist daher anzunehmen, dass beide Pflanzen auch auf unserer höchstgelegenen Versuchsstation am Weisshorn gedeihen.

Als Inhaltsstoffe findet man nach R. Wasicky (76) in der *Primula veris* und in der *Primula elatior* hauptsächlich Saponin und zwar nur ein einziges, in der *Primula veris* die kristallinische Primulasäure, in der *Primula elatior* das amorphe *Elatior-Saponin*, das mit der Primulasäure sehr ähnlich, aber nicht identisch ist. Nach den neuesten Untersuchungen jedoch, die A. Margot und T. Reichstein (48) durchführten, enthalten die beiden Pflanzen dasselbe kristallinische Saponin, das sie vor-

\* Arbenz P., Geologische Karte der Urirotstockgruppe. Beiträge zur Geologie der Schweiz. N.F. Liefg. XXVI, Spez. Karte 84 (1912).

\*\* Cadisch J., Geologische Karte von Mittelbünden. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Spez. Karte 94a.

\*\*\* Staub R., Geologische Karte des Val Bregaglia (Bergell). Beitrag zur Geologie der Schweiz, Spezialkarte 90 (1919).

läufig als „Primulasäure A“ bezeichnen, daneben fanden sie merkliche Mengen von „Nebensaponinen“. Der Gehalt kann in den Wurzeln 5—10 %, in den Blättern ca. 2 % betragen. Die Stengel und Blüten enthalten meistens nur Spuren von Saponin. In den Wurzeln findet sich ein sog. Primelkratzstoff vor. Dieser Stoff ist nicht identisch mit dem Saponin und lässt sich von ihm trennen. Ferner enthält die *Primula veris* in allen Teilen der Pflanze das Ferment Primverosidase und 2 isomere Glykoside: Primverin und Primulaverin (A. Goris und Mitarbeiter [24]), von denen das erstere durch fermentative Spaltung in den p-Methoxysalicylsäuremethylester und Zucker (Primverose = Xyloglukose), das letztere in den m-Methoxysalicylsäuremethylester und Zucker gespalten wird. Die beiden Ester treten sowohl im aetherischen Oel des Blattes als auch in demjenigen der Wurzel auf und bedingen den anisartigen Geruch beim Trocknen der Droge. A. Goris, M. Mascré und Ch. Vischniac (24) geben für *Radix Primulae* (frisch) 0,0864 % aetherisches Oel an. In der *Primula elatior* ist kein Primverin und Primulaverin vorhanden, sondern nur sehr wenig eines nach *Gaultheria*öl riechendes aetherisches Oel. Andere in der Wurzel der *Primula veris* und *Primula elatior* nachgewiesene Stoffe sind: Volemit (ein Heptit), Mineralstoffe (ca. 7 %) und Gerbstoff. Letzterer findet sich in der *Primula veris* in kaum nachweisbaren Spuren, in der *Primula elatior* in deutlich nachweisbaren Mengen (76). In neuerer Zeit ist in den Blättern der beiden Pflanzen eine beträchtliche Menge von Vitamin C festgestellt worden. M. Löhner (45) fand 1941 in den Blättern der Schlüsselblume auf 1500 m ü. M. 456 mg %, auf 1800 m ü. M. 325 mg % Vitamin C, und A. Nordal (59) fand 1939, wie bereits oben erwähnt, in den Blättern der *Primula veris* 512 mg % und in denjenigen der *Primula elatior* 509 mg % Vitamin C.

Als Droge kommt vor allen Dingen die *Radix Primulae* (im demnächst erscheinenden Supplement zur Ph. H. V. als *Rhizoma Primulae* bezeichnet), die gewöhnlich aus einem Gemisch der Rhizome und Wurzeln beider Stammpflanzen besteht, in Betracht. Sie hat heute als vollwertigen Ersatz für die Senegawurzel in der Schulmedizin an Bedeutung gewonnen. Die Droge wird vor allen Dingen als ein vorzügliches Expektorans verwendet. Die Blüten werden heute noch als *Flos Primulae cum aut sine calyce* in verschiedenen Teemischungen, vor allem an Stelle von *Flos Verbasci* in Hustentees verwendet.

#### *b) Die Pflanzen der natürlichen Standorte.*

Für unsere Versuche an wildgewachsenen Pflanzen wählten wir zunächst *Primula veris* L., die wir in der Folge am häufigsten untersucht haben. Nach J. Braun und E. Rübél (8) ist *Primula veris* im Schanfigg bis Langwies häufig verbreitet, um Arosa kommt sie aber nur vereinzelt vor und zwar adventiv in

Kunstwiesen. Um die Vergleichsmöglichkeiten des reinen Versuches mit dem des Wildpflanzenversuches in einem einheitlichen Klimabezirk am ehesten gewährleisten zu können, wählten wir die beiden oben erwähnten Wildpflanzenprofile im Schanfigg.

Als weitere Versuchspflanze wählten wir: *Primula farinosa* L., die Mehlschlüsselblume oder Mehlsprimel.

Die *Primula farinosa* ist eine ausdauernde Pflanze mit einem kurzen, kegelförmigen Wurzelstock. Sie ist die weitverbreitetste Art der Gattung. Sie kommt vor allem in sumpfigen Wiesen, in Flachmooren und im Gebirge auch auf Trockenwiesen vor (G. Hegi [32]). J. Braun und E. Rübel (8) geben für Graubünden den tiefsten Fundort in Selvapiana bei Roveredo 530 m ü. M. und den höchsten Standort am P. Forcellina 2900 m ü. M. an. G. Schumann (66) fand in den kleinen Wurzeln der *Primula farinosa* hohe Saponinwerte. Seine untersuchten Wurzeln hatten einen hämolitischen Index von 9740 und die Blätter einen solchen von 2670 bezogen auf  $F = 25\,000$ .

Als dritte wildwachsende Saponinpflanze wählten wir: *Primula integrifolia* L., die ganzblättrige Schlüsselblume.

Die *Primula integrifolia* ist ebenfalls eine ausdauernde Pflanze. Sie besitzt einen kurzen, dicken, oft mehrköpfigen Wurzelstock. Sie bevorzugt tonig-humosen und wassergetränkten Boden der alpinen Stufe längs Bächen und in Schneetälchen, besonders über 2100 m ü. M. *Primula integrifolia* ist in allen Gebirgszügen der östlichen und mittleren Schweiz verbreitet (32). In ganz Graubünden ist sie häufig, tiefe Fundorte findet man bei Tschierschen 1630 m ü. M., am Bernhardinpass 1650 m ü. M., und hohe Fundorte am Arosler-Rothorn 2840 m ü. M., P. Forcellina 2900 m ü. M., Piz Forun 3045 m ü. M. usw. (8). G. Schumann (66) hatte in den Wurzeln und Blättern ebenfalls den hämolitischen Index bestimmt und fand dabei: H. I. der Wurzel 440, H. I. des Blattes 860 (bezogen auf  $F = 25\,000$ ). Vitamin C-Gehalte in den Blättern werden weder bei *Primula farinosa* noch bei *Primula integrifolia* in der Literatur erwähnt.

## II. Anbau und Pflege.

Nachdem K. Eymann seine Versuche im Herbst 1942 beendet hatte, konnten wir für den Anbau unserer Versuchspflanzen dieselben Kisten mit der gleichen Gartenerde verwenden. Es gelangten zunächst *Primula veris*-Stöcke aus zwei verschiedenen Provenienzen zum Anbau. Das eine Setzgut stammte aus einer Wiese im sog. Schoris oberhalb Meilen (530 m ü. M.), das andere aus einer lichten Waldwiese im sog. Unteren Bleiki am Harder bei Interlaken (750 m ü. M.). Dadurch, dass wir Pflanzen aus zwei verschiedenen Standorten angepflanzt hatten, konnten wir prüfen,

ob verschiedene Rassen innerhalb einer Spezies sich auf unsern Stationen gleich verhalten. Wir hatten alle Exemplare auf demselben kleinen Platz, und zwar in grosser Zahl (ca. 250 Pflanzen), ausgegraben. Dadurch glauben wir, Differenzen, die durch biochemische Rassen und durch Gehaltsunterschiede der einzelnen Exemplare verursacht werden könnten, weitgehendst zu vermeiden.

Für den Anbau dieser Pflanzen benützten wir auf jeder Station 8 hohe Kisten ( $60 \times 36 \times 17$  cm). In diese hatten wir zwischen dem 22. und 25. Oktober 1942 pro Versuchsstation je 45 Primula-Stöcke aus beiden Standorten angepflanzt. Jede Kiste war demnach mit 10—12 Pflanzenstecklingen besetzt. Die Weisshornanlage wich von den übrigen ab, sie umfasste nur 4 flache Kisten ( $52 \times 36 \times 17$  cm), wovon 2 in Betrieb genommen wurden. Auf jeder Kiste wurden ca. 20 Stöcke angepflanzt.

Beim ersten Kontrollgang im Frühling 1943 zeigte sich aber, dass die Anpflanzung Ende Oktober reichlich spät gewesen war, da die Pflanzen nicht mehr richtig Wurzel hatten fassen können und deshalb z. T. erfroren waren. Es wurde dabei die Beobachtung gemacht, dass die Pflanzen der höhergelegenen Stationen weniger Schaden erlitten hatten als die der tiefergelegenen. Diese Erscheinung ist wohl auf die schützende Wirkung der Schneedecke zurückzuführen. Die restlichen Pflanzen — der Ausfall betrug bis 50 % — erholten sich rasch und entwickelten sich trotz der grossen Trockenheit im Sommer 1943 zu kräftigen Exemplaren, so dass sie restlos für unsere Versuche verwendet werden konnten.

Um für weitere Versuche genügend Pflanzenmaterial zu haben, führten wir im Frühjahr 1943 eine Neuanpflanzung auf allen Stationen durch. Als weitere Versuchspflanze wurde *Primula elatior* miteinbezogen.

Für *Primula veris* mussten wir einen neuen Standort suchen, da der letztjährige infolge Bauarbeiten ausfiel. Der neue Standort befand sich allerdings nur ca. 500 m weiter östlich beim Schützenstand oberhalb Meilen (540 m ü. M.). Auf diesem Platz wurden ca. 240 *Primula veris*-Stöcke ausgegraben. *Primula elatior* wurde von einer sumpfigen Wiese unterhalb des Pfannenstiels im sog. Steinbach bei Meilen (620 m ü. M.) eingebracht.

Auf allen Stationen wurde zur gleichen Zeit, in den Tagen um den 20. Mai 1943, angepflanzt. Es wurden von jeder Spezies 40 Setzlinge in je 3 flache Kisten gepflanzt. Auf diese Weise enthielt jede Kiste 12—15 Pflanzen, die sich in ihrem Wachstum nicht behindern konnten. Auf dem Weisshornjoch bepflanzten wir die restlichen 2 Kisten mit je 20 Setzlingen jeder Spezies. Im Verlaufe der Vegetationsperiode entwickelten sich diese Pflanzen ebenfalls zu kräftigen Exemplaren. Sogar auf unserer höchstgelegenen Station, am Weisshorn, zeigten die Pflanzen gutes Gedeihen. Sie entwickelten sich aber durchwegs zu kleineren Exemplaren als auf den tiefergelegenen Stationen.

Die Pflege beider Spezies gestaltete sich sehr einfach. Sie erwiesen sich als anspruchslos, so dass wir von einem Düngerezusatz absehen konnten. Den *Primula veris*-Stöcken sagten die Kulturbedingungen bedeutend besser zu als den *Primula elatior*-Stöcken. Dies ist begreiflich, da der Boden in den Versuchskisten und auch die Klimate der beiden Versuchsjahre für Pflanzen, welche trockene Standorte bevorzugen, besser geeignet waren. Bei längerer Trockenheit war es unbedingt notwendig, die *Primula elatior*, die feuchten Boden bevorzugt, mit dem nötigen Wasser zu versorgen. Trotz dieser Massnahme konnte nicht vermieden werden, dass einige wenige Exemplare infolge Trockenheit zugrunde gingen, d. h. verdorrten. Besondere Sorgfalt musste auf das Entfernen des Unkrautes, das sehr bald auf allen Stationen mehr oder weniger stark in Erscheinung trat, gelegt werden. Auf den allmonatlichen Kontrollbesuchen wurde daher zuerst das Unkraut, das in Lücken besonders stark hervortrat, beseitigt. Zugleich wurden aber auch faule und angefressene Blätter regelmässig ausgemerzt, um für die Ernte einwandfreies Blattmaterial zur Verfügung zu haben.

### III. Ernte.

Bei der Ernte ist die Wahl des richtigen Zeitpunktes von Bedeutung. Er ist so zu wählen, dass auf allen Stationen derselbe biologische Moment erfasst wird. Für Blüten- und Früchteernten liegen die Verhältnisse in dieser Richtung klar.

Bei unseren Versuchen, bei denen wir Blatt- und Wurzelernten auf den Wirkstoffgehalt untersuchten, wäre eine Ernte im Verlaufe der Vegetationsperiode zu jeder Zeit möglich gewesen. Wir mussten deshalb für die Ernte einen einheitlichen Entwicklungszustand erfassen. Wir wählten den Moment, in welchem die Pflanze ein Maximum an Wirkstoffen erreichte.

Für die Blatternte hielten wir uns an folgenden Ernteplan:

Vorerst sei erwähnt, dass im ersten Versuchsjahr (1943) eine Ernte der kultivierten *Primula veris* auf allen Stationen Mitte August, also nach der Blütezeit, eingebracht wurde. Da nach A. Virtanen, S. v. Hausen und S. Saastemoinen (75) der höchste Gehalt an Vitamin C mit dem kräftigsten Wachstum zusammenfällt, andererseits aber andere Autoren, wie M. Löhner (45) und R. Strohecker (69) bei verschiedenen Pflanzen erst nach der Blüte höchste Vitamin C-Gehalte feststellten, wählten wir im zweiten Versuchsjahr (1944) eine erste Ernte zur Blütezeit und eine zweite Ernte, die auf allen Stationen zur gleichen Zeit durchgeführt wurde, Mitte Juli. Schliesslich wurde anfangs Oktober eine dritte Ernte eingebracht, um auch etwelchen Einblick in den Vitamin C-Haushalt der Pflanze im Herbst zu erhalten. Um zu vermeiden, dass das Vitamin C durch fermentative Oxydation, die bald nach der Ernte eintreten kann, zerstört wurde, führten wir sämtliche Vita-

min C-Bestimmungen (inkl. des Erntematerials aus den Wildstandorten des Plessurtal- und Lüenerprofils) an den frisch geernteten Blättern im Laboratorium des Versuchshauses in Maran durch. Die Resultate der Vitamin C-Bestimmungen beziehen sich also alle auf die Frischdrogen.

Um auf allen Stationen und Wildstandorten gleiche Erntebedingungen zu erhalten, wurden die Pflanzen überall zur gleichen Zeit geerntet. In der Regel wählten wir die Zeit zwischen 12 und 15 Uhr. Auf diese Weise konnten wir auch die Ernte von der von Maran am weitesten entfernt liegenden Churer Station sofort nach der Rückkehr verarbeiten. Die Zeitspanne zwischen der Ernte und dem Beginn der Verarbeitung war höchstens  $2\frac{1}{2}$ —3 Stunden. Weiter wurde darauf geachtet, dass die Ernte nach Möglichkeit bei schönem und trockenem Wetter durchgeführt wurde. Um einen Vitamin C-Verlust schon auf dem Transport nach Maran zu vermeiden, gruben wir auf jeder Station und von jedem untersuchten Wildstandort ca. 10—15 Primulastöcke mit möglichst viel anhaftender Erde aus. Im Versuchshaus entnahmen wir von jedem Stock eine gleiche Anzahl Blätter und bestimmten nach erfolgter gründlicher Reinigung derselben sofort die darin enthaltenen Mengen Vitamin C.

Die Wurzelernte führten wir folgendermassen durch:

G. Schumann (66) stellte bei einer Anzahl von Primularten — so auch bei *Primula elatior* — fest, dass der Saponingehalt im Laufe des Jahres zwei Höhepunkte erreichte. Das erste Maximum fand sich zur Blütezeit, das zweite Maximum im Herbst. Demzufolge gewannen wir im ersten Versuchsjahr (1943) die Wurzeln der kultivierten *Primula veris*-Exemplare Mitte Oktober. Im zweiten Versuchsjahr (1944) erfolgte eine erste Ernte zur Blütezeit zusammen mit der Blatternte und eine zweite Ernte Ende Oktober.

Im Versuchshaus in Maran wurden die Wurzeln im laufenden Wasser tüchtig gereinigt. Die eine Hälfte wurde zwischen Filtrierpapier abgetrocknet und sofort bei  $40^{\circ}$  C mit Hilfe eines elektrischen Ofens getrocknet. Die trockenen Wurzeln wurden dann separat in Gaze eingewickelt. Zur Aufbewahrung wurden sie in grossen Blechbüchsen über frisch gebranntem Kalk gelagert. Die andere Hälfte des Wurzelmaterials wurde zur Abtötung der Fermente während genau 3 Minuten in stark siedendes Wasser getaucht und dann auf Filtrierpapier ausgebreitet. Die noch heissen Wurzeln trockneten rasch. Schliesslich wurden die stabilisierten Drogen ebenfalls bei  $40^{\circ}$  C fertig getrocknet und nachher über Kalk aufbewahrt, um dort bis zur Analyse zu verbleiben.

Das Blattmaterial zur Wasser- und Aschenbestimmung wurde sofort nach der Ernte gewogen, in Gaze eingewickelt und in die Kalkbüchsen verbracht. In diesen Büchsen war das eingelegte Pflanzenmaterial meistens nach 24 Stunden kalktrocken (enthält noch 3—5 % Feuchtigkeit).



Die Ernten der Pflanzen von den natürlichen Standorten führten wir nach den gleichen Methoden durch. Es ist nur noch beizufügen, dass wir die Wurzeln aller wildwachsenden Versuchspflanzen ausschliesslich im blühenden Zustand geerntet hatten. Bei *Primula farinosa* mussten wir infolge der Kleinheit der Wurzeln auf jedem Standort ca. 150—200 Pflänzchen ausgraben. Von der *Primula integrifolia* ernteten wir von jedem Standort ca. 20—30 Exemplare.

#### IV. Die klimatischen Daten der Versuchsjahre 1943 und 1944.

Obwohl wir uns bewusst sind, dass wir den Einfluss der einzelnen Klimafaktoren auf die Wirkstoffbildung der Pflanzen nicht analysieren können, möchten wir trotzdem ein möglichst genaues Bild über die klimatischen Verhältnisse unseres Hauptversuchsgebietes im Plessurtal während der Versuchsjahre 1943 und 1944 geben, indem wir die uns zur Verfügung stehenden meteorologischen Daten zusammenstellen. Auf diese Weise erfahren wir, unter welchen klimatischen Bedingungen unsere Pflanzen sich entwickelt haben, und aus der Gesamtheit des Klimas können wir dann eher gewisse Rückschlüsse auf die Beeinflussung der Wirkstoffbildung ziehen. Ferner werden die durch die Höhenlage bedingten Klimaänderungen an Hand von konkreten Zahlen belegt.

Der Besprechung der klimatischen Daten möchten wir noch einige Bemerkungen über diejenigen Klimafaktoren vorausschicken, die auf unseren Stationen am meisten variieren und für die betreffende Station charakteristisch sind. Chur ist ausgezeichnet durch die ständig herrschenden Luftströmungen und im Zusammenhang damit durch die geringere Bewölkung und durch das fast vollständige Fehlen von Nebel. Infolge dieser ständigen Winde besitzt Chur ein rauheres Klima als das 300 m höher gelegene Lünen. Lünen ist durch die umliegenden Höhenzüge windgeschützt, so dass sich hier ein lokaler Hitzekessel gebildet hat. Das überdurchschnittlich warme Lüener Klima beeinflusst die dortige Vegetation stark. Litzirüti ist benachteiligt in der Sonnenscheindauer, da das Tal im Osten und im Westen von steilen Berghängen flankiert wird, so dass der Sonnenauf- und -niedergang später bzw. früher erfolgen. Im übrigen weisen alle Stationen unserer Versuchsanlage und auch die drei Wildpflanzenprofile des Plessurtales den allgemeinen Klimacharakter des Tales auf. Alle anderen klimatischen Unterschiede sind im wesentlichen nur durch die verschiedenen Höhenlagen bedingt.

Die Angaben, die wir für die Zusammenstellung der meteorologischen Messungen benützen, entnehmen wir den Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (1), welche in Chur und Arosa Zweigstationen besitzt. Auf den dazwischen liegenden Versuchsstationen werden keinerlei Aufzeichnungen gemacht, so dass wir uns von diesen Stationen nur durch Interpolation ein Bild

von den klimatischen Verhältnissen machen können, was durchaus möglich ist, da das Plessurtal ein Gebiet mit einheitlichem Klima-charakter darstellt. In der nachfolgenden Zusammenstellung der Tabellen berücksichtigen wir die monatlichen Durchschnittswerte der Vegetationsperiode, d. h. die Monate April—Oktober. Unsere Vorgänger hatten nur die Monate Mai bzw. Juni bis September zur Vegetationsperiode gerechnet. Da aber die Primula-Arten bekanntlich zu den Frühblühern zu rechnen sind, und da wir auf den unteren Stationen bis nach Peist hinauf in den beiden Versuchsjahren ein kräftiges Pflanzenwachstum bereits im April feststellen konnten, haben wir diesen Monat in die Vegetationsperiode mit einbezogen. Für die Stationen Litzirüti und Maran kam allerdings erst der Mai als Beginn für das Wachstum in Frage, da die beiden Orte erst zu diesem Zeitpunkt vollkommen schneefrei waren. Den Monat Oktober zählen wir deshalb zur Vegetationsperiode, weil im Verlaufe dieses Monats noch Ernten durchgeführt wurden.

Weil der Barometerstand ohne wesentlichen Einfluss auf die Pflanzenwelt, und die Windstärken zum Teil lokal bedingt sind, werden wir über diese Daten keine Angaben machen.

### 1. Lufttemperatur.

Die Zahlen bedeuten die Monatsmittel der Terminbeobachtungen (Normalmittel). Das Monatsmittel M wird aus den 3 Terminbeobachtungen ( $7^{30}$ ,  $13^{30}$  und  $21^{30}$ ) in der Weise ermittelt, dass die Abendbeobachtung doppelt gezählt wird. M ist dann =  $0,25 (7^{30} + 13^{30} + 2 \times 21^{30})$ .

Tabelle 1

1943	Chur			M	Differenz Chur/Arosa	Arosa			M
	$7^{30}$	$13^{30}$	$21^{30}$			$7^{30}$	$13^{30}$	$21^{30}$	
April . . .	6,0	13,6	8,7	<b>9,2</b>	7,2	0,4	5,5	1,0	<b>2,0</b>
Mai . . .	10,6	17,3	12,8	<b>13,4</b>	6,8	5,8	10,4	5,1	<b>6,6</b>
Juni . . .	12,0	18,0	13,2	<b>14,1</b>	7,0	6,1	10,6	5,9	<b>7,1</b>
Juli . . .	14,2	21,6	16,4	<b>17,1</b>	6,8	9,4	14,5	8,7	<b>10,3</b>
August . .	15,6	23,6	18,3	<b>18,9</b>	6,5	10,7	16,9	11,0	<b>12,4</b>
September .	12,3	18,1	14,5	<b>14,9</b>	6,1	7,2	12,6	7,8	<b>8,8</b>
Oktober . .	8,6	16,2	11,1	<b>11,7</b>	5,0	4,2	12,0	5,3	<b>6,7</b>
Mittel April-Oktober:				<b>14,2</b>	6,5				<b>7,7</b>

1944	Chur			M	Differenz Chur/Arosa	Arosa			M
	$7^{30}$	$13^{30}$	$21^{30}$			$7^{30}$	$13^{30}$	$21^{30}$	
April . . .	7,0	14,4	9,2	<b>9,9</b>	8,1	0,6	5,1	0,7	<b>1,8</b>
Mai . . .	9,6	16,3	11,8	<b>12,4</b>	7,3	3,9	9,1	3,7	<b>5,1</b>
Juni . . .	12,4	18,2	14,4	<b>14,8</b>	7,5	6,4	10,7	6,1	<b>7,3</b>
Juli . . .	15,5	21,0	16,8	<b>17,5</b>	7,3	9,1	14,1	8,8	<b>10,2</b>
August . .	17,4	25,0	19,2	<b>20,5</b>	7,1	12,1	17,5	12,0	<b>13,4</b>
September .	11,5	17,4	13,1	<b>13,8</b>	6,8	5,6	11,1	5,7	<b>7,0</b>
Oktober . .	6,4	12,0	8,2	<b>8,7</b>	6,7	0,7	5,6	0,9	<b>2,0</b>
Mittel April-Oktober:				<b>13,9</b>	7,2				<b>6,7</b>

Die mittlere Temperatur der Monate April bis Oktober ist im ersten Versuchsjahr etwas höher ausgefallen als im zweiten Jahr.

Sie differiert in Chur nur um  $0,3^{\circ}$ , während in Arosa die Differenz  $1^{\circ}$  beträgt. Die verhältnismässig grosse Differenz von Arosa ist auf die besonderen Temperaturverhältnisse im Herbst des Jahres 1944 zurückzuführen, indem der abnormale Herbst stark ins Gewicht fällt (s. Tabelle).

Die Differenzen zwischen der Temperatur in Chur und Arosa während der Vegetationsperioden betragen  $6,5^{\circ}$  und  $7,2^{\circ}$ . Sie sind für die Vegetationsperiode 1944 besonders hoch ausgefallen. Immerhin ist der Wert von  $6,5^{\circ}$  der Vegetationsperiode 1943 nur unbedeutend höher als der Normalwert von  $6,3^{\circ}$ , den man zwischen Chur und Arosa annehmen darf, wenn man pro 100 m Steigung einen Temperaturrückgang von ca.  $0,5^{\circ}$  annimmt.

Monatsminimum und -maximum der Lufttemperatur

Tabelle 2

1943	Chur			Arosa		
	Min.	Max.	Diff.	Min.	Max.	Diff.
April . . .	— <b>1,1</b>	22,2	<b>23,3</b>	— <b>9,7</b>	13,5	<b>23,2</b>
Mai . . .	1,6	24,6	<b>23,0</b>	— 4,0	19,0	<b>23,0</b>
Juni . . .	6,8	24,8	<b>18,0</b>	0,0	19,7	<b>19,7</b>
Juli . . .	8,0	28,8	<b>20,8</b>	0,1	21,6	<b>21,5</b>
August . .	10,7	<b>32,3</b>	<b>21,6</b>	3,3	<b>24,8</b>	<b>21,5</b>
September .	3,9	30,2	<b>26,3</b>	— 2,3	24,6	<b>26,9</b>
Oktober . .	4,4	21,0	<b>16,6</b>	— 1,8	16,9	<b>18,7</b>
Mittel der Differenzen April-Oktober			<b>21,4</b>			<b>22,1</b>
1944	Chur			Arosa		
	Min.	Max.	Diff.	Min.	Max.	Diff.
April . . .	— <b>0,1</b>	22,0	<b>22,1</b>	— <b>9,6</b>	12,2	<b>21,8</b>
Mai . . .	4,2	28,6	<b>24,4</b>	— 3,6	20,9	<b>24,5</b>
Juni . . .	7,4	24,5	<b>17,3</b>	— 0,9	18,2	<b>19,1</b>
Juli . . .	10,8	30,1	<b>19,3</b>	3,5	23,0	<b>19,5</b>
August . .	12,6	<b>31,9</b>	<b>19,3</b>	6,5	<b>26,9</b>	<b>20,4</b>
September .	4,8	26,6	<b>21,8</b>	— 3,2	19,3	<b>22,5</b>
Oktober . .	0,8	18,4	<b>17,6</b>	— 5,0	12,3	<b>17,3</b>
Mittel der Differenzen April-Oktober			<b>20,3</b>			<b>20,7</b>

Die unter Min. und Max. fettgedruckten Werte sind die Minima und Maxima der Vegetationsperiode.

Vorstehende Tabelle gibt uns Aufschluss über die monatlichen Temperaturschwankungen in Chur und Arosa. Die Mittel der Differenzen der Monate April—Oktober sind in beiden Versuchsjahren ungefähr gleich gross. Sie sind in Arosa um  $0,7^{\circ}$  bzw.  $0,4^{\circ}$  höher als in Chur. Die Temperaturschwankungen sind demnach im Gebirge nicht wesentlich und im allgemeinen überhaupt nicht grösser als in der Ebene, was schon A. Bänninger und K. Eymann in ihren Arbeiten festgestellt hatten. Die Häufigkeit der Temperaturen unter dem Gefrierpunkt stellt für das Gedeihen der Versuchspflanzen ein wichtiges Moment dar. Hierin zeigte es sich, dass Arosa in den beiden Versuchsjahren im Nachteil war. Im Jahre 1944 verzeichnete Arosa mit Ausnahme des Juli und August in

jedem Monat Temperaturen unter dem Nullpunkt. Chur hatte während der beiden Vegetationsperioden nur 2 Minima unter dem Nullpunkt aufzuweisen, und zwar je eines im April 1943 und 1944.

## 2. Relative Luftfeuchtigkeit.

Tabelle 3

1943	Chur				Arosa			
	7 <sup>30</sup>	13 <sup>30</sup>	21 <sup>30</sup>	M	7 <sup>30</sup>	13 <sup>30</sup>	21 <sup>30</sup>	M
April . . .	77	44	65	<b>62</b>	69	53	69	<b>64</b>
Mai . . .	82	49	71	<b>67</b>	71	53	80	<b>68</b>
Juni . . .	81	48	75	<b>68</b>	82	64	82	<b>76</b>
Juli . . .	81	47	70	<b>66</b>	72	54	80	<b>69</b>
August . . .	75	42	59	<b>59</b>	71	49	68	<b>63</b>
September .	83	56	74	<b>71</b>	78	60	78	<b>72</b>
Oktober . .	79	51	74	<b>68</b>	67	42	64	<b>58</b>
Mittel April-Oktober				<b>66</b>				<b>67</b>

1944	Chur				Arosa			
	7 <sup>30</sup>	13 <sup>30</sup>	21 <sup>30</sup>	M	7 <sup>30</sup>	13 <sup>30</sup>	21 <sup>30</sup>	M
April . . .	69	39	58	<b>55</b>	69	50	71	<b>63</b>
Mai . . .	72	43	64	<b>60</b>	70	53	73	<b>65</b>
Juni . . .	75	47	64	<b>62</b>	78	57	82	<b>72</b>
Juli . . .	74	47	67	<b>62</b>	76	58	82	<b>72</b>
August . . .	73	44	64	<b>60</b>	70	48	75	<b>64</b>
September .	82	50	81	<b>71</b>	80	58	87	<b>75</b>
Oktober . .	86	50	74	<b>70</b>	77	57	80	<b>71</b>
Mittel April-Oktober				<b>63</b>				<b>69</b>

Wir sehen, dass die relative Luftfeuchtigkeit zwischen Chur und Arosa nur wenig differiert. Entgegen dem allgemeinen Verhalten der relativen Luftfeuchtigkeit mit steigender Höhenlage wurde in allen Monaten (Ausnahme: Oktober 1943) in Arosa eine minime Zunahme gegenüber Chur festgestellt. Die Differenzen der Mittelwerte der Monate April—Oktober sind aber so klein, dass sie ausser Acht gelassen werden dürfen, zumal bereits durch unsere Vorgänger festgestellt worden ist, dass die relative Feuchtigkeit mit steigender Höhe nur wenig abnimmt.

## 3. Niederschlag.

Monatssummen der Niederschlagssummen in Millimetern

Tabelle 4

	1943		1944	
	Chur	Arosa	Chur	Arosa
April . . . . .	94	116	21	30
Mai . . . . .	96	109	33	57
Juni . . . . .	89	160	66	133
Juli . . . . .	56	129	80	151
August . . . . .	33	77	27	91
September . . . . .	175	237	111	161
Oktober . . . . .	—	0,6	74	115
Summe April-Oktober . .	<b>543</b>	<b>828,6</b>	<b>412</b>	<b>738</b>
Differenz . . . . .		285,6		326

Aus dieser Zusammenstellung ist, wie nach den allgemeinen Gesetzen der Klimatologie zu erwarten war, deutlich ersichtlich, dass die Niederschlagsmenge mit zunehmender Höhenlage stark anwächst. Arosa verzeichnet in allen Monaten viel höhere Niederschlagssummen, in einzelnen Fällen sogar bis 3 mal mehr als Chur. Der Mehrwert an Niederschlag beträgt während der Vegetationsperiode in Arosa 1943 285,6 mm und 1944 326 mm. Die Vegetationsperiode 1943 ist bedeutend niederschlagsreicher als die Monate April—Oktober im zweiten Versuchsjahr, obwohl der Monat Oktober sowohl in Chur als auch in Arosa sozusagen keinen Regen aufwies.

#### 4. Sonnenscheindauer.

Die Sonnenscheindauer ist von zwei Faktoren abhängig: einem konstanten Faktor, bedingt durch den natürlichen Horizont des betreffenden Ortes, und einem variablen Faktor, bedingt durch die Bewölkung.

Da in Chur die Sonnenscheindauer nicht aufgezeichnet wird, müssen wir die Aufzeichnungen des Plantahofes bei Landquart als Vergleichszahlen wiedergeben.

Monatssummen der Sonnenscheindauer in Stunden

	Tabelle 5			
	1943		1944	
	Plantahof	Arosa	Plantahof	Arosa
April . . . . .	168	180	150	156
Mai . . . . .	190	201	201	196
Juni . . . . .	157	165	164	162
Juli . . . . .	221	213	178	171
August . . . . .	228	245	221	200
September . . . . .	127	140	138	133
Oktober . . . . .	197	207	93	105
Summe April-Oktober . .	<b>1288</b>	<b>1351</b>	<b>1145</b>	<b>1123</b>
Differenz (bezogen auf Arosa)	+ 63		- 22	

Die Monatssummen der Sonnenscheindauer verhalten sich in beiden Vegetationsperioden nicht gleichsinnig. Während im Jahre 1943 alle Monate mit Ausnahme des Juli in Arosa etwas sonnenreicher sind als in Landquart, haben die Monate Mai—September der Vegetationsperiode 1944 in Landquart einen geringen Vorsprung gegenüber Arosa. Die Differenzen betragen während der Monate April—Oktober 1943 total 63 Stunden zugunsten von Arosa und 1944 22 Stunden zugunsten von Landquart. Die Differenzen sind also nicht so gross, dass sie für unsere Versuche stark ins Gewicht fallen.

#### 5. Bewölkung.

Die Bewölkung wird in Zehnteln der Himmelsfläche ausgedrückt. 0 bedeutet ganz klaren, 10 vollständig bedeckten Himmel.

Die Zahlen geben die Monatsmittel für die Registrierungszeiten an, M bedeutet das daraus berechnete Gesamtmonatsmittel.

Tabelle 6

1943	Chur				Arosa			
	7 <sup>30</sup>	13 <sup>30</sup>	21 <sup>30</sup>	M	7 <sup>30</sup>	13 <sup>30</sup>	21 <sup>30</sup>	M
April . . .	5,9	5,4	5,0	<b>5,4</b>	5,8	6,0	5,8	<b>5,9</b>
Mai . . .	6,1	6,5	6,0	<b>6,2</b>	7,3	7,4	5,9	<b>6,9</b>
Juni . . .	6,8	6,5	6,4	<b>6,6</b>	6,8	7,3	8,0	<b>7,4</b>
Juli . . .	5,1	6,0	5,6	<b>5,6</b>	4,9	6,6	6,9	<b>6,1</b>
August . . .	3,9	5,3	3,4	<b>4,2</b>	4,1	5,4	5,2	<b>4,9</b>
September . .	7,7	7,2	6,9	<b>7,3</b>	6,8	7,1	7,1	<b>7,0</b>
Oktober . .	4,3	3,4	5,3	<b>4,3</b>	3,4	4,3	3,5	<b>3,7</b>
Mittel April-Oktober				<b>5,9</b>				<b>6,0</b>
Differenz						0,1		

1944	Chur				Arosa			
	7 <sup>30</sup>	13 <sup>30</sup>	21 <sup>30</sup>	M	7 <sup>30</sup>	13 <sup>30</sup>	21 <sup>30</sup>	M
April . . .	7,1	6,0	6,2	<b>6,4</b>	7,5	7,0	7,0	<b>7,2</b>
Mai . . .	5,9	5,5	6,1	<b>5,8</b>	6,4	6,4	6,7	<b>6,5</b>
Juni . . .	6,0	6,9	7,2	<b>6,7</b>	7,4	7,4	8,1	<b>7,8</b>
Juli . . .	6,4	6,5	7,2	<b>6,7</b>	6,7	7,2	8,1	<b>7,3</b>
August . . .	5,0	4,9	6,3	<b>5,4</b>	5,4	6,8	7,2	<b>6,5</b>
September . .	5,9	7,1	6,2	<b>6,4</b>	6,6	7,3	7,0	<b>7,0</b>
Oktober . .	7,9	6,3	7,6	<b>7,3</b>	8,0	7,4	6,7	<b>7,4</b>
Mittel April-Oktober				<b>6,4</b>				<b>7,1</b>
Differenz						0,7		

Wie aus der Zusammenstellung ersichtlich, entsprechen die Beobachtungsergebnisse den allgemeinen klimatologischen Eigenschaften des Hochgebirges, indem die Durchschnittsbewölkung während der Vegetationsperiode mit steigender Höhenlage zunimmt. In allen Monaten der beiden Versuchsjahre weist Arosa eine etwas grössere Bewölkung auf als Chur. Einzig in den Monaten September und Oktober 1943 war Chur stärker bewölkt als Arosa.

Die Differenzen zwischen dem Bewölkungsgrad in Chur und demjenigen in Arosa sind aber in beiden Vegetationsperioden durchschnittlich so gering (0,1 und 0,7 zugunsten von Chur), dass sie für unsere Versuche nicht von Bedeutung sind.

#### 6. Anzahl der Tage mit besonderem Witterungscharakter.

In der folgenden Tabelle sollen die klimatischen Ereignisse weiterhin ergänzt werden, indem die Verteilung von Bewölkung Niederschlag und Sonnenschein auf die einzelnen Monate zusammengestellt wird.

Als Tage mit Niederschlag werden diejenigen gezählt, an denen wenigstens 0,3 mm gemessen werden. Eine zweite Rubrik enthält die Zahl der Tage mit Niederschlagsmengen von mindestens 1,0 mm. Tage mit mehreren Gewittern werden als „Gewittertage“ nur einfach gezählt. Als heitere bzw. trübe Tage werden solche bezeichnet, deren mittlere Bewölkung < 2 bzw. > 8 beträgt.

1943

Tabelle 7

Chur	Niederschlag		Schnee	Hagel	Gewitter	Nebel	Heiter	Trüb
	≥ 0,3	≥ 1,0						
April . . .	10	9	6	—	—	—	8	7
Mai . . .	12	9	1	—	1	1	7	14
Juni . . .	13	13	—	—	—	—	2	12
Juli . . .	13	12	—	—	4	—	5	8
August . . .	9	8	—	—	1	—	10	5
September . . .	16	14	—	—	1	—	4	17
Oktober . . .	—	—	—	—	—	—	7	4
Summe IV-IX	73	65	7	—	7	1	43	67
<b>Arosa</b>								
April . . .	13	12	11	—	—	1	7	11
Mai . . .	15	10	5	—	—	2	4	15
Juni . . .	19	16	6	—	1	8	2	16
Juli . . .	18	17	1	2	5	3	3	12
August . . .	13	12	—	2	4	5	9	7
September . . .	17	15	5	—	—	6	5	16
Oktober . . .	1	—	—	—	—	1	10	3
Summe IV-IX	96	82	28	4	10	26	40	80

1944

Chur	Niederschlag		Schnee	Hagel	Gewitter	Nebel	Heiter	Trüb
	≥ 0,3	≥ 1,0						
April . . .	8	6	—	—	—	—	4	11
Mai . . .	9	7	—	—	1	—	6	11
Juni . . .	14	14	—	—	1	—	1	9
Juli . . .	14	12	—	—	1	—	3	14
August . . .	9	6	—	—	—	—	4	9
September . . .	12	11	—	—	—	—	4	11
Oktober . . .	12	12	—	—	—	—	—	13
Summe IV-IX	78	68	—	—	3	—	22	78
<b>Arosa</b>								
April . . .	11	9	6	—	—	1	2	16
Mai . . .	12	10	7	—	—	8	5	14
Juni . . .	14	13	4	—	—	2	—	18
Juli . . .	16	16	—	—	3	3	3	19
August . . .	18	14	—	1	5	2	2	13
September . . .	17	14	4	—	2	5	3	14
Oktober . . .	17	15	12	—	—	6	—	13
Summe IV-IX	105	91	33	1	10	27	15	107

Die grössere Niederschlagsmenge in Arosa ist in dieser Tabelle gekennzeichnet durch die Vermehrung der Zahl der Regentage. Für Chur wird in beiden Jahren beinahe die gleiche Anzahl Regentage verzeichnet, in Arosa ist im Jahre 1944 die Anzahl der Niederschläge um ca. 10 % grösser als im Jahre 1943, wobei auch wieder der aussergewöhnlich schöne Oktober 1943 ins Gewicht fällt. Schneefall trat, wenn man von den 7 Tagen in Chur im April und Mai 1943 absieht, nur in Arosa auf und zwar ausser dem August in jedem Monat der beiden Versuchsjahre, Hagel wurde nur an 5 Tagen in Arosa festgestellt. Was die Anzahl der Gewitter anbetrifft, so kann festgestellt werden, dass in

Arosa bedeutend mehr Gewitter niedergingen. In den beiden Vegetationsperioden verzeichnete Arosa genau die doppelte Anzahl von Gewittern gegenüber Chur. Charakteristisch für Chur ist weiter die vollkommene Nebelfreiheit, während Arosa in den beiden Perioden während 26 bzw. 27 Tagen in Nebel eingehüllt war. Die Anzahl der heiteren Tage war in Arosa stets etwas niedriger als in Chur, diejenigen der trüben Tage stets höher.

Aus diesen Angaben ist ersichtlich, dass das Arosener Klima entsprechend dem allgemeinen Verhalten mit steigender Höhenlage rauher ist als dasjenige von Chur.

## 7. Strahlungsverhältnisse.

Die meteorologischen Berichte geben uns keine Angaben über die Strahlungsverhältnisse. Da sie aber für das Wachstum der Pflanzen von grosser Bedeutung sind, führen wir eine kurze Uebersicht der wichtigsten allgemeinen Strahlungsunterschiede zwischen Chur und Arosa an. Die nötigen Angaben entnehmen wir der ausführlichen Arbeit von P. Goetz (22), der in jahrelanger Untersuchung das Strahlungsklima von Arosa erforscht hat.

Als Gesamtintensität der Sonnenstrahlung bezeichnet man die gesamte Wärmemenge, die auf einer zur Strahlung senkrechten Fläche auftrifft. Sie wird in Grammkalorien pro  $\text{cm}^2/\text{min}$ . gemessen. Nach P. Goetz beträgt die mittägliche Gesamtintensität der Sonnenstrahlung für die Vegetationsperiode 1,50 g cal/cm<sup>2</sup>/min in Arosa und 1,35 g cal/cm<sup>2</sup>/min in Chur. Sie ist also in Arosa ca. 10 % grösser.

Die direkte ultraviolette Sonnenstrahlung wird von der Luftfeuchtigkeit viel stärker absorbiert als alle anderen Strahlenarten. Deshalb ist die U.V.-Strahlung in der Höhe, die geringere Luftfeuchtigkeit aufweist, grösser als in der Ebene. Für den höchsten Sonnenstand (65 Grad) erhält P. Goetz in den Monaten Mai—Juli als Verhältniszahl zwischen der U.V.-Strahlung in Arosa und Chur 1,31 zugunsten der ersteren Station.

Die diffuse ultraviolette Strahlung (Himmelsstrahlung, Schattenlicht) erfährt auf dem Wege durch die Atmosphäre nur geringe Verluste, so dass die Unterschiede zwischen Gebirge und Ebene minimal sind. In Arosa enthält das diffuse Licht ebenfalls meistens etwas mehr U.V.-Strahlen als in Chur. Die Verhältniszahl der beiden Stationen liegt zwischen 1,02 und 1,05 zugunsten von Arosa.

Das Verhältnis der direkten U.V.-Strahlung zu dem der diffusen U.V.-Strahlung ist bei tiefem Sonnenstand (10 Grad) bei beiden Stationen ungefähr gleich. An beiden Orten ist jedoch der U.V.-Strahlenanteil, der aus dem direkten Sonnenlicht stammt, viel kleiner als der U.V.-Strahlenanteil des diffusen Lichtes. Beim Sonnenstand von 50—60° verschiebt sich das Verhältnis immer mehr zugunsten der direkten U.V.-Strahlung, so dass diese



schliesslich in Arosa um die Mittagszeit den Wert der diffusen U.V.-Strahlung überwiegt, während in Chur der U.V.-Strahlensanteil des direkten Sonnenlichtes auch bei den höchsten Sonnenständen immer kleiner als der des diffusen Lichtes bleibt.

Aus diesen Angaben geht deutlich hervor, dass sowohl die Gesamtintensität als auch die U.V.-Strahlung in Arosa intensiver ist als in Chur.

## 8. Die Winterverhältnisse.

Es scheint uns notwendig, einige bemerkenswerte meteorologische Angaben über die Winter- und besonders über die Einwinterungsverhältnisse auf unserer Versuchsanlage zu geben. Der Oktober 1942, als die Versuchspflanzen auf allen Stationen angepflanzt wurden, war aussergewöhnlich mild. Der Monat November brachte aber die ersten Fröste und Schneefälle. Am 25. November 1942 zeigte der Schneepegel in Arosa 32 cm Schnee, auch Chur verzeichnete im November bereits an 5 Tagen Schneefall. Der November war im Monatsdurchschnitt bedeutend kälter als der Dezember, letzterer war zudem auffallend trocken. Im Frühjahr trat die Schneeschmelze frühzeitig ein. Arosa meldete am 5. März schon schneefreie Südhänge. Der April brachte dann noch einmal winterliche Verhältnisse mit beträchtlichen Schneefällen.

Der Oktober 1943 war ebenfalls sehr mild und warm, weiter war er ausgezeichnet durch sozusagen keinen Niederschlag. Im November traten wieder eine Anzahl von Tagen mit Frösten und Schneefällen auf. Am 18. November ist in Arosa der Obersee zugefroren und am 26. November zeigte der Schneepegel eine Schneehöhe von 30 cm. Aus diesen Daten ist ersichtlich, dass in den beiden Versuchsjahren zum mindesten für die oberen 3 Stationen Mitte November winterliche Verhältnisse eintraten. Die Versuchspflanzen waren zu diesem Zeitpunkt bereits mit Schnee bedeckt, so dass die immer häufiger auftretenden Fröste den Pflanzen nicht mehr schaden konnten. Auch im Frühjahr 1944 war die Schneeschmelze auf allen Stationen nach einem nicht überaus kaltem Winter relativ früh eingetreten. Die Station Maran war seit 1932 zum ersten Mal bereits Mitte Mai vollkommen schneefrei trotz der grossen Schneefälle, die der Monat März noch einmal verzeichnete.

## 9. Die klimatischen Daten von Interlaken (Harderwildpflanzenprofil) im Jahre 1943.

Für das Hardergebiet stehen uns nur die Messungen der Beobachtungsstation Interlaken der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt zur Verfügung. Wie schon früher erwähnt wurde, ist das Harderprofil, das sich von Interlaken über einen einzigen Steilhang zum Harder-Kulm erstreckt, besonders geeignet für unsere Versuche. Es kann daher angenommen werden, dass auf den drei verschieden hoch gelegenen Wildstandorten ähnliche Klima-

verhältnisse auftreten wie in Interlaken. Es werden sich nur die durch die Höhenlage bedingten Klimafaktoren verändern.

Wir geben die Durchschnittswerte der Vegetationsperiode (April—Oktober) wieder und setzen die entsprechenden Werte von Chur (633 m ü. M.) darunter, um dieselben mit Interlaken (568 m ü. M.) vergleichen zu können.

Temperatur		Min.	Max.	Mittel der Differenzen			
Interlaken	14,3	— 0,5	32,0	20,2			
Chur	14,2	— 1,1	32,3	21,4			
Relative Luftfeuchtigkeit							
Interlaken	72						
Chur	66						
Niederschlag							
Interlaken	551 mm						
Chur	543 mm						
Sonnenscheindauer							
Interlaken	wird nicht registriert, Beatenberg (1148 m ü. M.) verzeichnete 1128 Stunden						
Chur	1288 Stunden						
Bewölkung							
Interlaken	4,5						
Chur	5,9						
Anzahl Tage mit besonderem Witterungscharakter							
	Niederschlag	Schnee	Hagel	Gewitter	Nebel	Heiter	Trüb
	≥ 0,4	≥ 1,0					
Interlaken	80	77	3	—	2	16	62
Chur	73	65	7	—	7	1	43

Vergleicht man die meteorologischen Daten der beiden Stationen miteinander, so können nur minimale Differenzen konstatiert werden. Interlaken erscheint während der Vegetationsperiode unbedeutend (0,1%) wärmer als Chur. Die relative Feuchtigkeit ist in Interlaken grösser, die Niederschläge sind an beiden Orten fast gleich gross. Die Sonnenscheindauer wird in Interlaken nicht registriert. Es darf jedoch angenommen werden, dass der Wert von Interlaken ähnlich sein wird wie derjenige von Beatenberg mit 1128 Stunden. Beatenberg liegt nur ca. 5 km weiter nordwestlich von Interlaken an einem Südhang auf 1200 m ü. M. Die Station Chur mit 1288 Stunden in den Monaten April—Oktober ist demnach bedeutend im Vorteil. Andererseits ist die Bewölkung in Chur grösser als in Interlaken. Die Zahl der Regentage ist in Interlaken etwas grösser, hingegen ist die Zahl der heiteren Tage bedeutend niedriger als in Chur.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in Interlaken ähnliche klimatische Verhältnisse herrschen wie in Chur. Eine Sonderstellung nehmen einzig die Sonnenscheindauer und die Bewölkung ein, die in Interlaken kleinere Werte annehmen.

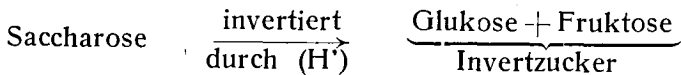
## V. Eigene Temperaturmessungen.

Um über die Klimata und insbesondere über die thermischen Verhältnisse unserer Versuchsstationen so weit als möglich orientiert zu sein, haben wir die Beobachtungen der meteorologischen Stationen von Chur und Arosa durch eigene Luft- und Bodentemperaturmessungen nach der neuen Methode von H. Pallmann und Mitarbeitern (62) ergänzt. K. Eymann hatte auf unserer Versuchsanlage in den Jahren 1941—1943 diese Methode bereits angewandt.

Mit Hilfe dieser neuen Methode der Temperaturmessung können direkt Mitteltemperaturmessungen über bestimmte Zeitperioden ermittelt werden, ohne die teuren, automatisch aufzeichnenden Registrierinstrumente verwenden zu müssen. Es werden dazu kleine, mit Zucker-Zitratpufferlösung von  $\text{pH} = 2,90$  gefüllte Glasampullen benützt, die in den Boden eingegraben, auf die Bodenoberfläche ausgelegt oder in der Luft aufgehängt werden können. Die Gesteungskosten einer solchen betriebsfertigen Messampulle liegen unter einem Franken und ermöglichen es daher, Temperaturmessungen an zahlreichen Orten zu bestimmen. Die Temperaturwerte, die man bei dieser Methode erhält, sind stets höher als die arithmetischen Mitteltemperaturen, da im Gesamteffekt die höheren Temperaturen mehr ins Gewicht fallen als die tieferen. Man erhält aber eine „wirksame“ Mitteltemperatur, die mit dem Reaktionsverlauf in der lebenden Pflanze besser übereinstimmt als die arithmetische Mitteltemperatur. Es handelt sich um ein sogenanntes exponentielles Mittel, das der Autor mit eT-Zahl bezeichnet. „Die eT-Zahl entspricht jener Temperatur, die als Konstanttemperatur über die ganze Messperiode herrschen müsste, um den gleichen Endeffekt zu erzielen.“

### Prinzip:

Die Methode beruht darauf, dass Saccharose in wässriger Lösung durch Wasserstoffionen in Glukose und Fruktose zerlegt wird.



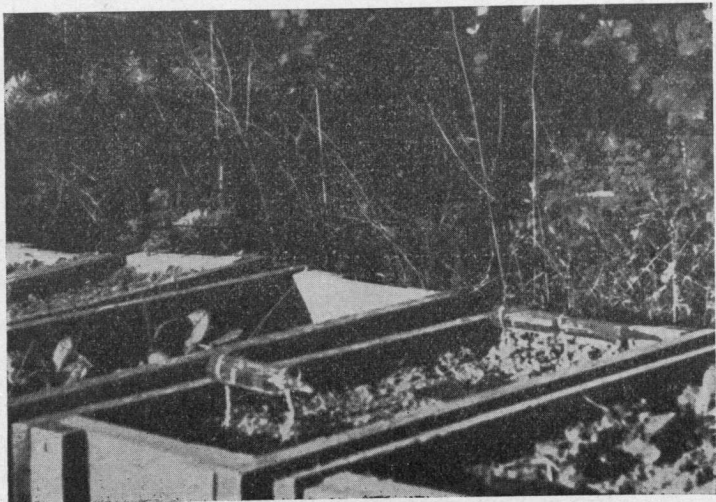
„Bei einer konstanten Wasserstoffionenkonzentration der Zuckerlösung wird die Inversionsgeschwindigkeit durch die Temperatur stark beeinflusst. Je höher die Temperatur ansteigt, um so rascher erfolgt die Aufspaltung des Rohrzuckers in seine beiden Komponenten.“ Die Inversionsbeträge werden durch polarimetrische Messungen ermittelt, auf Grund der stark unterschiedlichen spezifischen Drehungen des Rohrzuckers und des Invertzuckers.

Für die mathematische Ableitung der Temperaturmessung, für die Herstellung der Messampullen und für die Berechnung der sogenannten eT-Zahl verweisen wir auf die Originalarbeit von H. Pallmann (62).

### *Messungen der eT-Zahl auf unseren Versuchsstationen.*

Die Zucker-Zitratpuffer Ampullen (20 ccm Lösung pro Ampulle) wurden im Pharmazeutischen Institut der E.T.H. genau nach den Angaben von H. Pallmann hergestellt und sogleich bis zu ihrer Verwendung (im Maximum 3 Tage) im Kühlschrank aufbewahrt. Der Transport zum Messort muss rasch geschehen, damit die Inversion des Rohrzuckers auf ein Minimum beschränkt bleibt. Wir hatten die Ampullen jeweils in einem mit unterkühltem Sägmehl beschickten Kistchen ins Plessurtal speditiert. Auf jeder Versuchsstation wurden 4 Messampullen ausgelegt. Je 2 Ampullen wurden 10 cm tief in den Boden eingegraben, die beiden anderen befestigten wir im gleichen Abstand von der Bodenoberfläche an Drahtaltern in der Luft, auf allen Stationen in südexponierter Lage. Nach dem Ablauf der jeweiligen Messperiode hatten wir die Ampullen wenn möglich auf allen Stationen in einem Tage eingesammelt, genau bezeichnet und rasch in den oben erwähnten Kistchen nach Zürich in das Laboratorium gebracht. Hier wurde sofort die Bestimmung der Drehwinkel im 100 mm-Rohr bei Natriumlicht mit dem Polarimeter von Kern durchgeführt. Diejenigen Ampullen, die wir am gleichen Tage nicht mehr bestimmen konnten, bewahrten wir im Kühlschrank auf. Die unterkühlten Ampullen mussten dann zur polarimetrischen Bestimmung des Drehwinkels rasch auf 20° C aufgewärmt werden.

Um auch einen Einblick in die Temperaturverhältnisse der Wintermonate zu erhalten, führten wir eine erste Messperiode vom 15. Oktober 1943 bis 7. Juni 1944 durch. Im Jahre 1944 setzten wir die Messungen anfangs Juni fort, um bis Ende Oktober Resultate von 3 weiteren Messperioden zu erhalten.



Teilsicht der Churer Station mit den beiden Ampullen zur Bestimmung der eT-Zahl nach Pallmann.

## Resultate.

1. Messperiode (Winterperiode). Vom 15. 10. 44 — 7. 6. 44 = 237 Tage

Die Wintermessperiode mit 237 Tagen ist etwas lang ausgefallen, da die Station am Weisshorn erst Ende Mai, anfangs Juni vollkommen schneefrei war. In den Resultaten kommen daher neben den rein winterlichen Monaten auch noch die Frühlingsmonate zum Ausdruck, so dass die eT-Zahlen etwas zu hoch ausgefallen sind. Dennoch kann aus dem Verlauf der Kurven auf die Temperaturverhältnisse im Winter geschlossen werden.

	Luft eT-Zahl in ° C	Boden eT-Zahl in ° C
Chur . . . . .	13,7	11,7
Lüen . . . . .	14,7	12,7
Peist . . . . .	12,7	11,4
Litzirüti . . . . .	10,3	8,4
Maran . . . . .	7,3	6,9
Weisshornjoch . . . . .	5,6	5,9

### 2. Messperiode

1. Teil der Sommerperiode 1944  
vom 7. 6. 44 — 12. 7. 44 = 37 Tage

	Luft eT-Zahl in ° C	Boden eT-Zahl in ° C
Chur . . . . .	21,0	19,4
Lüen . . . . .	21,9	20,6
Peist . . . . .	20,9	18,4
Litzirüti . . . . .	17,3	16,2
Maran . . . . .	14,9	14,1
Weisshornjoch . . . . .	11,2	11,1

### 3. Messperiode

2. Teil der Sommerperiode 1944  
vom 12. 7. 44 — 15. 9. 44 = 64 Tage

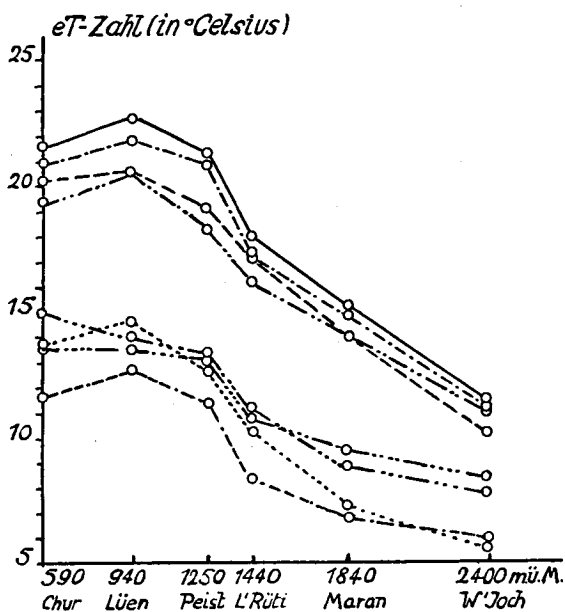
	Luft eT-Zahl in ° C	Boden eT-Zahl in ° C
Chur . . . . .	21,6	20,1
Lüen . . . . .	22,7	20,6
Peist . . . . .	21,3	19,1
Litzirüti . . . . .	17,8	17,3
Maran . . . . .	15,1	14,0
Weisshornjoch . . . . .	11,5	10,3

### 4. Messperiode (Herbstperiode). Vom 15. 9. 44 — 29. 10. 44 = 44 Tage

	Luft eT-Zahl in ° C	Boden eT-Zahl in ° C
Chur . . . . .	15,0	13,6
Lüen . . . . .	14,0	13,5
Peist . . . . .	13,4	13,2
Litzirüti . . . . .	11,2	10,9
Maran . . . . .	8,8	9,6
Weisshornjoch . . . . .	7,8	8,5

Die graphische Darstellung der exponentiellen Temperaturmittel gibt uns ein deutliches und klares Bild von den auf unseren Versuchsstationen herrschenden Temperaturverhältnissen. Im allgemeinen erfährt die Temperatur von Chur bis Lüen eine Steigerung. Von Lüen fällt der Temperaturwert mit zunehmender Höhenlage beinahe stetig ab. Einen ähnlichen Verlauf der Temperaturkurven hatte K. Eymann bereits in den Jahren 1941—1943 auf der gleichen Versuchsanlage erhalten.

Graphische Darstellung der eT-Zahl der verschiedenen  
Messperioden 1943/44



Legende:

1. Messperiode (Winter 1943/44)
2. Messperiode (Sommer 1944)
3. Messperiode (Sommer 1944)
4. Messperiode (Herbst 1944)

Luft:

Boden:

.....	.....
-----	-----
————	————
— · — ·	— · — ·

Lüen kann als der wärmste Ort der ganzen Versuchsreihe bezeichnet werden. Dabei können die aussergewöhnlichen Temperaturwerte in Lüen in der Herbstperiode 1944 als vorübergehende Erscheinung vernachlässigt werden. Lüen verzeichnete in dieser Messperiode eine Lufttemperatur, die um  $1^{\circ}$  und eine Bodentemperatur, die um  $0,1^{\circ}$  tiefer lagen als diejenigen von Chur. Diese unerwarteten Werte sind auf die extrem kalten Witterungsverhältnisse, die speziell im Schanfigg an einigen Oktobertagen auftraten, zurückzuführen. Das Thermometer sank in Lüen sogar bis zum Gefrierpunkt, und am 2. Oktober trat bis auf die Station Lüen hinunter Schneefall ein, während in Chur am gleichen Tag Regen fiel. Für die Stationen Chur und Peist konnten wir eine ähnliche thermische Beziehung feststellen wie K. Eymann. So erhielten wir wenigstens für die Lufttemperaturen in den Monaten Juni—September auf beiden Stationen ungefähr gleich hohe eT-Zahlen. Lokal bedingte Verhältnisse mögen in Peist in den Sommermonaten zur Erhöhung der Lufttemperatur beigetragen haben. In der Herbst- und Wintermessperiode kommt der Höhen-

unterschied zwischen Chur und Peist wieder deutlicher zum Ausdruck, indem in Peist die Lufttemperatur stärker fällt als in Chur, während interessanterweise die Bodentemperaturen auf beiden Stationen ähnliche Werte zeigen. Der Temperaturabfall von Peist nach Litzirüti ist bedeutend grösser als derjenige von Lünen nach Peist. Bis nach Maran nimmt die Temperatur nicht mehr so stark ab, um dann bis auf das Weisshornjoch wieder stark sinkende Tendenz anzunehmen. Das Weisshornjoch ist unzweideutig unsere kälteste Station.

Das Verhältnis der Lufttemperatur zur Bodentemperatur bedarf noch einer Diskussion. Im allgemeinen wird die Differenz zwischen der Luft- und Bodentemperatur um so grösser, je höher die Lufttemperatur ist. Mit steigender Höhenlage tritt immer mehr eine Annäherung der beiden Temperaturkurven ein, die bei der Winterperiode zwischen Maran und dem Weisshornjoch eine Ueberschneidung erfahren. Bei den Kurven der Herbstperiode des Jahres 1944, die — wie oben erwähnt — das Ergebnis einer überaus rauhen und kalten Witterung darstellen, tritt die Ueberschneidung der beiden Kurven bereits zwischen den Stationen Litzirüti und Maran ein. Wir erklären diese Erscheinung damit, dass im Herbst die Lufttemperaturen eine rasche Senkung erfahren, der die Bodentemperaturen infolge einer gewissen Wärmespeicherung nicht zu folgen vermögen. In jener kalten Herbstmessperiode kommt dies besonders deutlich zum Ausdruck, wo sogar Lünen und Peist nur minimale Differenzen zwischen Luft- und Bodentemperatur aufzuweisen vermögen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass wir zu den gleichen Erkenntnissen gekommen sind wie K. E y m a n n. In Lünen liegen die Temperaturen am höchsten, auf dem Weisshornjoch am tiefsten. Von Lünen fällt die Temperatur mit steigender Höhenlage, wobei in Chur und Peist ähnliche Temperaturverhältnisse und zwischen Peist und Litzirüti und zwischen Maran und dem Weisshornjoch stärker sinkende Temperaturtendenzen als zwischen den anderen Stationen festgestellt werden konnten.

## VI. Angewandte Untersuchungsmethoden.

### 1. Bestimmung des Wassergehaltes der Frischdrogen.

Das frisch geerntete Pflanzenmaterial wurde nach gründlicher Reinigung auf einer Handwaage (auf 0,5 g genau) gewogen. Die Blätter wurden sofort in den Kalkbüchsen getrocknet. Die Wurzeln wurden nach dem Trocknen bei 40° in den Kalkbüchsen bis zur Bestimmung aufbewahrt. Von den kalktrockenen Drogen wurde wiederum das Gewicht auf einer Handwaage festgestellt. Sodann wurden die Blätter in einem Mörser und die Wurzeln in einer

Kreuzschlagmühle (Porenweite des Siebes 0,8 mm) sorgfältig pulverisiert. Eine Probe von 0,5 g (genau gewogen) wurde bei 103 bis 105° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Aus den beiden Gewichts-differenzen wurde der Gesamtwassergehalt der Frischdroge ermittelt.

## 2. Bestimmung der Asche.

Die Aschengehaltsbestimmungen wurden anschliessend an die Wassergehaltsbestimmungen an der absolut trockenen Droge durchgeführt. Zur Erzielung einer kohlefreien Asche war es nötig, nach einem ersten 5 Minuten dauernden Glühen die wieder erkaltete Asche mit destilliertem Wasser anzufeuchten und dann nochmals eine halbe Stunde zu glühen.

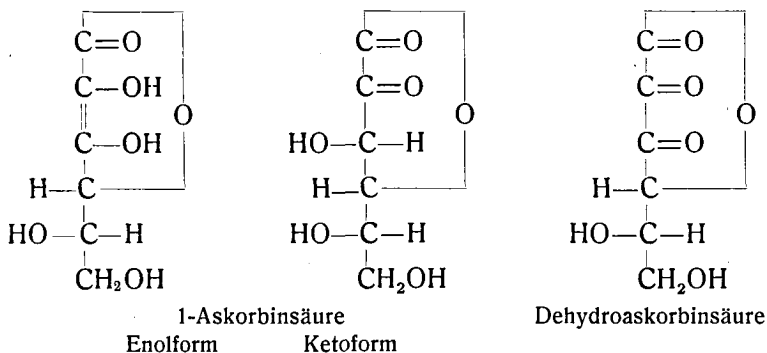
Nach dieser Bestimmungsmethode resultierte in den meisten Fällen eine blass-graue bis weisse Asche. Parallelbestimmungen zeitigten übereinstimmende Resultate.

Die erhaltenen Aschenwerte beziehen sich alle auf das absolute Trockengewicht der Droge.

## 3. Bestimmung des Vitamins C.

### a) Prinzip der Methode.

Das natürliche Vitamin C ist identisch mit der linksdrehenden Form der Ascorbinsäure. Seine Bruttoformel ist  $C_6H_8O_6$ . Die Konstitutionsformel kann als Enol- und Ketoform dargestellt werden. Durch Oxydation der Ascorbinsäure erhält man Dehydroascorbinsäure. Dieser Vorgang ist reversibel.



Die Dehydroascorbinsäure ist bedeutend stabiler als die 1-Ascorbinsäure. Sie kann aber durch weitere Oxydation ebenfalls zerstört werden, wobei sie nach W. Reiser (63) in nicht näher definierbare Spaltprodukte übergeht.

Die Ascorbinsäure bildet farb- und geruchlose Kristalle, die in Wasser leicht löslich sind und sauer schmecken. Die beiden



enolischen OH-Gruppen im Ascorbinsäuremolekül bedingen die Azidität der Verbindung. Die neutralen und alkalischen Lösungen sind leicht oxydierbar, hingegen sind die sauren Lösungen relativ stabil.

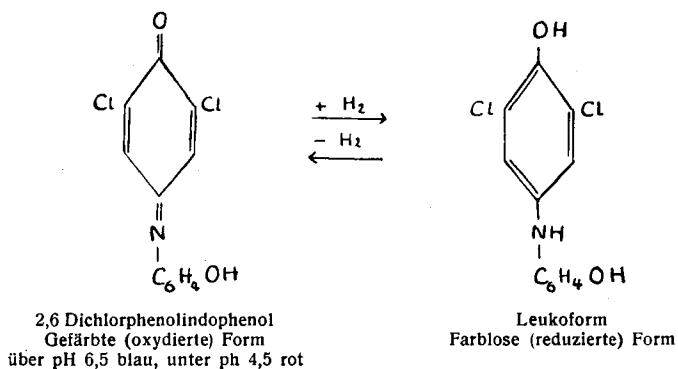
Für die quantitative Bestimmung des Vitamins C stehen grundsätzlich zwei verschiedene Methoden zur Verfügung, einerseits die biologische Wertbestimmung und andererseits die chemischen Bestimmungsmethoden, die jetzt hauptsächlich angewandt werden.

Die chemischen Bestimmungsmethoden beruhen auf dem grossen Reduktionsvermögen der Ascorbinsäure gegenüber einer Oxydationslösung. Die Ursache dieser stark reduzierenden Wirkung ist durch die Labilität der beiden enolischen Hydroxylgruppen an der gleichen Kohlenstoffdoppelbindung bedingt. Die Ascorbinsäure wird dabei in Dehydroascorbinsäure übergeführt, während die Titerlösung selbst reduziert wird. Von den oxydimetrischen Methoden hat die Titration mit dem Farbstoff 2,6 Dichlorphenolindophenol, die erstmals von J. Tillmans (73, 74) ausgeführt und seither verschiedentlich verbessert wurde, eine überragende Rolle erlangt. Als weitere oxydimetrische Methoden gibt F. G. Stirner (25) die Oxydation mit Jod, Ferrisalz (speziell Ferricyanid) und Methylenblaulösungen an. Ferner wird die enzymatische Bestimmung nach H. Tauber und J. Kleiner (71), bei der die reduzierende Wirkung des Extraktes vor und nach einem enzymatischen Abbau der Ascorbinsäure ermittelt wird, angeführt.

Als 3. Bestimmungsart wären die kolorimetrischen Methoden zu nennen, vor allem die Bestimmung mit Monomolybdänphosphorwolframsäure nach Bezssonoff (4), ferner das Verfahren mit einem Oxazinfarbstoff nach Melville und Richardson (51) und die Reduktion von Ferricyanid zu Ferrocyanid, das als Berlinerblau kolorimetriert wird nach der Methode von H. Tauber und J. Kleiner (71).

Als vierte und neueste Bestimmungsart ist die spektroskopische Methode nach M. Chevalier und Y. Choron (11) erwähnenswert. Dieses rein physikalische Verfahren beruht darauf, dass die Ascorbinsäure in neutraler Lösung eine Absorptionskurve zwischen 240 und 300 m  $\mu$  mit einem Maximum bei 265 m  $\mu$  zeigt.

Da die meisten Autoren (45, 58 etc.) auf die Ueberlegenheit der 2,6 Dichlorphenolindophenolmethode hinweisen, befassten wir uns ausschliesslich mit dieser Methode. Bei dieser Bestimmungsart wird die Ascorbinsäure zu Dehydroascorbinsäure oxydiert und der Farbstoff wird nach der folgenden Gleichung in seine Leukoform reduziert.



Der Indikator zeigt 2 Umschlagspunkte, der eine ist vom pH-Wert der Lösung abhängig, während der andere beim Wechsel des Redoxpotentials stattfindet. Die Farbe des Indikators ist bei einem pH = 6,5 tiefblau, bei einem pH = 4,5 rot. Da die Ascorbinsäure in saurer Lösung bedeutend stabiler ist, wird das Untersuchungsmaterial in der Regel mit einer Säure extrahiert. Demnach erfolgt der Farbumschlag von farblos nach rot bei Verwendung der Extraktlösung als Titrationsvorlage.

*b) Titration der Ascorbinsäure im Pflanzenmaterial.*

Das Vitamin C findet man in der Pflanze

1. als freie Ascorbinsäure,
2. als Dehydroascorbinsäure,
3. als Askorbigen, d. h. Ascorbinsäure in gebundener Form.

Das Askorbigen kann einen bedeutenden Teil der Gesamtascorbinsäure ausmachen. Es ist sehr stabil. Diese Tatsache mag der Grund dafür sein, dass das Vitamin C in der lebenden Pflanze weniger leicht zersetzbar ist als in isolierter Form.

Die freie 1-Ascorbinsäure kann direkt oxydimetrisch bestimmt werden. Die Dehydroascorbinsäure, die ebenfalls antiskorbische Wirkung besitzt, muss zuerst mit Schwefelwasserstoff zu Ascorbinsäure reduziert werden. Die gebundene Ascorbinsäure muss durch Säure oder Hitze freigelegt werden, um titriert werden zu können.

Zur titrimetrischen Bestimmung muss die Ascorbinsäure aus dem Untersuchungsmaterial mittels bestimmter Extraktionsmittel ausgezogen werden. Von diesem Extrakt wird eine aliquote Menge mit dem Farbstoffindikator bestimmt. Bei der Ascorbinsäurebestimmung können einige störende Faktoren auftreten, wie z. B. das Vorhandensein anderer reduzierender Substanzen, welche zu hohe Vitamin C-Gehalte vortäuschen können. Die geringe Haltbarkeit der Ascorbinsäure gibt Anlass zur unvollständigen Erfassung der vorliegenden Ascorbinsäure, und die schwierige Erkennung

nung des Farbumschlages infolge Ueberdeckung durch Pflanzenfarbstoffe kann zu hohe und zu niedrige Resultate verursachen.

Zu den reduzierenden Substanzen, die in verschiedenen Mengen in den Pflanzen vorkommen, gehören die Schwefelverbindungen, wie Sulfide, Thiosulfat, Cystein, Glutathion und Ergothionin, ferner Farbstoffe, Pyrogallol und Gerbstoffe. Diese reduzierenden Substanzen werden teilweise bei der 2,6 Dichlorphenolindophenoltitration in stark saurer Lösung ausgeschaltet. Ihre Entfernung erfolgt aber meistens mittels Merkuriacetat nach der Methode von A. Emmerie und M. van Eekelen (15). Die Ascorbinsäure wird dabei zu Dehydroascorbinsäure oxydiert und diese wird mit der ursprünglich vorhandenen Dehydroascorbinsäure mittels Schwefelwasserstoff wieder zu Ascorbinsäure reduziert, so dass die Bestimmung den Gehalt an Ascorbinsäure + Dehydroascorbinsäure ergibt.

Die geringe Stabilität der Ascorbinsäure wirkt oft hemmend bei der Titration derselben. Durch Lufteinwirkung und durch Oxydasen (Ascorbinsäure-Oxydase oder Ascorbinase, Phenolasen und Peroxydasen) kann das Vitamin C bereits vor der Titration zerstört werden. Auch die Anwesenheit von Spuren von Schwermetallen, wie Kupfer und Eisen, wirken oxydationsbeschleunigend. Die Oxydationsverluste können durch Verwendung von geeigneten Extraktionsmitteln herabgesetzt werden. Man verwendet Säuren, die möglichst wenig störende Ballaststoffe aufnehmen. Essigsäure, Trichloressigsäure und besonders Metaphosphorsäure haben sich bewährt. Die Metaphosphorsäure fällt das Eiweiß und die Ascorbinsäure ist in ihr besonders stabil. Die reduzierenden Substanzen werden zudem, wie oben erwähnt, in stark saurer Lösung zum Teil ausgeschaltet. Die Oxydasen können durch Hitze am sichersten zerstört werden. Bei Verwendung von frischem Untersuchungsmaterial muss vor allen Dingen darauf geachtet werden, dass die Bestimmung rasch nach der Ernte bzw. nach der Extraktion zu erfolgen hat, um den fermentativen Abbau und die Einwirkung des Luftsauerstoffs nach Möglichkeit auszuschalten.

Die bei der Titration störenden Pflanzenfarbstoffe können nach F. Siebert (68) durch Ausschütteln mit Nitrobenzol eliminiert werden.

### *c) Die verwendete Vitamin C-Bestimmungsmethode.*

Es ist vorauszuschicken, dass wir den Vitamin C-Gehalt durchwegs in den frischen Primula-Blättern bestimmten. Zu diesem Zwecke wurde das Untersuchungsmaterial aller Versuchstationen im Versuchshaus in Maran analysiert. Wir waren deshalb darauf angewiesen, eine möglichst einfache und doch genaue Extraktions- und Bestimmungsmethode anzuwenden. Wir bestimmten bei unseren Versuchen die freie Ascorbinsäure. Auf die Bestimmung der Dehydroascorbinsäure verzichteten wir, da einerseits der nach

der Methode von M. Ott (60) bestimmte Gehalt an dieser Substanz in den Primelblättern gering war (5—7 % des Gesamtkorbinsäuregehaltes), andererseits weil die Durchführung der Bestimmung im Felde mit technischen Schwierigkeiten verbunden gewesen wäre. Ferner sind wir uns bewusst, dass bei der von uns eingeschlagenen 2,6 Dichlorphenolindophenol-Methode auch etwelche andere reduzierende Stoffe mitbestimmt werden. Unser Ziel war jedoch nicht die Feststellung des absoluten Vitamin C-Gehaltes, sondern der Vergleich der Gehalte in verschiedenen Höhenlagen unter sich. Dieser Zweck wurde erreicht, indem das Pflanzenmaterial von allen Versuchsstationen auf genau dieselbe Weise behandelt und untersucht wurde.

#### *Titrationlösungen.*

Die Farbstofflösung wird folgendermassen hergestellt: 0,2 g 2,6 Dichlorphenolindophenol werden unter Zugabe einer Messerspitze Natriumbikarbonat in 1000 ccm destilliertem Wasser gelöst und nachher durch ein Faltenfilter filtriert. Die Farbstofflösung wurde in einer dunkelbraunen Flasche im Kühlschrank (in Maran im Keller des Versuchshauses) aufbewahrt. Der Titer blieb nach unseren Erfahrungen acht Tage konstant. Nach dieser Zeit wurde die Lösung wieder frisch hergestellt.

Die Titerstellung der ca. n/1000 Farbstofflösung wurde mit einer n/100 Natriumthiosulfatlösung nach H. Menaker und N. Guerrant (52) eingestellt. 15 ccm Farbstofflösung werden in einem Erlenmeyerkolben mit 1 g Jodkali und 1 ccm Schwefelsäure (1+3) versetzt. Nach dem Umschütteln wird die freigesetzte Jodmenge mit einer n/100 Natriumthiosulfatlösung unter Verwendung von Stärke als Indikator titriert. 1 ccm n/100 Natriumthiosulfatlösung entspricht 0,88 mg Ascorbinsäure. Demnach erhält man bei einem Verbrauch von a ccm Thiosulfat folgenden Farbstofftiter:

$$1 \text{ ccm} = \frac{a \cdot 0,88 \text{ mg Ascorbinsäure}}{15}$$

Diese Einstellung der Farbstofflösung mit der n/100 Natriumthiosulfatlösung hat sich als einfache und überlegene Methode erwiesen, was auch L. Kaufmann (38) feststellte.

Als Extraktionslösung wurde eine Lösung von 2 % Metaphosphorsäure in destilliertem Wasser verwendet.

#### *Bestimmung der Ascorbinsäure in den frischen Primula-Blättern.*

In Anlehnung an die Vitamin C-Bestimmungsmethoden in pflanzlichem Untersuchungsmaterial von O. A. Bessey und C. G. King (3), von W. Paech (61), von M. Löhner (45) und von M. Ott (60) arbeiteten wir uns folgende Extraktionsmethode aus:

Ca. 10—15 g frisch geerntete und sorgfältig gereinigte Blätter werden mit einem rostfreien Messer rasch in mittelfeine, ca.

3 mm grosse Teile zerkleinert. 2,00 g des zerkleinerten und gut durchgemischten Blattmaterials werden in einem Porzellanmörser unter Zugabe von 5,0 g eisenfreiem Quarzsand mit 25 ccm kalter 2 %iger Metaphosphorsäure zu einem dünnen Brei zerrieben und 5 Minuten stehengelassen. Hierauf wird die Lösung auf ein gewöhnliches Filter dekantiert und in einem Messkolben von 100 ccm Inhalt aufgefangen. Dann wird noch zweimal mit je 25 ccm Metaphosphorsäurelösung gut aufgerührt. Die Lösungen werden ebenfalls in den Messkolben filtriert. Schliesslich wird der Messkolben mit 2 %iger Metaphosphorsäure zur Marke aufgefüllt. Von der schwach gefärbten Extraktlösung werden 5—10 ccm, je nach Vitamin C-Gehalt, sofort mit 2,6 Dichlorphenolindophenol auf beginnende Rosafärbung titriert.

Nach dem Vorschlag der oben erwähnten Autoren werden die Extraktlösungen zentrifugiert. Da uns bei den Feldversuchen keine Zentrifuge zur Verfügung stand, hatten wir in Vorversuchen geprüft, ob das Zentrifugieren durch eine Filtration ersetzt werden könne. Dabei stellten wir fest, dass die Filtration der Extraktlösung beinahe so rasch erfolgte wie das Zentrifugieren. Die Extraktion und die Filtration waren nach unserer Methode in ca. 30 Minuten beendet, so dass der störende Einfluss des Luftsauerstoffes und der Fermente auf ein Minimum beschränkt war. Die Vitamin C-Gehalte differierten bei beiden Methoden nur sehr wenig ( $\pm 5$  mg %, oder 1—2 % bezogen auf den Gesamt-Vitamin C-Gehalt). Wir sind daher berechtigt, beide Methoden als gleichwertig zu bezeichnen.

Ferner wurde kein Unterschied im Vitamin C-Gehalt bei Verwendung von kalter und warmer ( $60^{\circ}$  entsprechend dem Vorschlag von M. Ott [60]) Extraktionslösung konstatiert.

Die Auszüge enthielten sozusagen keinen Farbstoff und waren nur schwach grünlich gefärbt.

Als Titrationsvorlage wurden 5 oder 10 ccm Extraktionslösung herauspipetiert und nach L. Kaufmann (38) mit 45 bzw. 40 ccm 0,8 %iger Metaphosphorsäure verdünnt, so dass die Lösung zur Titration praktisch farblos war und einen deutlichen Umschlagspunkt ergab. Es wurde bis zur 30 Sekunden bleibenden Rosafärbung titriert. Gegen das Ende der Titration wurde dreitropfenweise gearbeitet und mit einer Vergleichslösung verglichen. Bei allen Bestimmungen führten wir eine Parallelprobe durch, die jeweils ein gut übereinstimmendes Resultat ergab.

Der Gehalt an Vitamin C wird wie üblich in mg pro 100 g des untersuchten frischen Materials angegeben (mg %).

#### *d) Überprüfung der verwendeten Titrationsmethode.*

Es erschien uns wichtig, die Genauigkeit der verwendeten Vitamin C-Bestimmungsmethode zu überprüfen. Zu diesem Zweck fügten wir der extrahierten Lösung 100 mg % einer reinen As-

korbinsäurelösung hinzu und bestimmten den Gehalt vor und nach dem Zusatz von Askorbinsäure. Die Ueberprüfung der Methodik erfasst daher nur den chemischen Prozess und nicht auch die Extraktion.

*Resultate:*

Versuche an Blättern von *Primula veris*

	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch
Gehalt an Vitamin C ohne Askorbinsäurezusatz	620 mg %	630 mg %	570 mg %
Gehalt an Vitamin C nach Zusatz von 100 mg % Askorbinsäure	718 mg %	729 mg %	666 mg %
Verlust	2 mg %	1 mg %	4 mg %

Die durchgeführten Versuche zeigen, dass der Vitamin C-Verlust bei Anwendung von 2,6 Dichlorphenolindophenol sehr gering ist, in unserem Fall 4 % nicht übersteigt. Daraus ergibt sich die Berechtigung der Anwendung der Methode.

*e) Untersuchungen über die tageszeitlichen Schwankungen des Vitamin C-Gehaltes von Primula-Blättern.*

Um für die Ernte die geeignete Tageszeit zu bestimmen, führten wir einige Bestimmungen über den täglichen Vitamin C-Haushalt in den Blättern von *Primula veris* durch. Im Folgenden werden die Resultate dieser Versuchsreihe erwähnt.

*Resultate:*

**Pflanze:** *Primula veris* L.

**Standort:** Arzneipflanzengarten des Pharmazeutischen Instituts der E.T.H.

Erntezeit:	Morgens 8 <sup>00</sup> Uhr	Mittags 13 <sup>00</sup> Uhr	Abends 17 <sup>00</sup> Uhr
22. VII. 1943 Nach der Blütezeit*	343 mg %	354 mg %	347 mg %
5. IV. 1944 Blütezeit	530 mg %	544 mg %	543 mg %
25. IV. 1944 Nach der Blütezeit	620 mg %	630 mg %	570 mg %

Die Zusammenstellung zeigt, dass der Gehalt um die Mittagszeit durchwegs am grössten ist. Die Unterschiede sind jedoch gering. Immerhin ist um die Mittagszeit eine zunehmende und gegen den Abend eher eine abnehmende Tendenz im Vitamin C-Gehalt zu beobachten.

Auffallend sind die beiden Bestimmungsergebnisse der Versuchsjahre 1944. Die Gehalte, die 3 Wochen nach der Blütezeit festgestellt wurden, sind bedeutend höher als zur Blütezeit. Diese

---

\* Die Ernte dieser Versuchsserie wurde bereits 3 Wochen, nachdem die Pflanzen vom Meilener Standort nach Zürich verpflanzt worden waren, zur Bestimmung eingebracht. Aus diesem Grunde die niedrigen Vitamin C-Werte!

Tatsache bekräftigt die von einigen Forschern (69, 75) vertretene Ansicht, dass erst nach der Blütezeit der höchste Vitamin C-Gehalt zu erwarten sei.

Aus diesen wenigen und nicht zu verallgemeinernden Resultaten konnten wir für unsere Versuche bestätigen, dass wir die Ernte an den Versuchspflanzen zu einem richtigen Zeitpunkt durchführten, indem wir, wie im Kapitel „Ernte“ erwähnt, die Zeit zwischen 12<sup>00</sup> und 15<sup>00</sup> Uhr wählten.

#### 4. Bestimmung des Saponins.

Die quantitative Bestimmung der Saponine wird in der Hauptsache mit Hilfe der Hämolyse, also mit einer biologischen Wertbestimmungsmethode durchgeführt. Von den meisten derartigen Verfahren ist bekannt, dass sie an Genauigkeit und Zuverlässigkeit nicht an die chemischen Methoden heranreichen. Ferner geben sie uns keine absoluten, sondern nur relative Werte, die in willkürlich gewählten Einheiten ausgedrückt werden. Da bis jetzt noch keine einwandfreie chemische oder physikalische Saponinbestimmungsmethode zur Verfügung steht, wird die Bestimmung mit der biologischen Methode in den häufigsten Fällen vorgezogen.

Die bisher chemisch ausgearbeiteten Verfahren, wie z. B. die Baryt-, die Magnesia- oder Bleimethoden, wurden von L. Kofler und O. Dafert (40) als nicht zuverlässig genug für die quantitative Saponinbestimmung befunden.

Ebenfalls ungenau arbeitet eine physikalische Methode, nämlich die Bestimmung der Schaumzahl. Sie wurde in modifizierter Form in die Ph. H. V. aufgenommen und beruht auf der Fähigkeit der Saponine, dauerhafte Schäume zu bilden. Die Schaumhöhe, die man durch Schütteln des Drogenauszuges in einem graduierten Zylinder während einer bestimmten Zeit erhält, oder die Bestimmung der Grenzkonzentration, die nach einer bestimmten Zeit noch einen Schaumring hinterlässt, gibt Werte, die mit dem Saponingehalt einigermaßen korrespondieren. Diese Methode kann nur ungenaue und unregelmässige Resultate liefern, da die Schaumzahl nicht immer im Verhältnis zur Saponinmenge steigt und da vermutlich noch andere Drogeninhaltsstoffe einen Einfluss auf das Schaumvermögen ausüben können.

Eine andere biologische Bestimmungsart ist aufgebaut auf der Giftigkeit der Saponine gegenüber Fischen. Der sogenannte Fischindex wird auf die Weise erhalten, dass man diejenige Saponinkonzentration feststellt, bei der der Fisch genau in einer Stunde getötet wird. Für vergleichende Untersuchungen dürfte diese Methode ebenfalls ungenau und zudem zeitraubend und kostspielig sein.

In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Bestimmung des Saponins nach dem Hämolyseverfahren. Das Prinzip dieser

Methode beruht bekanntlich darauf, dass die Saponine den Austritt des roten Blutfarbstoffes, des Haemoglobins, aus den Blutkörperchen in die umgebende Flüssigkeit bewirken, so dass die zuerst undurchsichtige „deckfarbene“ Blutaufschwemmung später als durchsichtige „lackfarbene“ Farbstofflösung erscheint. Bei diesem Verfahren wird der sogenannte Hämolytische Index (H. I.)\* bestimmt. Unter dem hämolytischen Index versteht man jene Anzahl ccm einer 1%igen frischen Rinderblutaufschwemmung, die von 1 g Saponindroge gerade noch vollständig hämolysiert wird.

#### *Bestimmungsmethode.*

Die Hämolysebestimmungen wurden nach der alten Methode von L. Kofler, Ph. A. Adam (39) und K. Hering (35) durchgeführt, und einzig für die Berechnung der Resultate wird die von W. Butz (10) vereinfachte Formel angegeben.

Es sind dazu folgende Reagenzien notwendig:

1. Eine 0,9%ige Lösung von NaCl in einem mol/30 Phosphatpuffergemisch.
2. Eine mit der Lösung 1 hergestellte 2%ige Aufschwemmung von defibriniertem Rinderblut.
3. Eine frisch bereitete 0,02%ige Standardlösung von Saponium purum album „Merck“ in der Lösung 1.

ad 1) Zur Herstellung von 5 Litern der mol/30 Phosphat-Pufferlösung von  $\text{ph} = 7,4$  sind nach K. Hering (35) erforderlich:

mol/1 Natronlauge	303,3 ccm
mol/1 Phosphorsäure	166,5 ccm
Aqua dest.	ad 5000,0 ccm

Nach erfolgter Mischung werden 45 g NaCl darin aufgelöst. Die Phosphat-Pufferlösung ist kolorimetrisch nachzuprüfen und durch Zusatz von mol/1 Natronlauge bzw. mol/1 Phosphorsäure einzustellen. Die Phosphat-Pufferlösung ist infolge der Verwendung von mol/1 Natronlauge nicht unbegrenzt haltbar. Es konnte beobachtet werden, dass ältere Lösungen (2—3 Monate alt) die Blutaufschwemmung vollständig hämolysierten (vermutlich infolge Infektion mit *Bact. haemolyticum*). Um einwandfreie Resultate zu

---

\* Während der Niederschrift dieser Arbeit hat W. Butz (10) im Auftrag der Eidgenössischen Pharmakopöekommission Verbesserungen an der Methodik der Saponinbestimmung mittels des Hämolyseverfahrens ausgearbeitet. Dabei wird an Stelle des in seiner Wirksamkeit stark variierenden Saponium purum albisimum (bzw. album) „Merck“ eine chemisch genau definierbare Hämolysestandardsubstanz, die Desoxycholsäure, vorgeschlagen. Ferner wird der Ausdruck hämolytischer Index (H. I.) durch die Bezeichnung Hämolyse-Einheit (H. E.) ersetzt. Weiter wird eine Verbesserung der Phosphat-Pufferlösung angegeben, und an Stelle von defibriniertem Blut wird Zitratblut vorgeschlagen. Für die näheren Angaben verweisen wir auf die Originalarbeit.



erhalten, ist die Phosphat-Pufferlösung nach unseren Erfahrungen alle 14 Tage zu erneuern.

ad 2) Es wurde durchwegs ungewaschenes, defibriertes Rindblut verwendet, das wir bei den ersten Versuchen vom frisch geschlachteten Tier und später aus der Veterinaria A.G. in Zürich direkt vom lebenden Tier, und zwar immer vom gleichen Rind, erhielten. Das Blut wurde in einer sterilen braunen Glasstößelflasche, die zu ca.  $\frac{1}{3}$  ihres Volumens mit Glasperlen beschickt war, aufgefangen und sofort  $\frac{1}{4}$  Stunde kräftig geschüttelt. Das Blut wurde dann durch Uebergiessen in eine zweite sterile Flasche vom abgeschiedenen Fibrin getrennt und nach Zusatz von 1% p-Oxybenzoesäuremethylester als Konservierungsmittel im Kühlschrank aufbewahrt. Es konnte aber trotzdem eine leichte Veränderlichkeit des Blutes festgestellt werden. Die Widerstandsfähigkeit des Blutes nahm nach 5—6 Tagen deutlich ab, um nach ca. 9 Tagen für hämolytische Zwecke unbrauchbar zu sein. Da zudem die Resistenz des Blutes auch von Tieren derselben Art infolge der wechselnden physiologischen oder pathologischen Verhältnisse gegenüber Saponin schwanken kann, ist die Empfindlichkeit der Blutaufschwemmung durch die Saponin-Standardlösung abzutesten, damit die gewonnenen Werte untereinander verglichen werden können. Die 2%ige Blutaufschwemmung und die 0,02%ige Saponin-Standardlösung wurden täglich frisch hergestellt und ebenso wurde die Eichung des Blutes täglich durchgeführt, um nach Möglichkeit alle Fehlerquellen auszuschalten. Blut, das älter war als 8 Tage, wurde nicht mehr zur Hämolysebestimmung verwendet.

Die Drogenauszüge wurden folgendermassen hergestellt: 0,20—0,30 g frisch pulverisierte (Porenweite der Siebtrommel 0,8 mm) Wurzeldroge oder 2,00 g pulverisierte Blattdroge werden in einem Erlenmeyerkolben von 250 ccm Inhalt mit 100 ccm Phosphat-Pufferlösung unter gelegentlichem sanftem Umschwenken während einer halben Stunde auf dem Wasserbade erhitzt. Die heisse Lösung wird durch Watte in einen Messkolben von 100 ccm Inhalt filtriert, die Watte wird mit wenig heisser Phosphat-Pufferlösung nachgewaschen. Nach dem Erkalten wird der Inhalt des Messkolbens mit Phosphat-Pufferlösung auf 100 ccm ergänzt. Diese Lösung wird zur Bestimmung des hämolytischen Index verwendet.

Bei der Bestimmung des hämolytischen Index wird so vorgegangen, dass in einer Serie von 10 Reagenzgläsern mit 10—12 mm innerer Weite im gesamten je 2 ccm Flüssigkeit gegeben werden. Jedes Glas wird zunächst mit 1 ccm Blutkörperchenaufschwemmung beschickt, dann wird z. B. Glas 1 mit 0,50 ccm, Glas 2 mit 0,45 ccm, Glas 3 mit 0,40 ccm usw., Glas 9 mit 0,10 ccm und Glas 10 mit 0,05 ccm Phosphat-Pufferlösung eingefüllt. Schliesslich wird die zu bestimmende Saponinlösung zuge-

geben und zwar die zu 2 ccm supplementäre Menge. Damit ist das Blut im Verhältnis 1:100 verdünnt. Der Zusatz der Flüssigkeiten hat in dieser Reihenfolge: Blut, Phosphat-Pufferlösung, Drogenauszug oder: Drogenauszug, Phosphat-Pufferlösung, Blut zu geschehen. Die Mischungen werden nunmehr leicht umgeschwenkt, ohne dass Schaumbildung auftritt. Nach genau 15 Minuten wird nochmals geschüttelt und dann bei Zimmertemperatur stehengelassen. Nach 24 Stunden erfolgt die Ablesung der Resultate. Es wird jenes Glas zur Berechnung des hämolytischen Index zugrunde gelegt, in dem gerade noch totale Hämolyse aufgetreten ist, d. h. dessen Inhalt eine klar durchsichtige, rote Lösung darstellt, die auch beim Umschütteln klar bleibt.

Die Bestimmung des hämolytischen Index der Saponin-Standardlösung erfolgt in analoger Weise.

Die Berechnung wird nach der Formel von W. Butz (10) durchgeführt, die den früheren komplizierteren Berechnungsmodus nach K. Hering (35) ersetzt.

$$\text{H. I.} = 25\,000 \cdot \frac{G_S}{G_D}$$

25 000 = Festgelegter hämolytischer Index des Standardsaponins

$G_S$  = Gewicht des Standard-Saponins, das 2 ccm Blutkörperchenaufschwemmung hämolysiert

$G_D$  = Gewicht der Droge, das 2 ccm Blutkörperchenaufschwemmung hämolysiert.

#### Beispiel:

Bei Eichung der frischen Blutkörperchenaufschwemmung mit der 0,02%igen Saponin-Standardlösung sei im Glas 3 totale Hämolyse aufgetreten. Es enthält demnach von der 0,02%igen Saponin-Standardlösung 0,60 ccm, also 0,00012 g Saponinum purum album Merck.  $G_S$  ist demnach 0,00012.

Bei Bestimmung der Droge sei angenommen, dass im Glas 7 totale Hämolyse aufgetreten sei. Das bedeutet, dass 0,80 ccm eines 0,2%igen Drogenauszuges bzw. 0,0016 g Droge 2 ccm einer 1%igen Blutkörperchenaufschwemmung hämolysieren.  $G_D$  ist demnach 0,0016.

$$\text{H. I.} = 25\,000 \cdot \frac{0,00012}{0,0016}$$

$$\text{H. I.} = 1\,875^*)$$

Die Hämolysebestimmungen liessen sich nach der angewandten Methode einwandfrei durchführen und Parallelbestimmungen ergaben Werte, die miteinander übereinstimmten.

\* Anm. siehe folgende Seite.

Die Resultate beziehen sich bei allen Saponinbestimmungen auf die absolute Trockensubstanz.

## 5. Bestimmung der Rohfaser.

Die bisherigen Verfahren zur quantitativen Ermittlung der sogenannten Rohfaser bzw. des Cellulosegehaltes, von denen hauptsächlich das Weender-Verfahren, bei dem Säure und Lauge als Aufschlussflüssigkeit dienen, ferner das Kaliumchlorat-Salpetersäure-Verfahren und das Glycerin-Schwefelsäure-Verfahren angewendet werden, sind wegen ihrer ungenauen und wechselnden Ergebnisse und ihrer sehr langwierigen Methodik unbefriedigend. Entweder ist das aufzuschliessende Reagens wenig aggressiv, so dass die Cellulose nur unvollständig freigelegt wird und ihr noch andere Begleitstoffe anhaften, oder aber die Aufschlussflüssigkeit wirkt durchgreifend und es wird auch ein Teil der Cellulose abgebaut.

In neuerer Zeit haben K. Kürschner und A. Hanak (43) das Verfahren mit Salpetersäure und Essigsäure eingeführt, das sich allen bisherigen Methoden als überlegen erwiesen hat. Bei dieser Bestimmungsmethode bleibt die Hauptmenge der Cellulose zusammen mit einer sehr geringen Menge von Pentosanen und etwas Lignin ungelöst. Durch die Vereinigung der oxydierenden, hydrolisierenden und nitrierenden Eigenschaften der Salpetersäure werden die Begleitkörper der Cellulose beinahe quantitativ in die lösliche Form übergeführt, worauf sie von der Essigsäure aufgenommen werden.

Wir bestimmten die Rohfaser in den Wurzeln der *Primula veris* nach dieser Methode. Da bei der Bestimmung der Rohfaser der aschefreie Rückstand ermittelt wird, ist es notwendig, dieselbe nach der Trocknung und Wägung zu verbrennen, um die in ihr enthaltenen Mineralstoffe zu erhalten. Das ist aber bei Verwendung von Gooch- und Glasfiltertiegeln, wie vorgeschlagen wird, mit Schwierigkeiten verbunden. Deshalb wurde die Filtration der mit Salpeter- und Essigsäure behandelten Substanz nach dem Vorschlag von H. Thaler und A. Malzer (72) mit aschefreien Papierfiltern durchgeführt, die nach der Trocknung und Wägung der Rohfaser verbrannt werden konnten. Das Papierfilter, das aus Cellulose besteht, wird nach den Angaben der Autoren von der Aufschlussflüssigkeit nicht angegriffen, wenn dieselbe kalt filtriert wird.

---

\* Für die Umrechnung auf die neu eingeführten Hämolyse-Einheiten (H. E.) hat W. Butz (10) für das seit 1939 im Pharmazeutischen Institut der E. T. H. als Standard verwendete Saponium purum album „Merok“ einen Korrekturfaktor angegeben. Darnach müssen die hämolytischen Indices mit dem Faktor 1,33 multipliziert werden, um die neuen Hämolyse-Einheiten zu erhalten.

### Bestimmungsmethode:

0,5 g (genau gewogen) Drogenpulver von demselben Feinheitsgrad wie bei der Saponinbestimmung (also Sieb 0,8 mm) wird mit 25 ccm der Aufschlussflüssigkeit (300 ccm Essigsäure 70 %, 20 ccm conc. Salpetersäure  $D = 1,40-1,42$  und 8 g Trichloressigsäure. Die Trichloressigsäure wird in einem Teil der Essigsäure aufgelöst.) in einem Acetylierkolben von 100 ccm Inhalt 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 auf ein Papierfilter (Schleicher und Schüll No. 589<sup>2</sup>) von 9 cm Durchmesser, das man in einem Wägegläschen bei 105<sup>0</sup> bis zur Gewichtskonstanz getrocknet hat. Nach dem Abtropfen der Aufschlussflüssigkeit füllt man das Filter 2 mal mit 70%iger Essigsäure und wäscht dann das Kölbchen und den Niederschlag gründlich mit heissem Wasser unter gutem Aufwirbeln der Rohfaser so lange, bis das abfließende Washwasser neutral reagiert. Dann wird das Filter 3 mal mit Aceton und nach dem Abtropfen 3 mal mit Aether gefüllt. Nach dieser Behandlung wird das Filter aus dem Trichter herausgenommen, gefaltet und vorsichtig ausgedrückt. Die Trocknung erfolgt im gleichen Wägegläschen bei 105<sup>0</sup>. Schliesslich wird das Filter mit seinem Inhalt in einem gewogenen Porzellantiegel verascht. Durch Subtraktion des Glührückstandes von dem Gewicht der aufgeschlossenen Masse erhält man die eigentliche Rohfaser.

Diese Bestimmungsart hat sich bei unseren Versuchen durchaus bewährt. Parallelbestimmungen differierten höchstens um 1%, bezogen auf den Gesamtgehalt der Rohfaser.

Als Bezugsgrösse für die Rohfasergehalte wurde auch hier das absolute Trockengewicht festgelegt.

## VII. Resultate der Gehaltsbestimmungen.

### 1. Resultate der Kulturversuche.

#### a) Wassergehalt der Frischdroge.

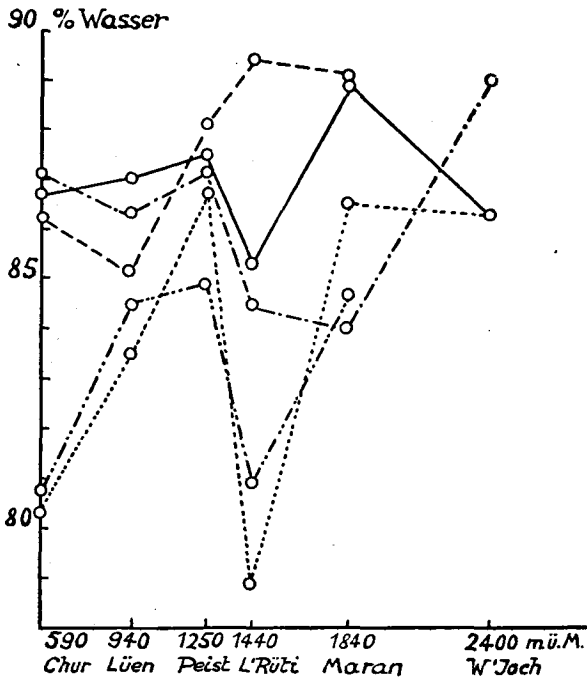
*Primula veris* und *Primula elatior* (Blätter). Ernte 1944.

Die nachfolgenden Analysenergebnisse wurden aus zwei bzw. aus drei Blatternten erhalten. Eine erste Ernte der Blätter von *Primula veris* und von *Primula elatior* erfolgte im Verlaufe des Frühlings und des Sommers 1944 zur Blütezeit. Eine zweite Ernte der beiden Versuchspflanzen wurde am 14. und 15. Juli 1944 auf sämtlichen Stationen gleichzeitig durchgeführt. Eine dritte Ernte wurde von *Primula veris* am 5. Oktober eingebracht.

Analysenergebnisse:

	P. veris 1. Ernte ‰ Wasser	P. veris 2. Ernte ‰ Wasser	P. veris 3. Ernte ‰ Wasser	P. elatior 1. Ernte ‰ Wasser	P. elatior 2. Ernte ‰ Wasser
Chur . . . . .	80,3	86,7	86,2	80,7	87,1
Lüen . . . . .	83,5	87,0	85,1	84,5	86,3
Peist . . . . .	86,7	87,5	88,1	84,9	87,1
Litzirüti . . . . .	78,9	85,3	89,4	80,9	84,5
Maran . . . . .	86,5	88,9	89,1	84,7	84,0
Weisshornjoch . . . . .	86,3	86,3	—	—	89,0

Graphische Darstellung:



Legende:

- ..... Primula veris 1. Ernte
- Primula veris 2. Ernte
- · - · - · Primula veris 3. Ernte
- Primula elatior 1. Ernte
- Primula elatior 2. Ernte

Die Wassergehalte der untersuchten Blätter differieren bei den einzelnen Ernten beträchtlich und die Kurven zeigen kein regelmässiges Bild. Immerhin kann bei sämtlichen Ernten bis Peist eine steigende Tendenz des Wassergehaltes festgestellt werden. Von dieser Höhenlage an sinken die Kurven bis Litzirüti (eine Ausnahme macht die 3. Ernte der Primula veris), um dann noch-

mals anzusteigen und teilweise in Maran und auf dem Weisshornjoch sogar ihr Maximum zu erreichen. Da das Blattmaterial auf allen Versuchsstationen bei trockenem und meistens sogar bei schönem Wetter eingebracht werden konnte (eine Ausnahme stellt nur die 3. Ernte der *Primula veris* dar, dessen Pflanzenmaterial bei etwas feuchter Witterung geerntet werden musste), fallen bei unseren Bestimmungsergebnissen die Witterungsverhältnisse kaum ins Gewicht. Trotzdem lässt sich für die ganze Vegetationsperiode keine allgemein gültige Beziehung zwischen Wassergehalt und Höhenlage konstatieren. Bemerkenswert ist indessen das gleichartige Verhalten der Frühjahrskurven der beiden Spezies. Die beiden *Primula*-Arten scheinen daher in den verschiedenen Entwicklungsstadien in den einzelnen Höhenlagen verschiedene Wassergehalte zu benötigen.

*Primula veris* und *Primula elatior*. Wurzelstock (Rhizom + Wurzel) Ernte 1944.

Von beiden *Primula*-Arten stammen die Resultate aus einer zur Blütezeit ausgeführten Frühjahrsernte und aus einer am 5. Oktober vorgenommenen Herbsterte.

Analysenergebnisse:

	<i>P. veris</i>		<i>P. elatior</i>	
	1. Ernte % Wasser	2. Ernte % Wasser	1. Ernte % Wasser	2. Ernte % Wasser
Chur . . . . .	68,4	76,4	72,7	79,0
Lüen . . . . .	73,6	70,1	75,4	70,1
Peist . . . . .	77,6	68,2	78,3	70,3
Litzirüti . . . . .	68,0	73,5	75,1	73,4
Maran . . . . .	79,7	62,7	76,2	68,5
Weisshornjoch . . . . .	83,3	69,1	77,7	—

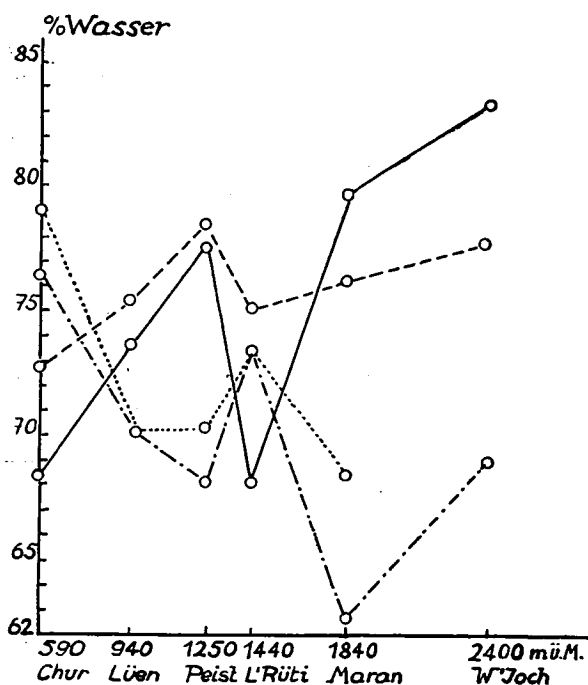
Graphische Darstellung siehe folgende Seite.

Die Wassergehaltskurven der Wurzeln zeigen in den zwei Ernten zwei entgegengesetzte Entwicklungen. Während die im Frühjahr von *Primula veris* und *Primula elatior* geernteten Wurzelstöcke eine zunehmende Tendenz des Wassergehaltes mit steigender Höhenlage aufweisen, kann bei den im Herbst geernteten Wurzelstöcken eine deutliche Abnahme desselben beobachtet werden. Letzteres Resultat steht in guter Uebereinstimmung mit den Befunden von K. E y m a n n, der am Wurzelwerk von *Peucedanum Ostruthium* ein ähnliches Verhalten der Wassergehaltskurven gefunden hat. Es wurden von ihm ebenfalls die im Herbst geernteten Wurzeln berücksichtigt.

Die Kurven der Frühjahrsernte zeigen einen ähnlichen Verlauf wie diejenigen der Blätter, also einen Anstieg bis Peist, dann ein Sinken nach Litzirüti und schliesslich einen Wiederanstieg bis zur höchstgelegenen Station.

Im übrigen kommt in den dargestellten Kurven deutlich wieder zum Ausdruck, dass der Wassergehalt den jahreszeitlichen Schwankungen und auch den Wachstumsstadien der betreffenden Pflanzen stark unterworfen ist. Um den Einfluss der Höhenlage auf den durch diese Schwankungen veränderten Wassergehalt eindeutig beurteilen zu können, müssten die einjährigen Ergebnisse durch weitere Untersuchungen erhärtet werden, um so mehr als O. Meyer und P. Meier überhaupt keinen eindeutigen Einfluss der Höhenlage bei ihren Versuchen festgestellt haben. Immerhin kann für im Herbst geerntete Wurzelstöcke eine sinkende Tendenz des Wassergehaltes mit steigender Höhenlage angenommen werden, wenn die Resultate von K. E y m a n n mitberücksichtigt werden.

Graphische Darstellung:



Legende:

- Primula veris 1. Ernte (Frühjahr)
- - -○- - - Primula veris 2. Ernte (Herbst)
- .....○..... Primula elatior 1. Ernte (Frühjahr)
- · - · -○- · - · Primula elatior 2. Ernte (Herbst)

#### b) Aschengehalt.

Primula veris (Blatt). Ernte 1943 und 1944.

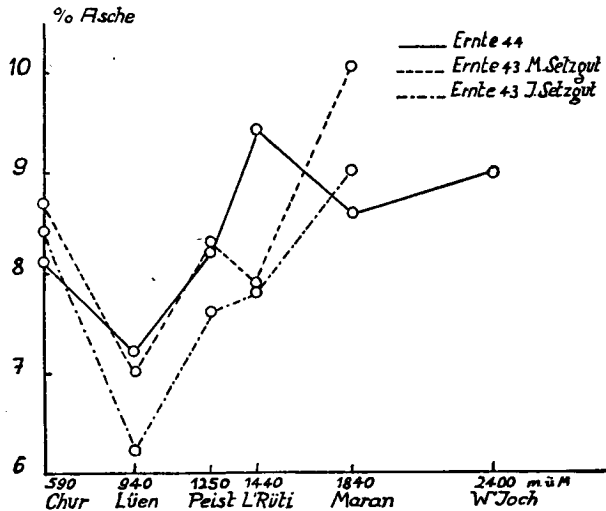
Aus dem Jahre 1943 liegen Ergebnisse von zwei verschiedenen Setzgütern (Meilen und Interlaken) vor. Die Ernte dieser Blätter

erfolgte zwischen dem 16. und 20. August. Die Blatternte des Jahres 1944 wurde am 14. und 15. Juli eingebracht.

Analysenergebnisse:

	Ernte 1943 (M. Setzgut) % Asche	Ernte 1943 (J. Setzgut) % Asche	Ernte 1944 % Asche
Chur . . . . .	8,7	8,4	8,1
Lüen . . . . .	7,0	6,2	7,2
Peist . . . . .	8,3	7,6	8,2
Litzirüti . . . . .	7,9	7,8	9,45
Maran . . . . .	10,05	9,0	8,6
Weisshornjoch . . . . .	—	—	9,0

Graphische Darstellung:



Die Aschengehaltskurven der beiden Versuchsjahre verlaufen bis Peist regelmässig. Vergleicht man die drei Kurven mit denjenigen, die P. Meier von den Blättern der *Althaea officinalis* erhalten hat, so kann eine grosse Aehnlichkeit derselben in ihrem Verlauf bis nach Peist, zum Teil bis Litzirüti festgestellt werden. Auffallend ist das in allen Versuchen in Lüen auftretende Minimum, das auch K. Eymann bei der Bestimmung des Aschengehaltes am Wurzelwerk von *Peucedanum Ostruthium* gefunden hatte. Da alle nichtklimatischen Faktoren auf allen Stationen die gleichen waren, dürfen wir annehmen, dass das abnormal warme Lüener Klima diese Erscheinung verursacht hatte. Die höchsten Aschengehalte finden wir bei unseren Versuchen von Litzirüti an aufwärts. Eine deutliche Beeinflussung durch die Höhenlage ist aber aus den bisherigen und den vorliegenden Untersuchungen nur bis nach Peist bezw. Litzirüti hinauf feststellbar.



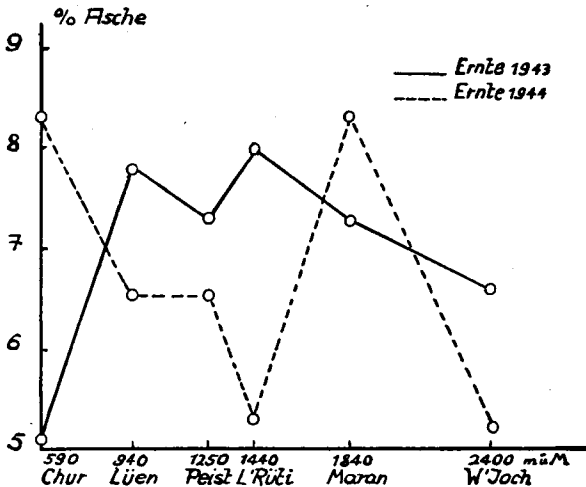
*Primula veris* Wurzelstock (Rhizom + Wurzel). Ernte 1943 und 1944.

Die Resultate wurden von den im Herbst 1943 und 1944 geernteten Wurzeln gewonnen.

Analysenergebnisse:

	Ernte 1943 (M. Setzgut) %o Asche	Ernte 1944 %o Asche
Chur . . . . .	5,1	8,3
Lüen . . . . .	7,8	6,55
Peist . . . . .	7,3	6,55
Litzirüti . . . . .	8,0	5,3
Maran . . . . .	7,3	8,3
Weisshornjoch . . . . .	6,6	5,2

Graphische Darstellung:



Die beiden dargestellten Kurven divergieren recht stark. Zudem finden sich das Maximum der Ernte 1943 und das Minimum der Ernte 1944 auf der gleichen Station, d. h. in Litzirüti. Wir müssen daher feststellen, dass bei der vorliegenden Pflanze die Höhenlage keinen gesetzmässigen Einfluss auf den Aschengehalt des Wurzelstockes ausübt.

c) *Vitamin-C-Gehalt.*

*Primula veris* (Blatt). Ernte 1943 und 1944.

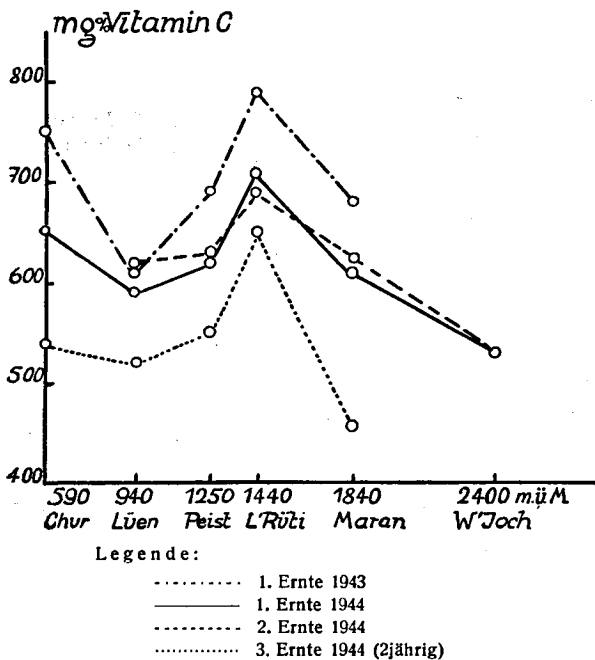
Die Blatternten 1943 wurden auf sämtlichen Stationen zwischen dem 16. und 20. August durchgeführt. Aus dem Jahre 1944 liegen die Ergebnisse von drei Ernten vor: Eine erste Ernte erfolgte im Verlaufe des Frühlings und des Sommers zur Blütezeit,

eine zweite auf allen Versuchsstationen gleichzeitig zwischen dem 11. und 17. Juli und eine dritte zwischen dem 4. und 7. Oktober.

Analysenergebnisse :

	1. Ernte 1943 (M. Setzgut) mg <sup>o</sup> / <sub>o</sub> Vitamin C	1. Ernte 1944 (Blütezeit) mg <sup>o</sup> / <sub>o</sub> Vitamin C	2. Ernte 1944 mg <sup>o</sup> / <sub>o</sub> Vitamin C	3. Ernte 1944 (2jährig) mg <sup>o</sup> / <sub>o</sub> Vitamin C
Chur . . . . .	750	650	—	540
Lüen . . . . .	610	590	620	520
Peist . . . . .	690	620	630	550
Litzirüti . . . . .	790	710	690	650
Maran . . . . .	680	610	625	455
Weisshornjoch . . . . .	—	530	530	—

Graphische Darstellung :



Die Entwicklung im Gehalt an Vitamin C ist in den beiden Versuchsjahren und zu den verschiedenen Erntezeiten durchaus gleichsinnig geblieben. Alle dargestellten Kurven zeigen folgendes Bild: Ein Absinken von Chur nach Lüen, dann ein kräftiges Ansteigen bis zum Maximum in Litzirüti und von da an wieder starkes Sinken bis Maran und Weisshornjoch. Dieses analoge Verhalten aller vier Kurven während der zwei Versuchsjahre berechtigt uns zur Feststellung, dass der Vitamin C-Gehalt bei den Blättern der *Primula veris* durch die Höhenlage direkt beeinflusst wird und zwar in der Weise, dass in einer optimalen Höhe, die bei un-

seren Versuchen in der subalpinen Stufe von Litzirüti liegt, der höchste Gehalt auftritt. Sowohl auf den höher als auch auf den tiefer gelegenen Stationen registrieren wir niedrigere Vitamin C-Gehalte. Die Ursachen, die zu einer Gehaltsvermehrung in der Höhenlage von rund 1500 m ü.M. geführt haben, können heute noch nicht befriedigend erklärt werden. Wir vermuten, dass in dieser Höhe gerade die für eine optimale Bildung von Vitamin C entsprechende Intensität der Ultraviolettstrahlung eingewirkt hat, sofern überhaupt ein Zusammenhang zwischen Vitamin C-Bildung und Photosynthese besteht. Diese Annahme kann erst dann bewiesen werden, wenn man genau orientiert ist, welche Rolle das Vitamin C im Leben der Pflanze einnimmt. Die niedrigsten Gehaltswerte sind auf den höher gelegenen Stationen anzutreffen. Dabei fällt der tiefe Maraner Wert der 3. Ernte 1944 besonders auf. Dieser Wert ist darauf zurückzuführen, dass die Ernte erst im Oktober erfolgte, nachdem in den höheren Lagen bereits einmal Schneefall mit Frost eingetreten war. Die dabei herrschenden tiefen Temperaturen können wohl für das starke Sinken des Gehaltes verantwortlich gemacht werden. Wir vermuten, dass auch die minimalen Werte des Weisshornjochs auf die tiefen Temperaturen, die im Gebirge zudem öfters unter den Nullpunkt sinken, zurückzuführen sind. Es kann aber auch angenommen werden, dass die starke U.V.-Strahlung des Hochgebirges eine Herabsetzung der Vitamin C-Bildung zur Folge haben kann, um so eher, wenn man bedenkt, dass das Vitamin C auf die Pflanzen wachstumsfördernd wirken kann und dass gerade die intensive U.V.-Strahlung vor allem das Wachstum hemmt. Bei dieser Annahme müssen wir allerdings vorsichtig sein, denn es könnte umgekehrt auch vermutet werden, dass die Pflanzen im Gebirge mehr Vitamin C bilden, um die Wachstumshemmung zu kompensieren. Die genauen Ursachen dieser Beeinflussung bleiben aber unabgeklärt.

Akklimatisationserscheinungen, wie sie K. E y m a n n bei seinen Versuchen und im besondern bei der Bestimmung des Gesamtstickstoffes in den Wurzeln von *Peucedanum Ostruthium* feststellte, konnten wir bei der *Primula veris*, was wenigstens den Vitamin C-Gehalt anbetrifft, nicht beobachten. Sowohl die Kurven der jüngsten als auch die der ältesten Pflanzen zeigen genau den gleichen Verlauf. Einen weiteren Beweis dafür und zugleich auch für eine gesetzmässige Beeinflussung des Vitamin C-Gehaltes durch das Höhenklima stellen die beiden anderen Kurven dar, die sich ebenso verhalten, obwohl ihre Resultate von Pflanzen stammen, deren Setzmateriale anderer Herkunft ist.

Auffallend ist ferner der starke Anstieg der Gehalte (bis 100 mg %) von Peist nach Litzirüti, obwohl die Höhendifferenz nur 190 m beträgt. Die niedrigen Werte in Peist, aber auch diejenigen in Lünen, können nicht erklärt werden. Bestimmt kann der geringe Gehalt in Lünen nicht durch mangelnde Wärme verursacht sein.

Die *Primula veris* enthält nach unseren Untersuchungen sehr hohe Werte, die zwischen 500 und 800 mg % liegen. Es konnte festgestellt werden, dass der Vitamin C-Gehalt durch die Kultivierung und Verpflanzung der Pflanzen eine beträchtliche Steigerung erfahren hat. Vom gleichen Pflanzenmaterial erhielten wir vom Wildstandort in der Ebene (Meilen) einen Durchschnittswert von 550 mg %.

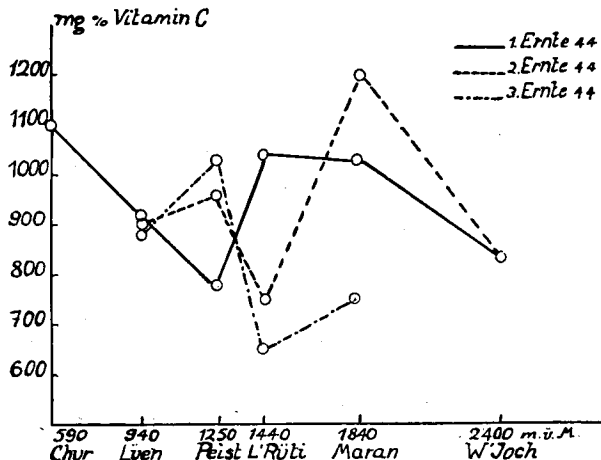
*Primula elatior* (Blatt). Ernte 1944.

Die Erntezeiten bleiben sich gleich wie diejenigen der *Primula veris*.

Analysenergebnisse:

	1. Ernte 1944 (Blütezeit) mg % Vitamin C	2. Ernte 1944 mg % Vitamin C	3. Ernte 1944 mg % Vitamin C
Chur . . . . .	1100	—	—
Lüen . . . . .	920	900	830
Peist . . . . .	780	960	1030
Litzirüti . . . . .	1040	750	650
Maran . . . . .	1030	1200	750
Weisshornjoch . . . . .	835	835	—

Graphische Darstellung:



Der Verlauf dieser Kurven ist ganz verschieden von dem der *Primula veris*. Er ist sehr unregelmässig ausgefallen und eine Ueberkreuzung der Kurven findet öfters statt. Für jede der drei Erntekurven liegt das Maximum auf einer anderen Station. In Litzirüti treten im Gegensatz zur *Primula veris* sogar minimale Werte auf. Die erhaltenen Vitamin C-Gehalte sind zum Teil recht

hoch. Sie stellen allerdings, wie bereits früher erwähnt, keine absoluten Werte dar, da auch andere reduzierende Stoffe (bei *Primula elatior* in der Hauptsache geringe Spuren von Gerbstoff) mitbestimmt wurden. Wir können die dargestellten Gehaltskurven in keinen Zusammenhang mit dem Klima der betreffenden Höhenlage bringen.

In diesem Zusammenhang ist es interessant festzustellen, dass die Gehaltsentwicklung zweier nahestehender Spezies durch die steigende Höhenlage ganz verschieden beeinflusst werden kann. Diese Erscheinung kann wohl damit erklärt werden, dass zunächst die biologischen, physiologischen Vorgänge innerhalb der einzelnen Pflanzen durchaus verschiedenartig sein können. Eine Berücksichtigung diesbezüglich verlangt die untersuchte *Primula elatior*, der die Kulturbedingungen nicht sehr zugesagt haben und deren Gehaltsentwicklung vielleicht aus diesem Grunde gestört worden ist. Wir gelangen daher zur Erkenntnis, dass nur durch die praktischen Versuche in jedem einzelnen Fall Aufschluss über die Art und Weise des Klimaeinflusses erhalten werden kann und dass Verallgemeinerungen bei der Beurteilung der Resultate nicht gemacht werden dürfen.

*d) Saponingehalt.*

*Primula veris* Wurzelstock (Rhizom + Wurzel). Ernte 1943 und 1944.

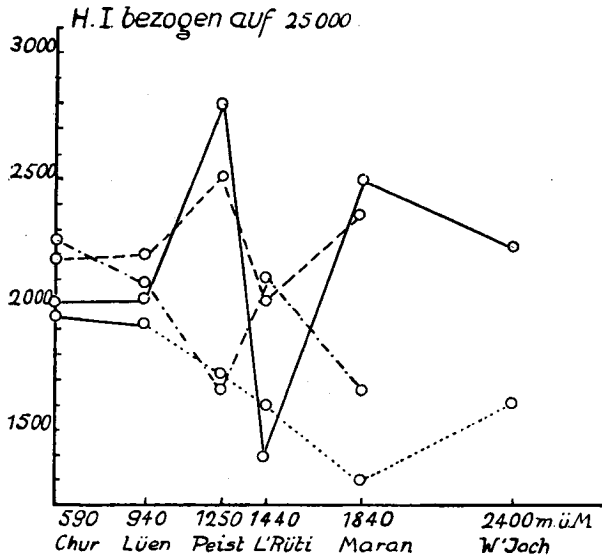
Die nachfolgenden Analysenergebnisse stammen von Wurzel-ernten, die 1943 und 1944 im Verlaufe des Oktobers durchgeführt worden sind. 1944 erfolgte zudem eine Ernte zur Blütezeit. Die Resultate und die graphische Darstellung der stabilisierten und nichtstabilisierten Drogen des Meilener Setzgutes (1943) werden gesondert dargestellt, da die hömolytischen Indices dieser Drogen bedeutend höhere Werte aufweisen als das übrige untersuchte Pflanzenmaterial.

Analysenergebnisse:

	Ernte 1943 (J. Setzgut)	1. Ernte 1944 (Blütezeit)	2. Ernte 1944 NST	2. Ernte 1944 ST
	H. I.	H. I.	H. I.	H. I.
Chur . . . . .	2180	2010	1970	2250
Lüen . . . . .	2200	2020	1960	2090
Peist . . . . .	2570	2800	1730	1660
Litzirüti . . . . .	2020	1400	1600	2110
Maran . . . . .	2360	2500	1300	1660
Weisshornjoch . . . . .	—	2240	1610	—

Graphische Darstellung siehe folgende Seite.

Graphische Darstellung:



Legende:

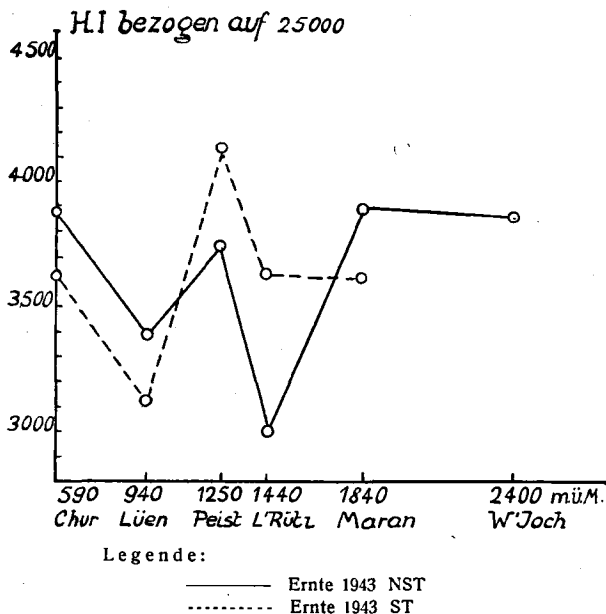
- 1. Ernte 1943 (J. Setzgut)
- 1. Ernte 1944 (Blütezeit)
- ..... 2. Ernte 1944 NST
- . - . 2. Ernte 1944 ST

**Primula veris** Wurzelstock (Rhizom + Wurzel) Ernte Herbst 1943 (M. Setzgut)

Analysenergebnisse:

	Ernte 1943 NST	Ernte 1943 ST
	(M. Setzgut)	(M. Setzgut)
	H. I.	H. I.
Chur . . . . .	3880	3620
Lüen . . . . .	3380	3110
Peist . . . . .	3640	4110
Litzirüti . . . . .	2950	3630
Maran . . . . .	3890	3620
Weisshornjoch . . . . .	3860	—

Graphische Darstellung:



Aus den dargestellten Kurven ergibt sich, dass sehr starke Schwankungen in den verschiedenen Höhenlagen zu konstatieren sind. Bemerkenswert ist der ähnliche Verlauf der Kurven der Ernte 1943 (J. Setzgut) und der 1. Ernte 1944 (Blütezeit). Auffallend ist dabei das Auftreten der maximalen und minimalen Werte auf den zwei Stationen, die die kleinste Höhendifferenz (190 m) der ganzen Versuchsanlage aufweisen. Den höheren Indices in Peist stehen in Litzirüti stets die niedrigsten Werte gegenüber. Das Minimum der Ernte 1943 (M. Setzgut) findet sich ebenfalls in Litzirüti. Die Resultate der 2. Ernte 1944 NST (= nicht stabilisiert) und ST (= stabilisiert) fallen ganz aus dem Rahmen. Die dargestellte Kurve ist als Folge der überaus extremen Witterung während der Erntezeit im Herbst zu bewerten. Schneefall und Frost haben von Lüen an aufwärts ein konstantes Sinken des Indexes verursacht. Auffallend ist allerdings der Wiederanstieg der Kurve von Maran nach dem Weisshornjoch. Eventuell hat hier die Kälte stabilisierend auf das Saponin eingewirkt.

Grosse Schwankungen treten ferner zwischen den NST- und ST-Kurven auf. Die Kurven der stabilisierten Droge liegen zum Teil über, zum Teil aber auch unter denjenigen der nicht stabilisierten Droge, so dass wir keine vergleichbaren Resultate erhalten konnten. Der geringere Gehalt der stabilisierten gegenüber den nicht-stabilisierten Drogen ist vermutlich durch Auswaschung während der Stabilisation verursacht worden.

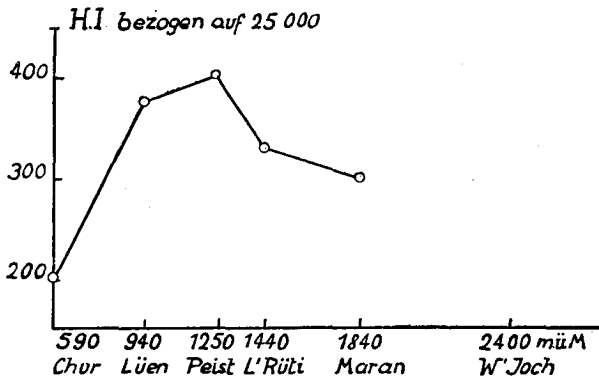
Von einer gesetzmässigen Beziehung zwischen Höhenlage und H.I. der *Primula veris* kann nicht gesprochen werden. Obwohl eine gewisse Aehnlichkeit im Verlauf der Kurven festgestellt werden konnte, so sind doch die von Station zu Station auftretenden starken Schwankungen der Gehaltswerte sicher nicht ausschliesslich auf das Gebirgsklima zurückzuführen, sondern eher durch mikroklimatische Einflüsse bedingt.

*Primula veris* (Blatt) Ernte: Herbst 1943 (14.—17. Oktober)

Analysenergebnisse:

	Ernte 1943
	H. I.
Chur . . . . .	200
Lüen . . . . .	375
Peist . . . . .	400
Litzirüti . . . . .	330
Maran . . . . .	300
Weisshornjoch . . . . .	—

Graphische Darstellung:



Die vorliegende Kurve stellt eine deutliche Optimumkurve dar. Ein Ansteigen bis zum Maximum in Peist, dann ein Sinken bis Maran.

Da nur die Resultate eines einzigen Jahres vorliegen, können jedoch keine allgemeinen Schlüsse über die Beeinflussung des Saponingehaltes im Blatt von *Primula veris* gezogen werden. Wir können nur festhalten, dass auch das Blatt wie zum Teil die Wurzel in Peist den höchsten hämolytischen Index zeigt.

*Primula elatior* Wurzelstock (Rhizom + Wurzel) Ernte 1944.

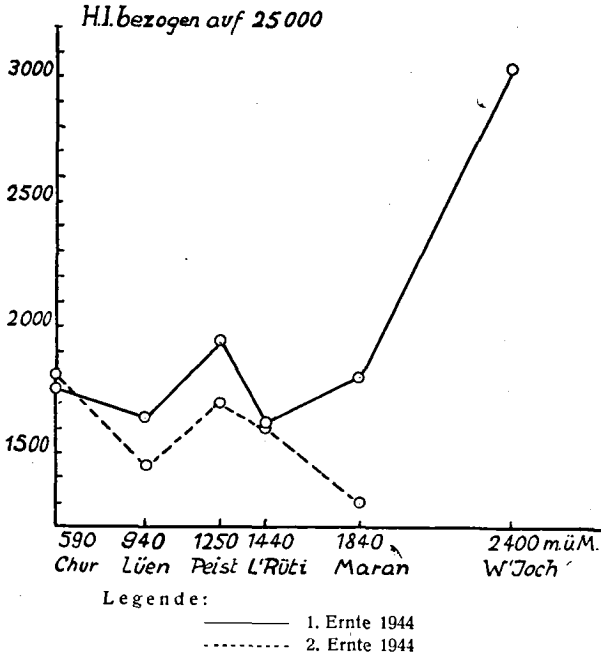
Eine erste Ernte erfolgte während der Blütezeit, also im Verlaufe des Frühlings und des Sommers 1944, eine zweite im Herbst (Ende Oktober).



Analysenergebnisse :

	1. Ernte 1944 (Blütezeit)	2. Ernte 1944
	H. I.	H. I.
Chur . . . . .	1750	1800
Lüen . . . . .	1640	1450
Peist . . . . .	1940	1700
Litzirüti . . . . .	1620	1600
Maran . . . . .	1700	1300
Weisshornjoch . . . . .	3030	—

Graphische Darstellung :



Die Hämolysewerte der Wurzeln der *Primula elatior* sind ausgeglichener ausgefallen und zeigen nicht so starke Schwankungen der Werte wie diejenigen der *Primula veris*. Eine Ausnahme macht der unerwartete Wert auf dem Weisshornjoch. Dieser einmalige und aussergewöhnlich hohe hämolytische Index könnte als Zufallserscheinung betrachtet werden, hätte nicht auch K. Eymann (16) bei der *Bergenia Delawayi* auf dem Weisshornjoch enorm hohe Arbutingehalte in den Blättern festgestellt. Als Ursache können, wie schon K. Eymann dargelegt hat, eventuell intensivere U.V.-Strahlung auf 2400 m ü. M. oder eine besondere Reizwirkung des extremen Klimas vermutet, aber nicht bewiesen werden. Die hämolytischen Indices der Stationen Peist und Litzirüti verhalten sich im übrigen analog denjenigen, die bei der *Primula veris* gefunden wurden: also relativ hoher Wert in Peist, dem

ein minimaler Wert in Litzirüti gegenübersteht. Der Verlauf der Kurve der 2. Ernte ist auch hier dem abnormalen Witterungseinfluss während der Erntezeit zuzuschreiben. Dieser Einfluss kommt bei der *Primula elatior* allerdings erst von Litzirüti an aufwärts deutlich zum Ausdruck, indem von dieser Station an die Kurve stark abfällt.

Von einem klaren und gesetzmässigen Einfluss der Höhenlage kann auch bei der *Primula elatior* nicht gesprochen werden. Immerhin kann gesagt werden, dass der Verlauf der Kurven bei beiden *Primula*-Arten ähnlich unregelmässig ist und dass der grösste hämolytische Index meistens in Peist und der kleinste meistens in Litzirüti zu finden ist. Beide Extremwerte liegen also hier in der mittleren Höhenlage.

e) Rohfasergehalt.

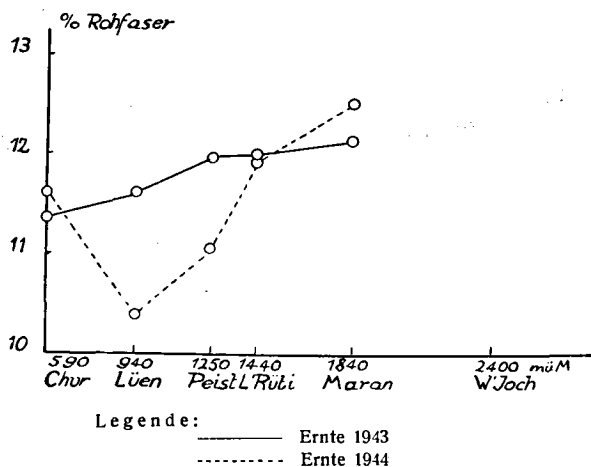
*Primula veris* (Rhizom) Ernte: Herbst 1943 (14.—17. Oktober) und 1944 (5.—7. Oktober).

Zur Bestimmung der Rohfaser wurden nur die von den Wurzeln befreiten Rhizome verwendet.

Analysenergebnisse:

	Ernte 1943 (M. Setzgut) % Rohfaser	Ernte 1944 % Rohfaser
Chur . . . . .	11,36	11,61
Lüen . . . . .	11,62	10,40
Peist . . . . .	11,98	11,07
Litzirüti . . . . .	12,00	11,94
Maran . . . . .	12,15	12,51

Graphische Darstellung:



Die beiden Kurven zeigen im allgemeinen eine steigende Tendenz mit zunehmender Höhenlage, wenn man von den verhältnis-

mässig niedrigen Werten der Ernte 1944 in Luen und Peist ab-  
sicht. Die Rohfasergehalte der 1943er Ernte differieren von Sta-  
tion zu Station sehr wenig (nur um 0,79 % zwischen den Stationen  
Chur und Maran), während die Werte der Ernte 1944 etwas grö-  
sere Unterschiede auf den verschiedenen Höhenlagen aufweisen.  
In den beiden Versuchsjahren verzeichnete Maran mit 12,15 bzw.  
12,51 % Rohfaser die Höchstwerte.

Der Einfluss der Höhenlage drückt sich also bei den Rhizomen  
der *Primula veris* in einer leichten Steigerung des Rohfasergehaltes  
mit zunehmender Meereshöhe aus.

#### *f) Zusammenfassung.*

Ueberblicken wir die von den kultivierten Pflanzen  
erhaltenen Resultate, so können wir zusammenfassend folgen-  
des feststellen:

Der Wassergehalt wird bei den Blättern der *Pri-  
mula veris* und *Primula elatior* durch die Höhenlage  
wechselnd beeinflusst. Eine Zunahme können wir bis  
1250 m ü.M., dann eine Abnahme bis 1500 m ü.M. be-  
obachten. Auf den höher gelegenen Stationen ist aber  
der Verlauf der Kurven derart verschieden, dass wir  
von einem gesetzmässigen Einfluss der Höhenlage  
nicht mehr sprechen können. Die Wurzelstöcke zei-  
gen je nach Jahreszeit ein verschiedenes Verhalten  
des Wassergehaltes gegenüber dem Klimaeinfluss. Wäh-  
rend der Gehalt der Frühjahrsernten mit zunehmender Höhenlage  
eine steigende Tendenz aufweist, nimmt er bei den Herbsterten  
mit zunehmender Höhenlage ab, wobei die Nebenoptima in Litz-  
rüti nicht von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Beim Aschengehalt der Blätter von *Primula ve-  
ris* ist nur bis 1250 bzw. 1500 m ü. M. eine deutliche, aber  
wechselnde Beeinflussung durch die Höhenlage feststell-  
bar und zwar in dem Sinne, dass derselbe bis 900 m ü.M. ab-  
und dann zunimmt, um die maximalen Gehalte aller-  
dings im typisch alpinen Klima, d. h. in Höhen über 1200 m ü.M.  
zu erlangen. Da die Jahreskurven der Wurzelstöcke eine  
vollkommene Divergenz zeigen, können wir aus ihnen  
keinen gesetzmässigen Einfluss der Höhenlage in be-  
zug auf den Aschengehalt ableiten.

Der Vitamin C-Gehalt der Blätter von *Primula  
veris* erreicht nach einem anfänglichen Absinken eine Steige-  
rung bis zum Maximum, das durchwegs in der subalpinen  
Höhenlage von 1500 m ü. M. anzutreffen ist. In 1800 m  
ü. M. und in der hochalpinen Region sinkt der Gehalt  
merklich. Anlässlich unserer Besprechung des voraussichtlichen  
Einflusses der Höhenlage haben wir eine Steigerung des Vitamin  
C-Gehaltes im Gebirge als Folge der Ultraviolettstrahlung erwar-

tet. Warum bei der *Primula veris* der Höchstgehalt gerade in einer Höhe von 1500 m ü. M. auftritt, kann bis heute noch nicht befriedigend erklärt werden. Der Vitamin C-Gehalt der Blätter von *Primula elatior* zeigt in den verschiedenen Höhenlagen ein ganz anderes Verhalten. Die Gehaltskurven verlaufen zum Teil so unregelmässig, dass kein Zusammenhang zwischen Vitamin C-Gehalt und Klima feststellbar ist.

Der Saponingehalt bzw. der hämolytische Index der Wurzelstöcke der *Primula veris* ist von Station zu Station so grossen Schwankungen unterworfen, dass eine gesetzmässige Beziehung zwischen Höhenlage und hämolytischem Index nicht bestehen kann. Bei der Diskussion des mutmasslichen Einflusses der Höhenlage hatten wir eine Steigerung des Saponingehaltes erwartet, da das Saponin als Glykosid im direkten Zusammenhang mit dem Kohlehydratstoffwechsel steht und dieser durch die intensive Ultraviolettstrahlung eine Intensivierung erfahren kann. Wir konnten nicht abklären, wieso zum grossen Teil gerade das Gegenteil der Fall war (Minima in Litzirüti). Die Saponinresultate mit denjenigen der Vitamin C-Ergebnisse zu vergleichen, hat keinen Zweck, da die Bezugsgrössen bei beiden Untersuchungsmethoden verschieden sind. Was den Saponingehalt der Blattdrogen von *Primula veris* auf den verschiedenen Höhenstationen anbelangt, muss eine Schlussfolgerung unterbleiben, da nur ein einjähriges Ergebnis vorliegt, das zwar eine deutliche Optimumkurve mit einem Maximum in der Höhenlage von 1250 m ü. M. zeigt. Weitere Untersuchungen müssten dieses Resultat bestätigen, um einen für das Blatt der *Primula veris* endgültigen Schluss ziehen zu können. Die Resultate der Wurzelstöcke von *Primula elatior* sind auch unregelmässig ausgefallen, so dass wir ebenfalls keinen eindeutigen Einfluss der Höhenlage feststellen konnten, wobei der sehr hohe Wert auf dem Weisshornjoch in Analogie zu dem von K. Eymann (16) bei *Bergenia Delawayi* gefundenen hohen Arbutinwerten auffällt. Diesen einmaligen und aussergewöhnlichen Gehalt konnten wir leider nicht durch weitere Resultate bestätigen, so dass wir nur vermuten können, dass auf der höchstgelegenen Station eine enorme Steigerung der Saponinproduktion bei der *Primula elatior* stattfinden muss.

Aus den beiden dargestellten Jahreskurven ist für die Rohfaser der Rhizome der *Primula veris* eine leichte Zunahme des Gehaltes mit steigender Meereshöhe zu erkennen. Dabei hat sich auch hier das, was über den mutmasslichen Einfluss des Höhenklimas auf den Rohfasergehalt gesagt wurde, nämlich mit steigender Höhenlage eine Zunahme des Rohfasergehaltes, als richtig erwiesen.

## 2. Resultate der Wildpflanzenversuche.

Die nachfolgenden Resultate aller untersuchten wildwachsenden Pflanzen stammen aus Ernten, die zu deren Blütezeit im Frühjahr und Sommer 1944 gewonnen wurden.

### a) Wassergehalt der Frischdroge.

#### Primula veris Blatt

##### 1. Plessurtal-Profil

Analysenergebnisse:

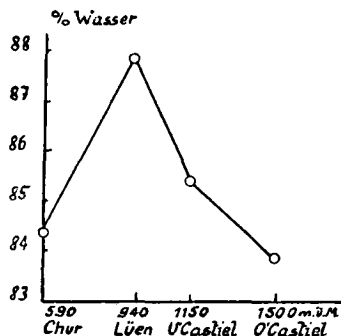
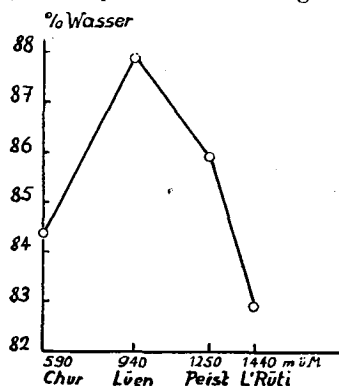
		Ernte 1944
		% Wasser
Chur	590 m	84,4
Lüen	940 m	87,9
Peist	1250 m	85,9
Litzirüti	1440 m	82,9

##### 2. Lüener-Profil

Analysenergebnisse:

		Ernte 1944
		% Wasser
Chur	590 m	84,4
Lüen	940 m	87,9
U'Castiel ca.	1150 m	85,4
O'Castiel ca.	1500 m	83,9

Graphische Darstellung:



Die beiden dargestellten Kurven verlaufen analog. Sie stellen ausgesprochene Optimumkurven dar. Die Maxima der Wassergehalte befinden sich in Lüen. Von dort fallen die Werte zu unseren höchstgelegenen Standorten, die in einer Höhenlage von 1500 m ü. M. liegen.

#### Primula veris Wurzelstock (Rhizom + Wurzel)

##### 1. Plessurtal-Profil

Analysenergebnisse:

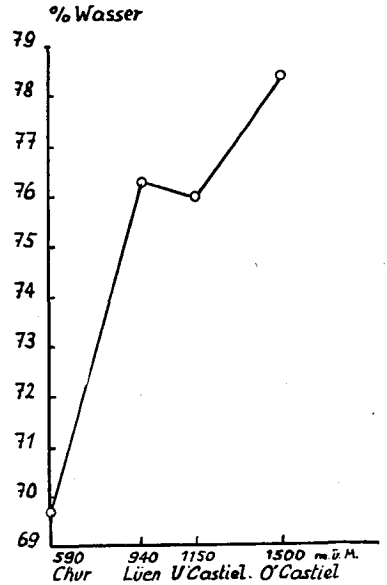
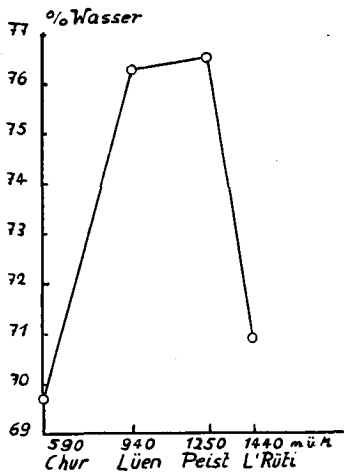
		Ernte 1944
		% Wasser
Chur	590 m	69,7
Lüen	940 m	76,3
Peist	1250 m	76,5
Litzirüti	1440 m	70,9

##### 2. Lüener-Profil

Analysenergebnisse:

		Ernte 1944
		% Wasser
Chur	590 m	69,7
Lüen	940 m	76,3
U'Castiel ca.	1150 m	76,0
O'Castiel ca.	1500 m	78,4

Graphische Darstellung :



Bis zu einer Höhe von ca. 1200 m ü. M. können bei den Wurzelstöcken ähnliche Wassergehalte auf den verschiedenen Standorten konstatiert werden. Von dieser Höhenlage an aufwärts geht aber die Entwicklung entgegengesetzt, indem im Plessurtal-Profil der Gehalt stark abnimmt, während er im Lüener-Profil zunimmt. Von einer Gesetzmässigkeit kann nicht gesprochen werden, um so weniger, als bei beiden Profilen die Gehalte der Stationen Chur und Lüen sich gleich bleiben müssen, da es sich um Parallelversuche handelt, die nur einmal ausgeführt worden sind.

*b) Aschengehalt.*

Primula veris Wurzelstock (Rhizom + Wurzel)

1. Plessurtal-Profil

Analysenergebnisse :

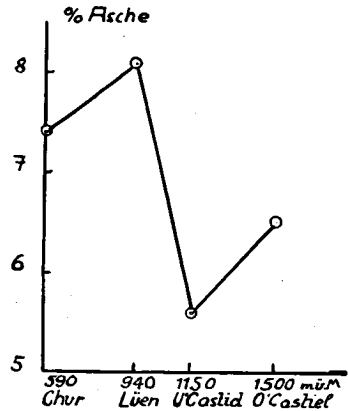
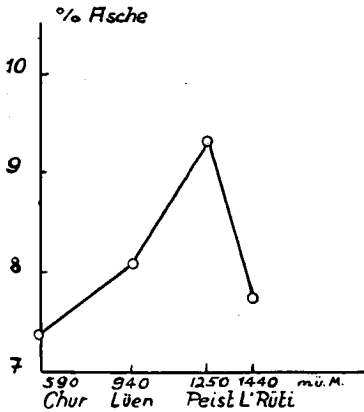
		Ernte 1944
		% Asche
Chur	590 m	7,4
Lüen	940 m	8,1
Peist	1250 m	9,3
Litzirüti	1440 m	7,75

2. Lüener-Profil

Analysenergebnisse :

		Ernte 1944
		% Asche
Chur	590 m	7,4
Lüen	940 m	8,1
U'Castiel ca.	1150 m	5,6
O'Castiel ca.	1500 m	6,5

Graphische Darstellung :



Während die erste Serie eine Optimumkurve mit einem Maximum in Peist darstellt, ist der Verlauf der Lüener-Profil-Kurve sehr unregelmässig. Auch hier ist bei beiden Profilen bei gleichbleibenden Werten in Chur und Lüen, von Lüen an aufwärts eine entgegengesetzte Entwicklung der Gehaltskurven zu konstatieren, so dass auch die Resultate der Aschengehalte keine Gesetzmässigkeit in bezug auf die Höhenlage erkennen lassen.

c) Vitamin C-Gehalt.

Primula veris Blatt

1. Plessurtal-Profil

Analysenergebnisse :

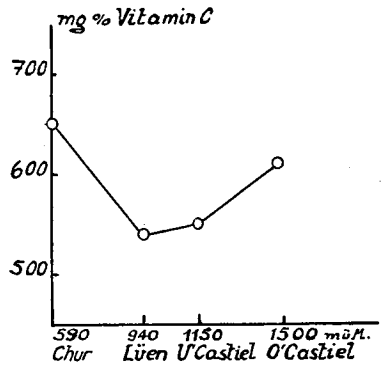
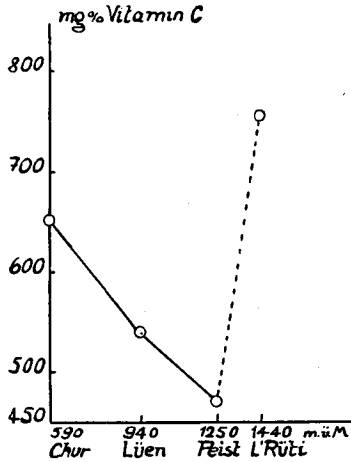
		Ernte 1944 mg % Vitamin C
Chur	590 m	650
Lüen	940 m	540
Peist	1250 m	470
Litzirüti	1440 m	755

2. Lüener-Profil

Analysenergebnisse :

		Ernte 1944 mg % Vitamin C
Chur	590 m	650
Lüen	940 m	540
U'Castiel ca.	1150 m	550
O'Castiel ca.	1500 m	620

Graphische Darstellung



Die Kurven der beiden Profile weisen gleiche Tendenzen auf. Sie sinken zunächst bis Lüen bzw. Peist, um dann bis zu den höchstgelegenen Fundorten zum Teil wieder kräftig anzusteigen. Das Resultat von Litzirüti ist dabei mit Vorsicht zu bewerten, da es aus nur drei geernteten Primula-Stöcken resultiert. Die Primula veris scheint also in der Ebene und auf den höchstgelegenen Standorten maximale Werte zu erreichen. Die Frage bleibt dabei allerdings offen, ob der Gehalt auf noch höher gelegenen Standorten (das Verbreitungsgebiet der Primula veris reicht bis 2100 m ü. M.) eine weitere Steigerung erfahren würde. In unseren Versuchsgebieten konnten zu diesem Zwecke leider keine höher gelegenen Fundorte ausfindig gemacht werden.

d) Saponingehalt.

Primula veris Wurzelstock (Rhizom + Wurzel)

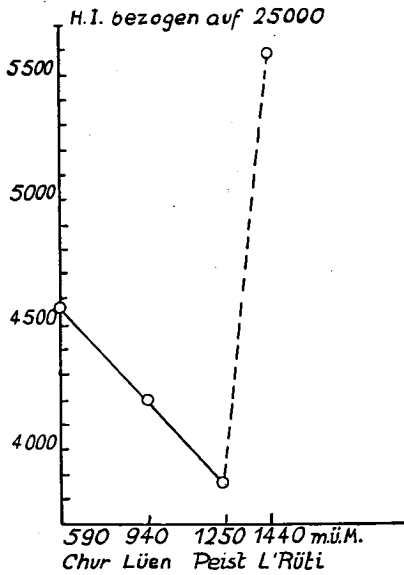
1. Plessurtal-Profil

Analysenergebnisse:

		Ernte 1944
		H. I.
Chur	590 m	4560
Lüen	940 m	4200
Peist	1250 m	3860
Litzirüti	1440 m	5580



Graphische Darstellung :

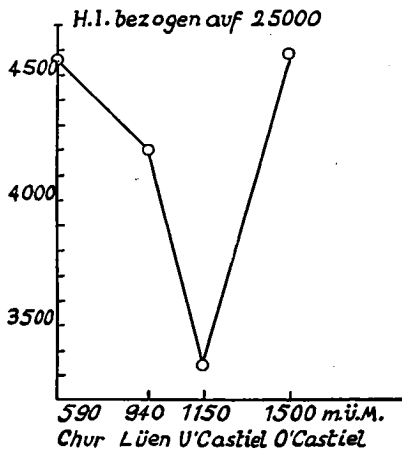


## 2. Lüener-Profil

Analysenergebnisse :

		Ernte 1944
		H. I.
Chur	590 m	4560
Lüen	940 m	4200
U'Castiel ca.	1150 m	3340
O'Castiel ca.	1500 m	4590

Graphische Darstellung :

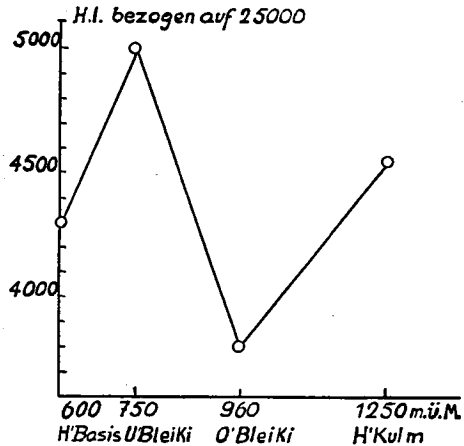


### 3. Harder-Profil

Analysenergebnisse:

		Ernte 1944
Harder-Basis	600 m	H. I. 4300
Unteres Bleiki	750 m	5000
Oberes Bleiki	960 m	3700
U'Harder-Kulm	1250 m	4570

Graphische Darstellung:



Die Gehaltskurven der beiden Schanfigger-Profile verhalten sich gleichsinnig. Sie sinken bis zu einer Höhe von ungefähr 1200 m ü. M. und erfahren von dort ein starkes Ansteigen. Der hohe Gehalt in Litzirüti ist auch hier nicht ganz zuverlässig, da er mit äusserst wenig Pflanzenmaterial ermittelt werden musste. Vergleicht man diese Kurven aber mit derjenigen des Harderprofils, einem typischen Vertikalprofil, so kann bei der wildwachsenden *Primula veris* ebenfalls kein gesetzmässiger Einfluss der Höhenlage auf den Saponingehalt festgestellt werden, da die Werte dieser Kurve von Standort zu Standort allzu grossen Schwankungen unterworfen sind.

Um auch kurz über den Einfluss des Höhenklimas auf den Saponingehalt anderer wildwachsender *Primula*-Arten (*Primula farinosa* und *Primula integrifolia*) orientiert zu sein, mögen die beiden folgenden Kurven dienen.

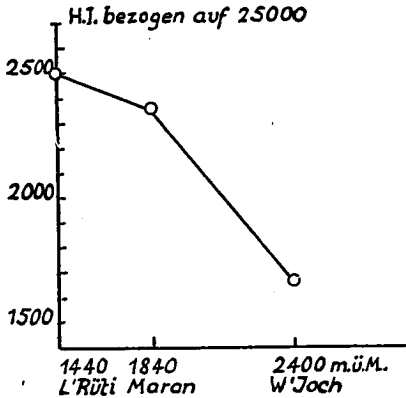
# Primula farinosa Wurzeln

## Maraner-Profil

Analysenergebnisse :

		Ernte 1944 (Blütezeit)
		H. I.
Litzirüti	1440 m	2500
Maran	1840 m	2360
Weisshornjoch	2400 m	1660

Graphische Darstellung :



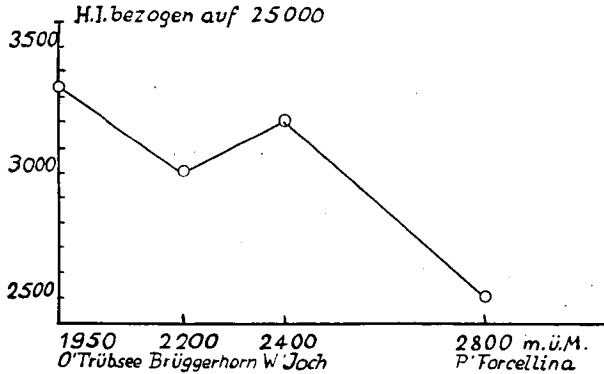
Die dargestellte Kurve erfährt mit steigender Höhe eine starke Abnahme. Die hämolytischen Indices der nur 3 Fundorte umfassenden Serie sind aber nur als Orientierung für weitere eventuelle Versuche, die vor allem auf mehreren Vertikalprofilen, dann aber auch auf tiefer gelegenen Standorten durchgeführt werden müssten, zu bewerten. Im übrigen fallen die verhältnismässig niedrigen Werte für die hämolytischen Indices auf. G. Schumann (66) hatte bei seinen Untersuchungen solche bis zu 9469 gefunden.

# Primula integrifolia Wurzelstock

Analysenergebnisse :

		Ernte 1944 (Blütezeit)
		H. I.
O'Trübsee	1950 m	3330
Brüggerhorn	2200 m	3000
Weisshornjoch	2400 m	3200
P. Forcellina	2800 m	2500

Graphische Darstellung :



Die *Primula integrifolia* zeigt ebenfalls bis zu den höchstgelegenen Fundorten ein Absinken des hämolytischen Indexes, obwohl sie zu den ausgesprochenen Alpenpflanzen zu rechnen ist. Ihr Verbreitungsgebiet liegt in den Höhenlagen zwischen 1500 und 2800 m ü. M. Wenn man von dem Nachteil, der sich aus den zum Teil sehr weit auseinanderliegenden Fundorten ergibt, absieht, kann vermutet werden, dass der H.I. der *Primula integrifolia* in ihrem unteren Verbreitungsgebiet die höchsten Werte und in ihrem oberen Verbreitungsgebiet die kleinsten Werte aufweisen kann. Eine definitive Schlussfolgerung kann erst dann erfolgen, wenn diese Resultate durch weitere Untersuchungen bestätigt worden sind.

#### e) Zusammenfassung.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Wirkstoffgehalte der auf natürlichen Standorten gewachsenen Pflanzen nicht leicht und zum Teil überhaupt nicht in eine gesetzmässige Beziehung zur Höhenlage des Fundortes zu bringen sind. Dies ist aber auch nicht verwunderlich, da rassenmässige und individuelle Schwankungen im Wirkstoffgehalt und ferner die verschiedenartigen Bodeneinflüsse das Bild des Klimaeinflusses stören können.

Ueberblickt man die Resultate der untersuchten Stoffgruppen, so kann folgendes gesagt werden:

Während der Wassergehalt der Blätter der *Primula veris* bis zu einer Höhe von 900 m ü. M. eine Steigerung und dann bis zum höchsten Fundort ein starkes Abfallen erfährt, kann der Wassergehalt der Wurzeln in keine Beziehung zur Höhenlage gebracht werden. Immerhin fällt die stark steigende Tendenz der Kurve des Lüener-Profiles auf.

Ebenso scheint der Aschengehalt der Wurzeln der *Primula veris* unabhängig von der Höhenlage des Fundortes zu sein.

Die Vitamin C-Gehalte der Blätter von *Primula veris* weisen auf den tiefst- und höchstgelegenen Standorten hohe Werte auf. Die Höhenlagen zwischen 900 bis 1200 m ü. M. scheinen für die Bildung des Vitamin C nicht vorteilhaft zu sein. Eine Erklärung für dieses Verhalten kann nicht gegeben werden, da neben den klimatischen Faktoren noch viele andere Faktoren eine Rolle spielen.

Auch beim Saponingehalt der Wurzeln von *Primula veris* besteht keine gesetzmässige Beziehung zur Höhenlage des Fundortes. Es ist allerdings festzustellen, dass die Kurven der beiden Schanfigger Profile gleichsinnig verlaufen. Die erhaltenen Werte verhalten sich nämlich wie die Vitamin C-Gehalte, d. h. sie weisen in ihren unteren und oberen Verbreitungsgebieten erhöhte Werte auf.

Die hämolytischen Indices der *Primula farinosa* und der *Primula integrifolia* nehmen mit zunehmender Höhenlage deutlich ab. *Primula integrifolia* weist dabei in ihrer unteren Verbreitungszone maximale und in ihrer oberen Verbreitungszone minimale Werte auf.

### VIII. Vergleichende Betrachtung der Resultate der Kultur- und Wildpflanzenversuche.

Nachdem wir versucht haben, die Einflüsse des Höhenklimas sowohl auf den Gehalt von kultivierten als auch auf den Gehalt von wildwachsenden Pflanzen an Hand der graphischen Darstellungen zu diskutieren, mag es ferner von einigem Interesse sein zu erfahren, inwieweit die Resultate der Kulturversuche mit denjenigen der Wildpflanzenversuche übereinstimmen. Bei übereinstimmenden Resultaten können wir eher von einer gesetzmässigen Beziehung zwischen Gebirgsklima und Wirkstoffgehalt sprechen.

Die Wassergehaltskurven der Pflanzen der Kulturversuche und der aus natürlichen Pflanzengesellschaften entnommenen Pflanzen verhalten sich zum Teil ähnlich. Besonders erfahren die Blätter in den beiden Versuchsanordnungen zunächst eine Steigerung des Wassergehaltes bis zum Maximum in 1200 m ü. M., bei den Wildpflanzenversuchen allerdings schon in 900 m ü. M., dann aber ein Abfallen bis zu den niedrigsten Werten in der Höhe von 1500 m ü. M. Die Wassergehaltskurven der Wurzeln sind dagegen recht verschieden ausgefallen, wenn man von einer gewissen Aehnlichkeit der Frühjahrskurven der Kulturversuche und der Lüener-Profilkurve, die beide eine zunehmende Tendenz der Wassergehalte mit steigender Höhenlage aufweisen, absieht.

Die Resultate der Aschengehalte der kultivierten und der wildgewachsenen Pflanzen miteinander zu vergleichen, ist

zwecklos, denn die Aschengehalte der Pflanzen, die den natürlichen Standorten entnommen worden sind, zeigen infolge der heterogenen Böden überhaupt keine gesetzmässige Beziehung zur Höhenlage.

Die Vitamin C-Gehalte sind sowohl in den Kultur- als auch in den Wildpflanzenversuchen sehr eindeutig ausgefallen. Das gleichartige Verhalten aller Kurven zeigt deutlich, dass eine Beeinflussung des Vitamin C-Gehaltes durch die Klimata der betreffenden Höhenlage, aber wohl auch durch die der Standortsklimata stattgefunden hat. Die höchsten Gehalte sind mit Ausnahme des Lüener-Wildpflanzenprofils durchwegs in 1500 m ü. M., also bereits im typisch alpinen Klima, zu finden. Es muss allerdings erwähnt werden, dass auch auf 600 m ü. M. hohe Werte gefunden worden sind, besonders in den beiden Wildpflanzenprofilen, deren Zusammenhang mit dem Klima aber im Rahmen dieser Arbeit nicht abgeklärt werden kann.

Für die Saponingehalte haben wir weder bei den Ergebnissen der Kulturversuche noch bei denjenigen der Wildpflanzenversuche einen gesetzmässigen Einfluss der Höhenlage auf die Entwicklung des Saponingehaltes feststellen können. Trotzdem auch noch andere Saponinpflanzen, wie die *Primula farinosa* und die *Primula integrifolia*, von Wildstandorten zu Vergleichszwecken untersucht worden sind, haben wir keinen klaren Einblick in bezug auf die Saponinproduktion bei steigender Höhenlage erhalten.

Die Resultate dieser Arbeit zeigen erneut, wie komplex die Verhältnisse sind, und wie verschiedenartig das Klima sogar innerhalb der gleichen Gattung sich auswirken kann. Dies zwingt uns zu der Behauptung, dass bei jeder einzelnen Pflanze die Art und Weise des Klimaeinflusses untersucht werden muss. Ebenso wichtig ist es, die erhaltenen Resultate, besonders bei kurzfristigen Versuchen, nicht zu verallgemeinern, da sonst leicht Fehlschlüsse entstehen könnten.

Weiter kann gesagt werden, dass das Höhenklima wohl als Ganzes an der Wirkstoffbildung beteiligt ist und dass einzelne Klimafaktoren kaum dafür verantwortlich gemacht werden können, was auch zu ganz falschen Ergebnissen führen würde. Immerhin bleiben die starke Temperaturerniedrigung im Gebirge und die mit zunehmender Höhenlage stark variierende Strahlung als gehaltsvermindernde oder gehaltsvermehrnde Faktoren bestehen. Da das Klima als unteilbares Ganzes auf die Wirkstoffbildung einer Pflanze einwirken kann, kann man nicht vorsichtig genug sein bei deren Beurteilung. Vor allen Dingen darf die absolute Meereshöhe nicht allzu sehr überschätzt werden, sondern es sind vielmehr die lokal bedingten klimatischen Einflüsse mit in Betracht zu ziehen, wie wir sie auch bei unseren Versuchen öfters feststellen konnten.

## IX. Vergleichende Untersuchungen über den Einfluss der Höhenlage auf die anatomischen Verhältnisse der Blätter der kultivierten *Primula veris* und *Primula elatior*.

Von vielen Pflanzen ist bekannt, dass sie je nach Standort Veränderungen im Pflanzenkörper erfahren. So weiss man z. B. vom Hanf, dass er je nach Herkunft ganz verschiedene Fasern in bezug auf Quantität und Qualität aufweisen kann. Das Klima wird neben anderen Faktoren, wie Standortsverhältnisse oder Bodenbeschaffenheit, Düngung etc., zu einem grossen Teil dafür verantwortlich sein.

Im folgenden berichten wir kurz von einigen vergleichenden Studien über die anatomischen Unterschiede der von uns auf den verschiedenen Höhenstationen im Plessurtal kultivierten *Primula veris* und *Primula elatior*. Dabei wird besonders die Anatomie der Laubblätter einer vergleichenden Betrachtung unterzogen. Es wird die Anzahl der Spaltöffnungen und die der Haare pro mm<sup>2</sup>, die Grössenverhältnisse der Spaltöffnungen, der Epidermiszellen und der Zentralbündel festgestellt.

Bekanntlich bewirkt das rauhe Hochgebirgsklima mit seinen niedrigen Temperaturen und ebenso mit seiner intensiven U.V.-Strahlung auf die Pflanzen wachstumshemmend. Daher wachsen die Pflanzen im Gebirge meistens zu gedrungenen „alpinen“ Exemplaren aus. Aus diesem Grunde schien es uns wertvoll zu erfahren, ob auch die Blätter unserer Versuchspflanzen mit steigender Meereshöhe etwelche Differenzen in ihrer Struktur und in der Grösse ihrer Elemente aufweisen, um so mehr als die Meinungen darüber auseinandergehen. Hinsichtlich der ersten Frage beschränken wir uns auf die Feststellung der Anzahl der Spaltöffnungen und der Haare pro mm<sup>2</sup>. Die Untersuchungen einer weiteren Anzahl von Pflanzenelementen hätten den Rahmen dieser Arbeit allzu sehr erweitert.

Auch bei diesen Untersuchungen, wie bei den Untersuchungen über den Wirkstoffgehalt, kann das Alpenklima die Pflanzen in so komplexer Weise beeinflussen, dass wir die Einwirkung der einzelnen Klimafaktoren auf die Anatomie der Pflanzen nicht herauslesen können. Wir beschränken uns daher darauf, die wichtigsten anatomischen Unterschiede unserer Versuchspflanzen von Höhenstation zu Höhenstation statistisch festzustellen, um dann die Ergebnisse miteinander zu vergleichen.

### 1. Die wichtigsten bisherigen Untersuchungen.

Das Problem, ob die anatomischen Verhältnisse bei den Pflanzen durch das Alpenklima beeinflusst werden, ist gegen Ende des letzten Jahrhunderts von G. Bonnier (5, 6, 7) aufgegriffen worden. Dieser Forscher hatte sich in den Jahren 1884—1895 in umfassenden und sorgfältigen Untersuchungen mit dem Einfluss der

Höhenlage auf die Anatomie der Pflanzen befasst. Zu diesem Zweck hatte G. Bonnier verschiedene Pflanzen aus einer mittleren Höhenlage in das Mont Blanc-Gebiet und zugleich auch nach Paris auf gleiche Böden verpflanzt. Neben zahlreichen physiologischen Versuchen über die Assimilation, Transpiration und Respiration hatte er auch anatomische Untersuchungen durchgeführt. Von diesen interessieren uns vor allem diejenigen, die er in bezug auf den Blattbau machte. G. Bonnier stellte fest, dass die Blätter der Alpenpflanzen im allgemeinen kleiner, dicker und meistens auch stärker behaart waren als bei Exemplaren, die in der Ebene gewachsen waren. Ferner waren die Epidermiszellen öfters kleiner und die Zahl der Spaltöffnungen war besonders auf der Blattoberseite grösser. Weiter fand er, dass das Assimilationsgewebe, vor allem das Palisadengewebe, stärker entwickelt war. Entweder waren die einzelnen Zellen länger und schmaler oder die Zahl der Schichten war eine grössere. Die Zellen enthielten mehr Chlorophyllkörner, die ausserdem dunkler grün gefärbt waren. Im Gegensatz dazu hatte M. Henrici (34) beim Alpenblatt einen deutlich geringeren Chlorophyllgehalt beobachtet.

C. Schröter (65) und später auch P. L. Lohr (46) vertreten die Ansicht, dass ein allgemeiner und durchgreifender Unterschied im Blattbau der Alpenpflanzen gegenüber den Ebenenpflanzen nicht existiert. In den Alpen sind vor allen Dingen die Standortverhältnisse der Pflanzen für die Struktur ihrer Blätter von ausschlaggebender Bedeutung. Durch die grosse Mannigfaltigkeit dieser Standortverhältnisse können die Einflüsse des alpinen Gesamtklimas vielfach übertönt werden. C. Schröter kommt daher zum Schluss, dass die Alpenpflanzen keine einheitliche ökologische Gruppe darstellen und dass ihre Charaktere teils als eine direkte physiologische Folge alpiner Bedingungen, teils als aus der Ebene mitgebrachte und im Gebirge sich als nützlich erweisende Eigenschaften zu betrachten sind, teils aber auch durch „Ausnützung akzidenteller Oekologismen“ entstanden sind. Unter dieser Einschränkung werden von C. Schröter die Resultate, die G. Bonnier erhalten hatte, als direkter Einfluss der alpinen Gesamtbedingungen betrachtet.

Dazu kommen ebenfalls die Ergebnisse von P. L. Lohr (46), der in einer ausgedehnten Arbeit die Blattanatomie der Ebenen- und Alpenpflanzen untersucht hat. P. L. Lohr stellte bei den Alpenblättern eine stärker entwickelte Kutikula, ein Ueberwiegen des dorsiventralen Blattbaues und ein dichteres Gewebe fest. Im übrigen ist auch dieser Forscher der Meinung, dass die Standortverhältnisse der Pflanzen für ihre Struktur ausschlaggebend sind.

W. Hecht (28) hatte bei seinen Arzneipflanzenversuchen auf der Schatzalp bei Davos und in Korneuburg bei Wien ebenfalls anatomische Untersuchungen durchgeführt. Er fand, dass *Datura Stramonium*, *Aconitum Napellus* und *Digitalis lutea* keine ana-



tomischen Unterschiede in bezug auf die Länge und die Breite der Epidermiszellen, auf die Spaltöffnungszahl und auf die Blattdicke aufwiesen. Einzig *Mentha piperita* und die übrigen *Digitalis*-arten zeigten geringfügige Unterschiede. W. Hecht stellt zusammenfassend fest, dass bei den alpinen Versuchspflanzen im allgemeinen keine besonders auffallenden anatomischen Differenzen gegenüber Normal- und Tieflandpflanzen festgestellt werden konnten.

In neuerer Zeit hat H. Höfer (36) beim Maulbeerbaum (*Morus alba* L.) die Unterschiede in der Faserbildung von verschiedenen Standorten, die möglichst weit voneinander waren, untersucht. Es konnte dabei festgestellt werden, dass in der Fasermenge und in der Beschaffenheit der Einzelfasern zum Teil beträchtliche Abweichungen bei den einzelnen Standorten auftraten.

## 2. Methodik.

Zur Untersuchung gelangten in einer ersten Serie solche Blätter, die zur Blütezeit und in einer zweiten Serie solche, die auf allen Stationen zur gleichen Zeit geerntet wurden. Bei der Auswahl der Blätter wurde darauf geachtet, dass möglichst gleichaltrige Blätter untersucht wurden. Die frischen Blätter wurden in eine modifizierte Carnoy-Lösung (Eisessig 10 T. + Glycerin 10 T. + Spiritus 95 % 80 T.) gelegt und darin bis zur Untersuchung aufbewahrt. Die Flächenansicht der aufgehellten Blätter erfolgte durchwegs in Chlorallactophenol (Chloralum hydratum 2 T. + Acidum lacticum 1 T. + Phenolum 1 T.).

Für die anatomische Beschreibung der Blätter der Normaldroge, besonders der *Primula veris*, verweisen wir auf die ausführliche Darstellung von A. von Lingelsheim (44). Da die Anzahl der Spaltöffnungen und auch die der Haare auf der Blattunterseite grösser ist, wurde nur diese Blattseite untersucht. Dabei wurde, wie auch bei der Feststellung der Spaltöffnungs- und Epidermisgrösse folgendermassen vorgegangen: Es wurde jeweils von 3 Blättern in der Gegend der Blattmitte ein ca. 2 cm breites Stück quer durch die ganze Blattbreite herausgeschnitten. (H. Flück [18] hatte bei seinen Untersuchungen über den diagnostischen Wert der Spaltöffnungsgrössen offizineller Blätter festgestellt, dass die Blattmitte Spaltöffnungsgrössen aufwies, deren Mittelwert demjenigen des ganzen Blattes gleichkam.) Zur Untersuchung der Zentralbündel wurde ein ähnliches Stück von der Blattbasis verwendet.

Zur Ermittlung der Spaltöffnungs- und Haarzahl pro mm<sup>2</sup> wurden auf jedem Blatt bei passender Vergrösserung 30 Gesichtsfelder ausgezählt. (Die Umrechnung der Anzahl auf 1 mm<sup>2</sup> erfolgte auf die übliche Weise, indem das dem Messfeld entsprechende Flächenstück ausgemessen wurde und die auf 1 mm<sup>2</sup> entfallenden Zählquadrate bestimmt wurden.) Der berechnete Mittelwert aus allen 3 Blättern ergab sich somit aus der Auszählung

von insgesamt 90 Gesichtsfeldern. Die Messungen der Längen und Breiten der Spaltöffnungen, Epidermiszellen, die ebenfalls nur auf der Blattunterseite durchgeführt wurden, und der Zentralbündel erfolgte so, dass auf jedem Blatt 60 Messungen mit dem Okularmikrometer gemacht wurden. Da auch bei diesen Messungen 3 Blätter berücksichtigt wurden, konnte der Mittelwert aus 180 Messungen berechnet werden.

### 3. Resultate.

Alle Grössen sind in  $\mu$  (= 1/1000 mm) angegeben; die Zahlen stellen Mittelwerte aus den verschiedenen Ablesungen und Messungen dar.

#### 1.) *Primula veris*

Ernte: Blütezeit zwischen dem 6. V. 44 und 15. VII. 44.

	Spaltöffnungen		Epidermiszellen		Zentralbündel	
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
Chur . . . . .	28,5	25,6	73,8 Max.	44,8 Max.	517	390
Lüen . . . . .	33,2 Max.	27,3 Max.	66,7	41,3	600 Max.	453 Max.
Peist . . . . .	28,1	25,6	66,0	40,4	533	400
Litzirüti . . . . .	29,7	27,0	62,5	39,5	583	440
Maran . . . . .	29,6	26,6	68,7	44,1	529	386
Weisshornjoch . . . . .	28,0 Min.	25,4 Min.	57,0 Min.	37,7 Min.	454 Min.	385 Min.

	Spaltöffnungen		Epidermiszellen		Zentralbündel	
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
Chur . . . . .	99,8 Min.	109,1				
Lüen . . . . .	165,9 Max.	111,8				
Peist . . . . .	104,0	100,9				
Litzirüti . . . . .	110,7	134,4 Max.				
Maran . . . . .	119,7	118,8				
Weisshornjoch . . . . .	129,1	82,9 Min.				

Die Zahl der Spaltöffnungen pro  $\text{mm}^2$  ist in Lüen am grössten, in Chur am kleinsten. Es treten Maximum und Minimum auf zwei benachbarten Stationen auf. Das erhaltene Resultat deckt sich nicht mit dem von G. Bonnier gefundenen, wonach die Spaltöffnungszahl im Gebirge grösser als in der Ebene war. Immerhin konnte auf unserer höchstgelegenen Station ein Ansteigen der Zahl beobachtet werden. Die Anzahl der Haare pro  $\text{mm}^2$  ist in Litzirüti am grössten. Sie nimmt also, wie auch G. Bonnier festgestellt hatte, mit zunehmender Meereshöhe zu, jedoch nur bis zu einer gewissen Höhe. Die höchstgelegene Station am Weisshorn verzeichnet den niedrigsten Wert der ganzen Versuchsserie.

Von den Grössenverhältnissen der übrigen untersuchten Blattelemente liegen einheitliche Ergebnisse vor. Die Stationen Lüen und Chur zeigen die grössten, die Station auf dem Weisshornjoch durchwegs die kleinsten Organe. Die Abnahme ist jedoch von Station zu Station nicht stetig, indem bald Litzirüti, bald Maran grössere Werte aufweisen können als tiefer gelegene Stationen.

## 2.) *Primula veris*

Ernte: Am 12.—15. VII. 44.

	Spaltöffnungen		Epidermiszellen		Zentralbündel	
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
Chur . . . . .	30,7	26,7	79,0	45,1	460	400
Lüen . . . . .	32,6 Max.	28,8 Max.	81,8 Max.	51,2 Max.	650 Max.	439 Max.
Peist . . . . .	29,3	26,9	79,4	45,1	557	403
Litzirüti . . . . .	28,8	25,6	65,0	42,1	537	432
Maran . . . . .	28,3	26,6	68,0	42,9	633	435
Weisshornjoch . . . . .	28,0 Min.	25,4 Min.	57,0 Min.	37,7 Min.	454 Min.	385 Min.

Zunächst kann konstatiert werden, dass die Ergebnisse, die von denjenigen Blättern erhalten wurden, die auf allen Stationen zur gleichen Zeit geerntet worden sind, ähnlich ausgefallen sind wie die Resultate der zur Blütezeit geernteten Blätter. Eine Ausnahme macht die Mindestzahl der Haare pro mm<sup>2</sup>, die sich von Weisshornjoch nach Lüen verschoben hat.

Die Spaltöffnungs-, Epidermiszellen- und Zentralbündelgrößen variieren ebenfalls in ähnlichem Sinne wie in der 1. Versuchsserie. In Lüen werden ohne Ausnahme die grössten und auf dem Weisshornjoch die niedrigsten Zahlen gefunden. Beim Vergleich der beiden Tabellen ist ausserdem ersichtlich, dass während des Wachstums sowohl die Anzahl als auch die Grösse der untersuchten Blattelemente zum Teil wesentlich zunehmen (Ausnahme: Anzahl der Haare).

## 3.) *Primula elatior*

Ernte: Blütezeit, zwischen dem 6. V. 44 und 15. VII. 44.

	Spaltöffnungen		Epidermiszellen		Zentralbündel	
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
Chur . . . . .	27,7	23,7	71,4 Max.	44,4 Max.	600	430
Lüen . . . . .	26,9	24,7	68,6	43,8	686 Max.	441 Max.
Peist . . . . .	26,2 Min.	23,3 Min.	67,1	42,4	529	386
Litzirüti . . . . .	27,8	24,3	62,4	41,6	557	370
Maran . . . . .	29,4 Max.	25,9 Max.	69,9	44,2	471	372
Weisshornjoch . . . . .	27,0	24,9	59,4 Min.	38,1 Min.	453 Min.	358 Min.

Die anatomischen Veränderungen mit steigender Höhenlage sind beim Blatte der *Primula elatior* für die meisten gemessenen Dimensionen gleichartig wie beim Blatte der *Primula veris*. Unterschiede weisen folgende Dimensionen auf: Die Spaltöffnungs- und Haarzahl zeigt auf der Höhe von Maran das niedrigste Resultat. In der Anzahl der Haare sind auf den verschiedenen Stationen beträchtliche Differenzen feststellbar, wobei die maximale Anzahl in Lünen die anderen bei weitem übertrifft. Wir vermuten, dass das heisse und trockene Lüenerklima, wenigstens bei der *Primula elatior*, dafür verantwortlich ist, da dichte Haarbekleidung eines der häufigsten Schutzmittel gegen Trockenheit ist.

Die Längen- und Breitenwerte der Spaltöffnungen sind schwierig in eine Beziehung zur Höhenlage zu bringen, da Peist die kleinsten und Maran die grössten Stomata aufweist. Die Werte der übrigen untersuchten Blattelemente verhalten sich in ihren Grössenverhältnissen auf den verschiedenen Höhenstufen gleich wie diejenigen der *Primula veris*, d. h. die grössten Werte für Länge und Breite der Epidermiszellen und der Zentralbündel erhielten wir in Chur und Lünen, die kleinsten auf dem Weisshornjoch.

#### Zusammenfassung.

Es sei auch hier bemerkt, dass wir die Resultate keineswegs verallgemeinern dürfen und dass sich dieselben nur auf die von uns untersuchten Pflanzen beziehen.

Zusammenfassend ist festzuhalten:

1. Bei beiden Versuchspflanzen ist die Anzahl der Spaltöffnungen pro  $\text{mm}^2$  (im Gegensatz zu den Resultaten früherer Autoren) in einer Höhenlage von 900 m ü. M. am grössten; die kleinste Anzahl tritt unabhängig von der Meereshöhe bald auf 600 m ü. M. und bald auf 1800 m ü. M. auf.

2. Die Anzahl der Haare pro  $\text{mm}^2$  Blattfläche erreicht mit Ausnahme der Werte der *Primula elatior* in der Höhe von Litzirüti auf 1440 m ü. M. ihr Maximum. Die Zahl nimmt nach oben und unten ab, wobei die minimalen Werte bald auf höher, bald auf tiefer gelegenen Stationen auftreten.

Obwohl die Resultate zum Teil recht verschieden ausgefallen sind, können wir vermuten, dass sie als Folge des alpinen Gesamtklimas zu bewerten sind, da bei unseren Versuchen alle nicht klimatischen Faktoren, besonders der Bodenfaktor, nach Möglichkeit ausgeschaltet worden sind.

3. Die Längen und Breiten der Spaltöffnungen, Epidermis- und der Zentralbündel weisen, wenn man von den Spaltöffnungsresultaten der *Primula elatior* absieht, in den Höhenlagen zwischen 600 und 900 m ü. M. die

höchsten Werte auf und erfahren mit zunehmender Meereshöhe nur eine geringe Abnahme, deutlich erst in der alpinen Region, d. h. auf 2400 m ü. M. Die wachstumshemmende Wirkung und auch die Verkleinerung der Zellelemente durch das Alpenklima kommt in den Resultaten sichtbar zum Ausdruck. Ein ähnliches Verhalten der Versuchspflanzen konnte auch makroskopisch beobachtet werden. Die Primeln entwickelten sich noch in Maran zu ebenso kräftigen und üppigen Exemplaren wie diejenigen in Chur oder Lüen, während sie auf dem Weisshorn einen kleineren und geringeren Habitus, aber dennoch ein kräftiges Wachstum zeigten.

## X. Zusammenfassung.

1. Es werden die Unterschiede zwischen Gebirgsklima und Tieflandklima in einer kurzen Uebersicht dargestellt.
2. Es werden die mutmasslichen Einflüsse des Gebirgsklimas auf den Wirkstoffgehalt, besonders auf den Gehalt von Vitamin C, Saponin, Rohfaser und Mineralstoffen auf Grund der heutigen pflanzenphysiologischen und pflanzenchemischen Kenntnisse theoretisch erörtert.
3. Es wird eine Uebersicht über die wichtigsten bisherigen Untersuchungen, die das gleiche Problem behandeln wie die vorliegenden, gegeben.
4. An Hand des Tabellenmaterials der meteorologischen Zentralanstalt in Zürich werden die Witterungsverhältnisse während der beiden Versuchsjahre diskutiert.
5. Durch eigene Temperaturmessungen nach der Methode von H. Pallmann werden während mehreren Messperioden die thermischen Verhältnisse auf unseren Versuchstationen weiter abgeklärt, wobei Lüen als die wärmste und das Weisshornjoch als die kälteste Station bezeichnet werden kann. Von Lüen nehmen die eT-Zahlen mit zunehmender Höhe beinahe konstant ab.
6. Es wird eine für Freilandversuche vereinfachte Vitamin C-Bestimmungsmethode angegeben.
7. Die Beeinflussung des Stoffwechsels der untersuchten Pflanzen (*Primula veris*, *Primula elatior*, *Primula farinosa* und *Primula integrifolia*) durch die steigende Höhenlage im Gebirge ergab folgendes:
  - 1) Bei den Kulturversuchen, die auf der Versuchsanlage zwischen Chur und dem Weisshornjoch durchgeführt worden sind, konnte festgestellt werden:

- a) Der Wassergehalt wird bei den Blättern der *Primula veris* und *Primula elatior* bis 1500 m ü. M. wechselnd bei den Wurzelstöcken je nach der Jahreszeit zunehmend oder abnehmend mit steigender Meereshöhe beeinflusst.
  - b) Der Aschengehalt der Blätter der *Primula veris* wird bis 1250 bzw. 1500 m ü. M. deutlich beeinflusst und zwar in dem Sinne, dass er bis 900 m ü. M. ab- und dann zunimmt und die maximalen Gehalte meistens in Höhenlagen über 1200 m ü. M. erreicht. Der Aschengehalt der Wurzelstöcke wird mit zunehmender Höhenlage überhaupt nicht beeinflusst.
  - c) Der Vitamin C-Gehalt der *Primula veris* erfährt nach einem anfänglichen Absinken eine Steigerung bis zum Maximum in 1500 m ü. M., dagegen zeigt er bei *Primula elatior* keine deutliche Beeinflussung durch die Höhenlage.
  - d) Die Saponine der beiden Species (*Primula veris* und *Primula elatior*) zeigen keine gesetzmässige Beeinflussung durch die Höhenlage.
  - e) Der Rohfasergehalt der *Primula veris* nimmt mit steigender Höhe leicht zu.
- 2) Bei Pflanzen, die den natürlichen Standorten entnommen worden sind, konnte folgendes festgestellt werden:
- a) Der Wassergehalt der Blätter der *Primula veris* beschreibt eine deutliche Optimumkurve mit dem Maximum auf 900 m ü. M., während beim Wassergehalt der Wurzelstöcke nicht von einer Gesetzmässigkeit gesprochen werden kann.
  - b) Die Aschengehalte der *Primula veris* scheinen unabhängig von der Höhenlage des Fundortes zu sein.
  - c) Die Vitamin C-Gehalte der *Primula veris* weisen auf den tiefst- und höchstgelegenen Fundorten höhere Werte auf als auf den Zwischenstationen.
  - d) Der Saponingehalt der *Primula veris* kann in keine gesetzmässige Beziehung zur Höhenlage gebracht werden, dagegen zeigen die hämolytischen Indices der *Primula farinosa* und der *Primula integrifolia* sinkende Tendenzen mit steigender Höhenlage.
8. Die anatomische Untersuchung der Blätter von *Primula veris* und *Primula elatior* ergab:

- 1) Die Zahl der Spaltöffnungen pro  $\text{mm}^2$  ist in der unteren Höhenlage (900 m ü. M.) und die Zahl der Haare pro  $\text{mm}^2$  in der mittleren Höhenlage (ca. 1500 m ü. M.) am grössten.
- 2) Die Längen und Breiten der Spaltöffnungen, Epidermiszellen und Zentralbündel weisen in den Höhenlagen zwischen 600—900 m ü. M. die grössten Werte auf, werden dann bis 1800 m ü. M. sehr wenig kleiner und erfahren eine deutliche Abnahme erst in den typisch alpinen Regionen, d. h. von 1800 bis 2400 m ü. M.

## Literaturverzeichnis

1. *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt*. Zürich 1943/44.
2. Bänniger A.: Untersuchungen über den Einfluss des Gebirgsklimas auf den Wirkstoffgehalt einiger Arzneipflanzen. Diss. E.T.H. Zürich (1939).
3. Bessey A. O. und King C. G.: The distribution of vitamin C in plant and animal tissues and its determination. *J. biol. Chemistry* **103**, 687 (1933).
4. Bezssonoff: zit. nach F. Gstirner: loc. cit.
5. Bonnier G.: Note sur les cultures comparées des mêmes espèces à div. altitudes. *Bull. de la soc. bot. de France* **34**, 467 (1887).
6. — Etude expérimentales de l'influence du climat alpin sur la végétation et les fonctions des plantes. *Bull. de la soc. bot. de France* **35**, 436 (1888).
7. — Cultures expérimentales dans les hautes altitudes. *C. R. Acad. Sci. t. 110*, 363 (1890).
8. Braun J. und Rübél E.: Flora von Graubünden. 7. Heft, 3. Lieferung (1934).
9. Brunner E.: Ueber den Alkaloidgehalt von *Aconitum Napellus* und *Aconitum paniculatum*. Diss. E.T.H. Zürich (1921).
10. Butz W.: Zur Methodik der Wertbestimmung saponinhaltiger Drogen und Drogenpräparate durch Bestimmung der hämolytischen Wirksamkeit. *Pharm. Acta Helv.* **9**, 296 (1945).
11. Chevalier M. und Choron Y.: zit. nach F. Gstirner: loc. cit.
12. Dastur R. H. und Solomon S.: Studie über die Wirkung blauvioletter Strahlen auf die Bildung von Kohlehydraten in Blättern. *Ann. of Botany (N. S.)* **1**, 147 (1937). Ref. C. 1937/I. 3502.
13. Dischendorfer O.: Ueber den histochemischen Nachweis von Vitamin C (1-Ascorbinsäure) in den Pflanzen *Protoplasma* **28**, 516 (1937).
14. Dorno C.: zit. nach C. Schröter: loc. cit.
15. Emmerie A. und van Eekelen M.: zit. nach F. Gstirner: loc. cit.



16. Eymann K.: Untersuchungen über den Einfluss des Gebirgsklimas auf den Stoffwechsel einiger Arzneipflanzen (unter besonderer Berücksichtigung der Wirkstoffbildung). Diss. E.T.H. Zürich (1945).
17. Flück H.: Ueber den Einfluss der Höhenlage auf den Wirkstoffgehalt von wildwachsenden Arzneipflanzen. *Pharm. Acta Helv.* 8/9, 426 (1943).
18. — Der diagnostische Wert der Spaltöffnungsgrößen offizineller Blätter. *Pharm. Acta Helv.* Nr. 7—11, 125 (1931).
19. Gessner K.: *Comentariolus de rarioribus et admirandis herbis quae Lunariae nominantur.* Zürich 1555. pag. 44.
20. Giroud A., Ratsimamanga R. und Lebgonc C. P.: Parallélisme entre la vitamine C et la chlorophylle. *C. R. Soc. biol.* 117, 612 (1934).
21. — Relation entre l'acide ascorbique et les caroténoïdes. *Bull. Soc. Chim. biol.* 18, No. 3, 573 (1936).
22. Goetz P.: *Das Strahlungsklima von Arosa.* Berlin 1926.
23. Goris A. und Métin M.: Variations de la teneur en alcalioides dans les racines d'aconit. *Bull. Sci. pharmacol.* 31, 330 (1924).
24. Goris A., Mascré M. und Vischniac Ch.: Glucosides et essences de primevère. *Bull. Sci. pharmacol.* 19, 577 (1912).
25. Gstirner F.: *Cemisch-physikalische Vitaminbestimmungsmethoden.* 3. Aufl. 1941, Verlag Enke, Stuttgart.
26. Hangartner J.: Vergleichende Untersuchungen über das synthetische und natürliche Vitamin C. Diss. Bern 1942.
27. Hecht W.: Bioklimatische Versuche zur Erforschung der Ursachen der Gehaltsschwankungen bei Arzneipflanzen. *Heil Gew.pfl.* 14, 15 (1931).
28. Hecht W., Himmelbauer W. und Koch W.: Versuche über den Einfluss der Höhenlage auf Ertrag und Gehalt einiger Arzneipflanzen. *Heil Gew.pfl.* 14, 121 (1932).
29. Hecht W.: Bioklimatische Versuche zur Erforschung der Ursachen der Gehaltsschwankungen bei Arzneipflanzen. *Heil Gew.pfl.* 16, 1 (1934).
30. Hecht W., Himmelbauer W. und München H.: Bioklimatische Versuche zur Erforschung der Ursachen der Gehaltsschwankungen bei Arzneipflanzen. *Heil Gew.pfl.* 17, 57 (1937).
31. Hecht W.: Bioklimatische Versuche zur Erforschung der Gehaltsschwankungen bei Arzneipflanzen. *Heil Gew.pfl.* 21 (1942), Heft 2.
32. Hegi G.: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa.* V. Band, 3. Teil, 1. Auflage, Verlag Lehmann, München.

33. Heller V. G.: Vitamin synthesis in plants as affected by light source. J. biol. Chemistry **76**, 499 (1938).
34. Henrici M.: Chlorophyllgehalt und Kohlensäureassimilation bei Alpen- und Ebenenpflanzen. Diss. Basel (1918).
35. Hering K.: Ueber Sarsaparillwurzeln und ihre Wertbestimmung, Arch. Pharm. **268**, 24 (1930).
36. Höfer H.: Zur weiteren Kenntnis der Maulbeerfaser. Faserforschung **15**, 49 (1941).
37. Karrer P.: Lehrbuch der organischen Chemie. 6. Aufl. (1939), Leipzig.
38. Kaufmann L.: Ueber die Herstellung einiger Arzneidrogenerpräparate von Fructus Cynosbati. Diss. E.T.H. Zürich (1943).
39. Kofler L. und Adam Ph. A.: Die Wertbestimmung der Saponindrogen. Arch. Pharm. **265**, 524 (1927).
40. Kofler L. und Dafert O.: zit. nach L. Kofler und Ph. A. Adam: loc. cit.
41. Kofler L. und Müller E.: Einfluss von Standweite und Sammelzeit auf Rhiz. filic. Arch. Pharm. **268**, 644 (1930).
42. Krupski A.: Zur Frage des Einflusses der Alpung auf das Rind. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. in Zürich, Heft 2, Jahrg. 90.
43. Kürschner K. und Hanak A.: Zur Bestimmung der Rohfaser. Z. Unters. Lebensm. **59**, 484 (1930).
44. Lingelsheim A. v.: Primula officinalis. Eine pharmakognostische Gesamtdarstellung. Heil Gew.pfl. **10**, 49 und 113 (1928).
45. Löhner M.: Vitamin C in Heil- u. Gew.pfl. Heil Gew.pfl. **20**, 17 (1941).
46. Lohr P. L.: Untersuchungen über die Blattanatomie von Alpen- und Ebenenpflanzen. Diss. Basel (1919).
47. Lundegardh H.: Klima und Boden. Jena 1930.
48. Margot A. und Reichstein T.: Primula-Saponine (Primulasäure) Pharm. Acta Helv. **6**, 113 (1942).
49. Matsuoka T.: Studies on Vitamin C. The effect of light upon the production of Vitamin C. Bull. Agr. Chem. Soc. Japan **12**, 1203 (1936).
50. Meier P.: Untersuchungen über den Einfluss der Höhenlage auf den Gehalt und den Ertrag einiger Arzneipflanzen. Diss. E.T.H. Zürich (1940).
51. Melville und Richardson: zit. nach F. Gstirner: loc. cit.
52. Menaker H. und Guerrant N.: zit. nach W. Reisner: loc. cit.
53. Mirimanoff A.: Vitamin C et chlorophylle. C. R. Acad. Sci. t. **206**, 766 (1938).

54. — Acide ascorbique et pigments caroténoïdes. C. R. Acad. Sci. t. 206, 1038 (1938).
55. Métin M.: Les variations de la teneur alcaloïdique de l'aconit Napellus. Bull. Sci. pharmacol. 33, 197 (1926).
56. Meyer O.: Untersuchungen über den Einfluss der Höhenlage auf den Gehalt von Arzneipflanzen an Inhaltsstoffen unter besonderer Berücksichtigung der aetherischen Oele. Diss. E.T.H. Zürich (1936).
57. Molisch H.: zit. nach O. Dischendorfer: loc. cit.
58. Neubauer M.: Das Vitamin C in der Pflanze. Protoplasma 33, 345 (1933).
59. Nordal A.: Ueber einige volksmedizinische Skorbutpflanzen und ihr Vitamin C-Gehalt. Nytt. Mag. Naturvidensk 79, 193 (1939), ref. Bot. C 176, 64 (1940).
60. Ott M.: zit. nach F. Gstirner: loc. cit.
61. Paech K.: Ueber den Vitamin C-Gehalt deutscher Aepfel. Z. Unters. Lebensm. 76, 234 (1938).
62. Pallmann H., Eichenberger E. und Hasler A.: Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen oder bodenkundlichen Untersuchungen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 50, 337 (1940).
63. Reisner W.: Beitrag zur Kenntnis des chemischen Verhaltens und die analytische Bestimmung der 1-Ascorbinsäure. Diss. München (1926).
64. Richter H.: Untersuchung der Saponinwirkung in den Pflanzen und ihre Abhängigkeit von inneren und äusseren Faktoren. Beitrag z. Biologie der Pfl. 20, 255 (1933).
65. Schröter C.: Das Pflanzenleben der Alpen. 2. Aufl. Zürich (1923).
66. Schumann G.: Untersuchungen an Primelarten auf Saponingehalt und dessen Schwankungen. Diss. Hamburg (1941).
67. Senn G.: Untersuchungen über die Physiologie der Alpenpflanzen. Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges. Bern II, S. 154 (1922).
68. Siebert F.: zit. nach F. Gstirner: loc. cit. Diss. Frankfurt a. M. (1931).
69. Strohecker R.: Ueber die Bildung, Entstehung und das örtliche Vorkommen von Vitamin C in den pflanzlichen Geweben. Z. Unters. Lebensmittel 70, 76 (1935).
70. Sugawara T.: Studies on the formation of ascorbid acid (Vitamin C) in plants. Japanese Journal of botany 10, 141 (1939/40).
71. Tauber H. und Kleiner J.: zit. nach F. Gstirner: loc. cit.
72. Thaler H. und Malzer A.: Die Bestimmung der Rohfaser nach K. Scharrer. Z. Unters. Lebensm. 83, 141 (1942).

73. Tillmans J.: Ueber die Bestimmung der elektr. Reduktionspotentiale und ihre Anwendung in der Lebensmittelchemie. Z. Unters. Lebensm. **54**, 33 (1927).
74. — Das antiscorbutische Vitamin. Z. Unters. Lebensm. **60**, 34 (1930).
75. Virtanen A., v. Hausen S. und Saastemoinen S.: Untersuchungen über die Vitaminbildung in den Pflanzen. Biochem. Zeitschr. **267**, 179 (1933).
76. Wasicky R.: Physiopharmakognosie. Wien 1932.
77. Wüst A.: Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Schweizerböden auf Ertrag und Gehalt einiger Arzneipflanzen. Diss. E.T.H. Zürich (1940).
78. Zeller A.: Untersuchungen über Chlorophyllgehalt, Trockengewicht und Aschengehalt in Abhängigkeit von Seehöhe und Jahreszeit. Beihefte zum Bot. C **54 A**, 19 (1936).

### **Curriculum vitae.**

Als Sohn des Apothekers Paul Engi und der Susanna geb. Gredig, wurde ich, Erhard Engi, am 24. Juni 1915 in St. Moritz geboren. Ich bin Bürger von Davos. Die Primarschule besuchte ich in Meilen, anschliessend das kantonale Gymnasium in Zürich und schloss im Sommer 1935 an der Kantonsschule in Chur mit der Matura ab. Dann wandte ich mich dem Studium der Pharmazie zu, das ich, mit Ausnahme des bei Herrn Dr. F. Hauser in der Neumünsterapotheke in Zürich durchlaufenen Praktikums und Assistentenjahres, an der E.T.H. in Zürich absolvierte, wo ich im Frühjahr 1942 das pharmazeutische Staatsexamen bestand. Nachher war ich in verschiedenen Apotheken tätig und beschäftigte mich gleichzeitig, mehrmals durch den Aktivdienst unterbrochen, unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. H. Flück, mit der Ausarbeitung der vorliegenden Arbeit, die ich im Dezember 1945 abschloss.