

Zeitschrift:	Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires
Herausgeber:	Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte
Band:	89 (1947)
Heft:	11
Artikel:	Beziehungen zwischen Bodenbeschaffenheit und Gehalt des Futters an lebensnotwendigen Mineralstoffen [Schluss]
Autor:	Krupski, A. / Huber, H. / Grünigen, F. von
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-588045

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 16.01.2026

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

SCHWEIZER ARCHIV FÜR TIERHEILKUNDE

Herausgegeben von der Gesellschaft Schweizerischer Tierärzte

LXXXIX. Bd. November 1947 11. Heft

Aus der Beobachtungsstation für Rinder und aus dem Institut für interne Vet.-Medizin der Universität Zürich, aus dem Mineralogisch-Petrographischen Institut der E.T.H. und aus der Eidg. Agrikulturchem. Anstalt Liebefeld, Bern.

Beziehungen zwischen Bodenbeschaffenheit und Gehalt des Futters an lebensnotwendigen Mineralstoffen.

Untersuchungen auf Alpweiden, Mayens und in Dörfern des Val d'Hérens, Valais. Zugleich Beitrag zur Frage des Einflusses der Alpung und des ortsgebundenen Futters auf das Rind.

Von A. Krupski, H. Huber, F. von Grünigen,
F. de Quervain und H. Ulrich.

(Schluß)

IV. Einige besondere Merkmale der Bodenproben der Alpweiden Le Prélét und Cotter.

Es war möglich, Bodenproben, die im Sommer 1944 auf den Alpen Le Prélét und Cotter gesammelt worden waren, etwas genauer zu verarbeiten (Karte III). Allerdings waren dabei noch nicht in so ausführlicher Weise auch die Pflanzengesellschaften und Pflanzenaschenzusammensetzungen im Zusammenhang mit den Proben der Bodentypen untersucht worden, wie es im Sommer 1945 auf den übrigen Alpgebieten möglich war. Die Böden der Alpen liegen teils auf Talgletschermoräne, zum großen Teil auf Bündnerschiefer und einige im Serpentinschutt der Pointe du Prélét.

A. Die Bodenstruktur.

Die mechanische Bodenanalyse ergab folgende Resultate:

Im allgemeinen großer Anteil des Bodenskelettes bei genereller Zunahme mit der Bodentiefe; keine Horizontbildung; gleichmäßige

Karte III.

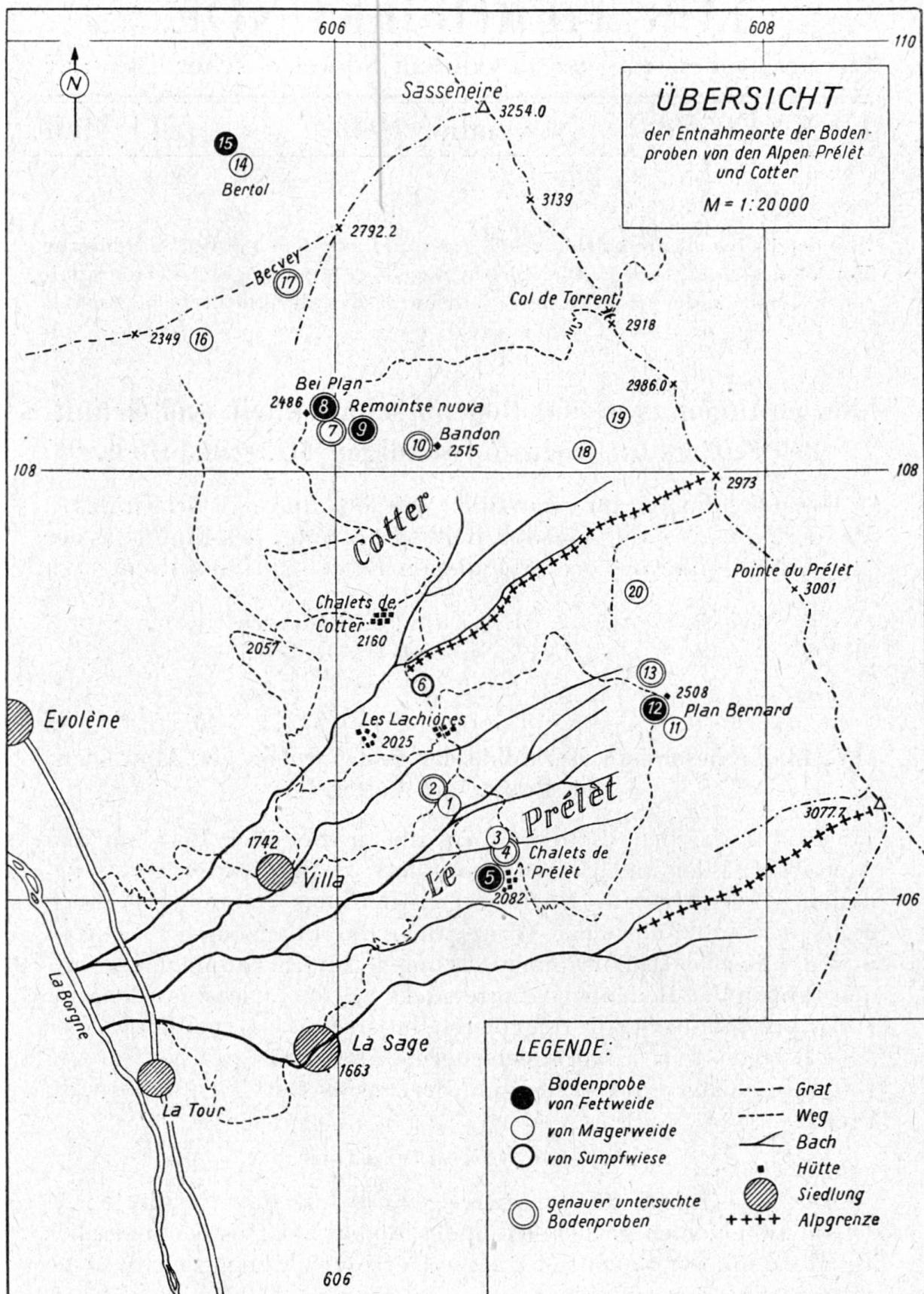
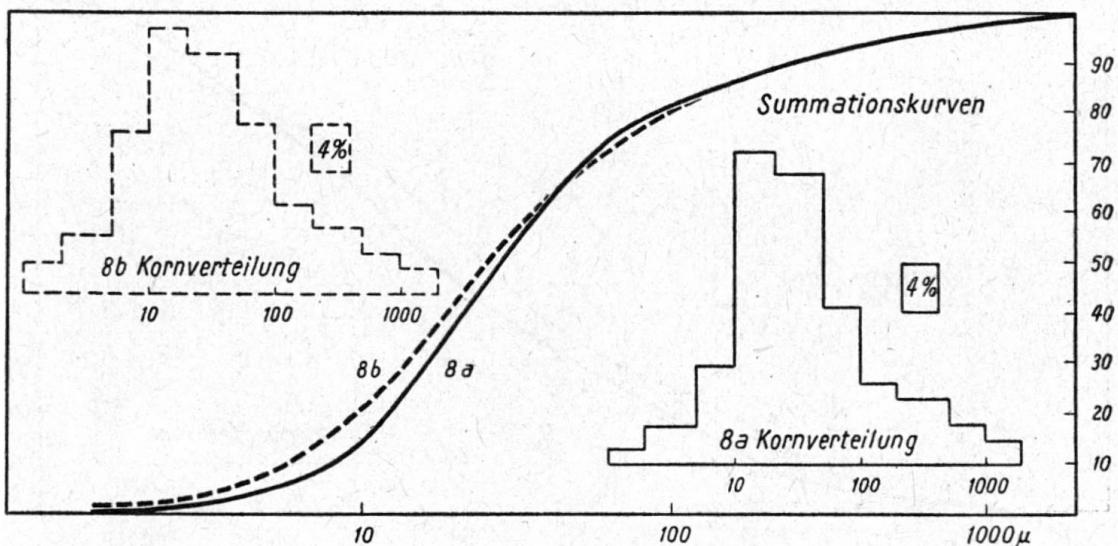
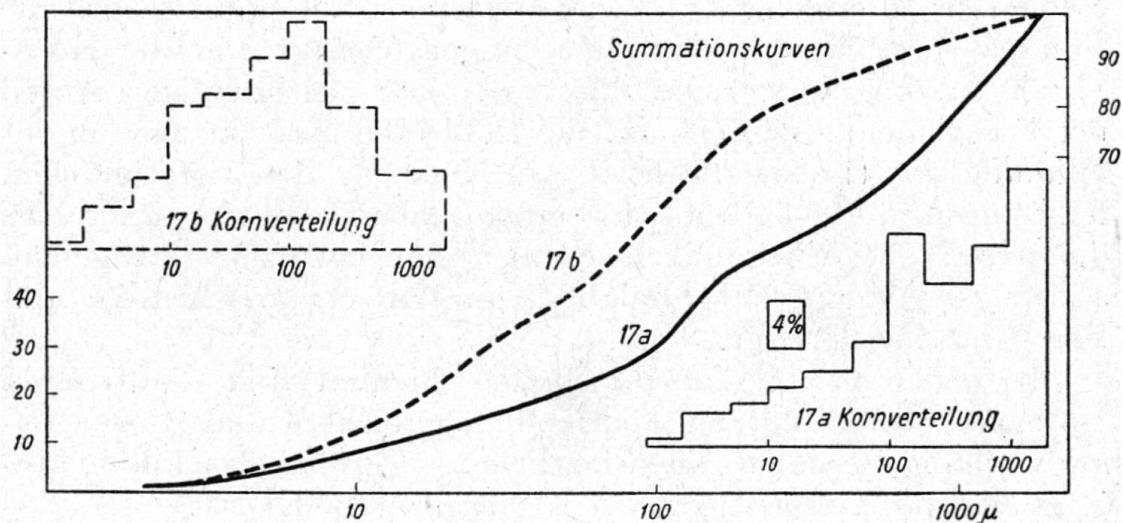


Diagramm 3¹⁾.

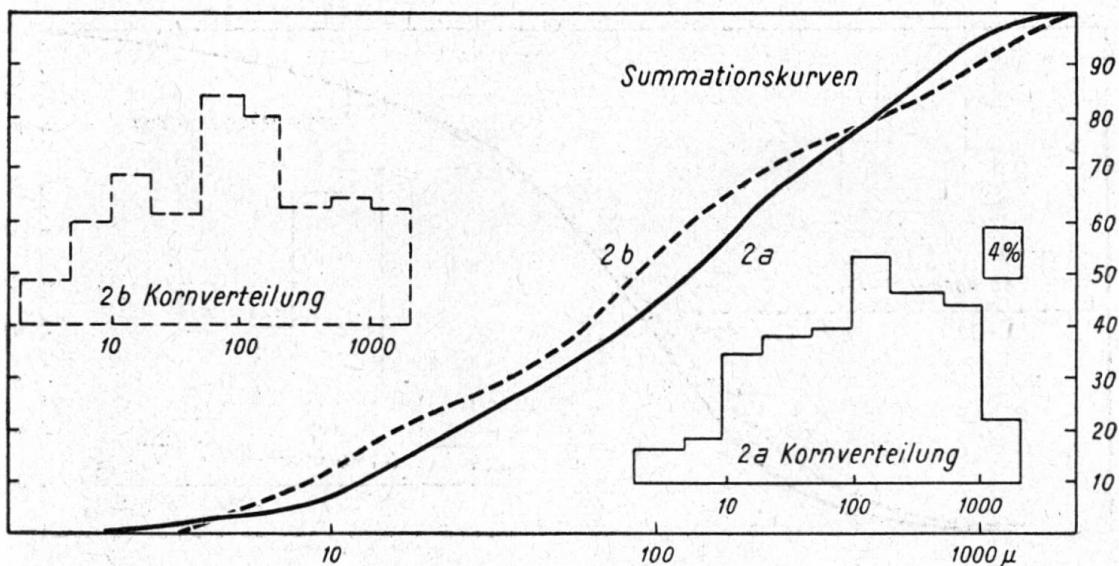
Abnahme des Humusgehaltes mit der Bodentiefe bei Braunerde- und Bündnerschieferböden; damit im Zusammenhang Aufhellung der Bodenfarbe in größerer Bodentiefe. In den Bündnerschiefer-

Diagramm 4²⁾.

¹⁾ Korngrößendarstellung (als Summationskurve und als Kornverteilung der einzelnen Fraktionen) der Feinerde von Probe 8 (Bei Plan, Alp Cotter, Karte III). a = Probe aus 0—15 cm Tiefe, b = Probe aus 20—30 cm Tiefe.

Ordinate: Gewichtsprozente; Abszisse: Korngröße in $\mu = \frac{1}{1000}$ mm, Maßstab logarithmisch.

²⁾ Korngrößendarstellung (wie Diagr. 3) der Feinerde von Probe 17 (Beevey, Cotter, Karte III). a = Probe aus 0—15 cm Tiefe, b = Probe aus 20—30 cm Tiefe.

Diagramm 5¹⁾.

böden herrschen dunkle Farbtöne, in Böden auf Serpentinen und kristallinen Gesteinen hellgelbbraune Färbungen vor.

Kombinierte Sieb- und Aerometeranalysen der Feinerdebestandteile dieser Böden ließen folgendes erkennen:

α) Das Ausgangsmaterial war im allgemeinen schlecht aufbereitet, wie es bei gleichmäßiger Verwitterung anstehender Gesteine oder Moränenmaterials zu erwarten ist. Deshalb zeigen die Summationskurven nahezu geradlinigen Verlauf und die Kornverteilungsdiagramme sind durch ziemlich gleichmäßigen Anteil der Fraktionen ausgezeichnet. Bei Rohböden herrscht auch in der Feinerde die Grobsandfraktion vor. Nur bei den tiefgründigen, feintonigen Rohböden auf Schwemmkugeln und Alluvionen herrscht die Schlufffraktion vor und die Summationskurve zeigt demgemäß s-förmigen Verlauf mit Steilabfall im Bereich zwischen 2μ und 20μ Korndurchmesser.

β) Gegenüber den oberen Bodenschichten sind die tieferen Horizonte durchwegs an Feinsand angereichert und diese Ausschlammung ist um so offensichtlicher, je größer das Filter, also je größer der Anteil an groben Körnern im Boden ist.

Diagramm 1 gibt die drei typischen Kornverteilungsdiagramme schematisch wieder. Als feintoniges Rohbodendiagramm mit guter Aufbereitung kann Nr. 8 der Karte III (Diagr. 3) gelten. Nr. 17, Karte III, ein typischer Kalkglimmerschieferrohboden mit sehr reichlich Skelettanteil (Diagr. 4) zeigt die starke Durchbiegung der

¹⁾ Korngrößendarstellung (wie Diagr. 3) der Feinerde von Probe 2 (Le Prélét, Karte III). a = Probe aus 0—15 cm Tiefe, b = Probe aus 20—30 cm Tiefe.

Kurve im Grobsandabschnitt und den großen Betrag der Feinsandverschlemung in die tieferen Bodenschichten an. Nr. 2, Karte III, schließlich (Diagr. 5) ist durch nahezu linearen Verlauf und gleichmäßige Kornverteilung ausgezeichnet.

B. Mineralzusammensetzung und Zusammenhang mit den Skeletteigenschaften.

Betreffend die Mineralzusammensetzung der Feinerde gilt, daß sie im großen und ganzen der Skelettzusammensetzung entspricht. Dies gilt vor allem für die silikatischen Mineralien. Besonders in den grünschieferreichen Böden sind auch die Feinerden reich an Grüngesteinsmineralien wie Chlorit, Epidot, Hornblende, Serpentin. Der verwitterungsbeständige Quarz ist oft in der Feinerde sehr stark angereichert, während die Glimmermineralien (insbesondere Serizit) vor allem in den feintonigen Rohböden und in der in die Tiefe verfrachteten, schluffreichen Fraktion relativ angereichert sind.

In großen Zügen aber kann man sich auf Grund einer sorgfältigen Analyse des Gesteinsmaterials ein zutreffendes Bild von der Mineralzusammensetzung des Bodens machen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß die Karbonate ein besonderes Verhalten zeigen. Schon im Bodenskelett sind sie in den oberen Bodenschichten bedeutend weniger reichlich vertreten. Es sind nur noch porös zersetzte Kalkglimmerschieferreste vorhanden. Auch in größerer Bodentiefe ist in der feineren Fraktion eine Verarmung an Karbonaten festzustellen. Alle oberen Bodenhorizonte sind vollständig entkalkt und auch die tieferen Bodenschichten haben, sogar bei überwiegend Kalken im Bodenskelett, in der Feinerde wenig Kalkspatkörner.

Dies zeigt, daß das Kalziumkarbonat im Boden gelöst und in größere Tiefen verfrachtet wurde, ohne im Bereich des eigentlichen Bodenhorizontes wieder ausgeschieden zu werden. Diese Stoffverschiebung ist also nicht auf mechanische Verlagerung wie bei den Glimmermineralien zurückzuführen.

C. Humusgehalt und Verteilung.

Trotz dem eher humiden Klima der Alpgebiete Le Prélèt und Cotter (Sommerregenfaktoren 150 bis 400) haben die Böden stark unter der Trockenheit zu leiden. Dies beruht auf ihrem geringen Anteil an Ton und Humus, was die Wasserkapazität herabsetzt und eine große Durchlässigkeit bedingt.

Die Humusgehalte der oberen Bodenschichten sind ziemlich ausgeglichen und schwanken etwa um 12%, während in größerer Bodentiefe die Böden auf Silikatgrundlage (Braunerdeböden und Grüngesteinsrohböden) bedeutend humusreicher sind als die Böden mit reichlich Karbonatgesteinen. Bei fortschreitendem Reifeprozeß der Böden ist entsprechend dem humiden Klima zu erwarten, daß noch eine weitere Humusanreicherung erfolgen und eine Humusverlagerung (durch Anfänge der Podsolierung) Platz greifen wird. Ein Gleichgewicht zwischen Humusabbau und Humusproduktion wird sich aber wohl bei tieferen Humusgehalten (15 bis 20%) als im Nationalparkgebiet (14), wo dieses Gleichgewicht bei 20 bis 30% Humus liegt, einstellen.

In Sumpfböden und hochgelegenen Humussilikatböden sind aber auch im Val d'Hérens hohe Humusgehalte möglich, z. B.:

		oben	unten
Sumpfweide Les Lachiores (Nr. 6, Le Prélèt) ¹⁾		25	9½% Humus inkl. H ₂ O ⁺
Rohboden mit Curvuletum, Bricola (Nr. 45) ²⁾		22,6	—

Humusgehalte der Böden der Alpweiden Le Prélèt und Cotter.

Nr. der Probe ¹⁾	Humusgehalt inkl. H ₂ O ⁺		H. ü. M.	% Karbonate (unten)	
	oben	unten		Kalkspat	Dolomit
1. Karbonatreiche Böden:					
17	6,0	2,6	2650	32,7	3,8
16	11,0	4,6	2450	17,5	5,4
9	10,1	0,7	2500	14,5	32,8
2. Karbonatarme und -freie Böden:					
14	15,2	14,1	2560		
13	12,2	7,9	2550		
12	8,1	7,5	2508		
10	9,9	4,8	2500		
8	10,9	7,3	2480		
7	11,2	5,8	2480		
5	10,3	8,3	2060		
4	8,9	5,6	2100		
2	12,3	7,3	2080		
1	8,1	7,9	2060		
Mittel: 7,7		Variation: 5 bis 15%			

¹⁾ siehe Karte III.

²⁾ siehe Karte II.

Es besteht keine Abhängigkeit zwischen der Meereshöhe und dem Humusgehalt, ein Hinweis darauf, daß besonders in den höheren Lagen die Böden noch in voller Entwicklung begriffen sind.

D. Einige chemische Daten der Böden der Alpweiden Le Prélèt und Cotter und ihre Beziehungen zum Mineralbestand und Humusgehalt.

1. Das Verhalten der Phosphorsäure.

Im Hinblick auf die Bedeutung für den tierischen Organismus und die Entstehung gewisser Mangelkrankheiten wurde dem Verhalten der Phosphorsäure im Boden besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Aus den Gesteinsanalysen geht hervor, daß P_2O_5 nirgends in größeren (1% übersteigenden) Mengen auftritt. Bei mechanischem Gesteinszerfall bleiben, wie die Untersuchungen P. Niggis an Gestein und Grus verschiedenartiger Gesteinstypen unter wechselnden klimatischen Bedingungen gezeigt haben, die P_2O_5 -Werte nahezu unverändert. Dort wo Abweichungen auftreten, sind sie nicht gesetzmäßiger Art. Man findet sowohl Anreicherung, als Verarmung an P_2O_5 . Aus diesen Gründen war als Ausgangspunkt für die Ermittlung des Verhaltens der Phosphorsäure im Boden ihre Bestimmung in zwei Mischproben der Skelettbestandteile aller genauer untersuchten Fett- und Magerweidestellen notwendig.

P_2O_5 -Gehalte des Bodenskelettes.

Magerweiden (Mischprobe aus Nr. 4, 10, 13, 17 der Karte III)	0,04 Gew.% P_2O_5
Fettweiden (Mischprobe aus Nr. 5, 8, 9, 12 der Karte III)	0,05 Gew.% P_2O_5

Wir haben im Mager- und Fettweideskelett also nahezu gleiche P_2O_5 -Gehalte. Sie sind gegenüber den Gehalten in Arollagneisen und Prasiniten klein und wurden wohl durch Serpentin- und Karbonatgestein-Beimengung heruntergedrückt. Über das Verhalten der Phosphorsäure in der Feinerde geben die Analysen der Fett- und Magerweidebodenproben Aufschluß.

Während beim Skelett- P_2O_5 keine Abhängigkeit vom Düngungszustand festgestellt werden kann, ist der P-Gehalt der Feinerde der fetten Böden deutlich höher als der entsprechende Wert der Magerweiden. Es wurden durchwegs die für die Pflanzenernährung in erster Linie

P₂O₅-Gehalte der Feinerde in der Bodenkrume (Säurelösliches P₂O₅).

I. Fettweiden				II. Magerweiden			
Nr. der Probe ¹⁾	P ₂ O ₅	P	m ü. M.	Nr. der Probe ¹⁾	P ₂ O ₅	P	m ü. M.
5	0,19	0,083	2060	10	0,12	0,052	2500
8	0,15	0,066	2480	13	0,11	0,048	2550
9	0,14	0,061	2500	17	0,10	0,044	2650
12	0,13	0,057	2508	4	0,09	0,039	2100
Mittel: 0,15 Gew. %				Mittel: 0,105 Gew. %			

in Frage kommenden und durch die Düngung besonders stark beeinflußten, oberen Bodenhorizonte untersucht.

Verglichen mit Kulturböden ist der P₂O₅-Gehalt der Fettweiden mittelhoch, derjenige der Magerweiden gering. [Mittel der P₂O₅-Gehalte der Kulturböden der Schweiz (Gisiger, Zit. nach 11) 0,14%.]

Die Rohböden der alpinen Stufe des Lötschenberggebietes besitzen nach A. Meyer (19) ähnliche und höhere P₂O₅-Gehalte (0,09, 0,22, 0,36%), während in den ausgereiften Podsolen der Furka und des Engadins (19,13) die P₂O₅-Werte nur im Orthsteinhorizont vergleichbare, in den oberen Bodenschichten aber bedeutend geringere Größe zeigten (bis maximal 0,11%, meist um 0,01 bis 0,03%). Dies bestätigt, daß die Podsolierung in unseren Böden noch nicht sehr weit fortgeschritten ist, was mit dem Feldbefund in Übereinstimmung steht. Bei Probe Nr. 4 (siehe Karte III), wo im Feld eine leichte Podsolierung beobachtet werden konnte, ist denn auch der P₂O₅-Gehalt am kleinsten.

Im Vergleich zu den Skelett-P₂O₅-Gehalten ist bei den Fett- und Magerweiden eine bedeutende Anreicherung an P₂O₅ bei der Bodenbildung erfolgt. Sie wird auf die Humusansammlung in der oberen Bodenschicht und (bei den Fettweiden) in verstärktem Maße auf die animalische Düngung zurückzuführen sein. Dazu ist zu bemerken, daß beim Rind große P-Mengen nicht im Urin, sondern im Kot ausgeschieden werden.

In Fettweideböden erreicht die P₂O₅-Anreicherung allerdings nicht das auf Grund der Düngung zu erwartende Ausmaß. Trotzdem profitieren die Pflanzengesellschaften vom etwas höheren P₂O₅-Gehalt der Fettweide, denn in ihrer Asche ist die Phosphorsäure gegenüber der Magerweidevegetation in ähnlichem Verhältnis wie

¹⁾ siehe Karte III.

in den Böden angereichert. Besonders bedeutungsvoll ist der maximale P_2O_5 -Gehalt in der Probe Nr. 5 (siehe Karte III) (Chalets de Prélét): 0,19%, die aus einer gepflegten, systematisch gedüngten Fettweide stammt. Für die Bestimmung der leicht löslichen Phosphorsäure wurden die Bodenproben mit CO_2 -gesättigtem Wasser ausgeschüttelt. Die Fettweideböden liefern eher kleinere Werte als die Magerweiden. Vielleicht ist bei besserer Krümelung und weniger starker Versauerung das P_2O_5 in Form basischer Phosphate (in den Fettweiden) besser an die Bodenteilchen gebunden.

**Gehalt an CO_2 -wasserlöslicher Phosphorsäure und ihre Beziehung
zum Humusgehalt des Bodens**

1 = 0,001 Gew. % P_2O_5

Nr. der Probe ¹⁾	P_2O_5		Humus Gew. %	
	oben	unten	oben	unten
Fettweiden:				
5	0,17	0,15	10,3	8,3
8	0,21	0,06	10,9	7,3
9	0,03	0,05	10,1	4,0
12	0,07	0,08	8,1	7,6
15	0,14	0,05	4,7	5,2
Magerweiden:				
1	0,22	0,17	8	7,9
2	0,19	0,04	12,3	7,3
3	0,19	—	11,4	—
4	0,22	0,13 0,10	8,9 6,7	5,6
7	0,23	—	11,2	5,8
10	0,17	—	9,9	4,8
11	0,20	—	12,8	—
13	0,29	0,11	12,3	7,9
14	0,35	0,11	15,2	14,1
16	0,18	—	10,0	3,0
17	0,09	0,06	7,0	3,1
Sumpfweiden:				
6	0,45	0,15	25	9,5

Die leicht lösliche Phosphorsäure scheint deutlich abhängig vom Gehalt an organischer Substanz zu sein und dürfte z. T. aus deren Zersetzungprodukten stammen. Man erkennt demgemäß auch eine Abnahme ihres Gehaltes mit der Bodentiefe und Maximalwerte in den humusreichen Sumpfweideböden, welche aber ganz schlechtes, P_2O_5 -armes Gras liefert haben. In Übereinstimmung

¹⁾ siehe Karte III.

damit stellten wir in pulverisierten Gesteinsproben der Alpböden wesentlich kleinere Werte an leicht löslicher Phosphorsäure fest.

Gehalt an CO_2 -wasserlöslicher P_2O_5 in:

Arollagneis	0,03	mgr/100 g
Kalkglimmerschiefer	0,04	„
Prasinit	0,05	„

2. Das Verhalten der Erdalkalien.

Während bei der Beurteilung des Phosphorsäurehaushaltes, infolge der geringen P-Menge, allein auf die chemische Analyse abgestellt werden konnte, haben wir bei den Erdalkalien die Möglichkeit, Mineralzusammensetzung, chemische Analyse und die Gehalte in den Pflanzenaschen zu vergleichen.

Die Mineralanalyse ließ eine starke Verarmung an Karbonat in den oberen Bodenhorizonten erkennen. Nun ist aber zu berücksichtigen, daß als Lieferanten für CaO und MgO auch die Silikate, und zwar in unseren Böden vor allem die dunklen Gemengteile der Grüngesteine wie Epidot, Hornblende, Chlorit und Serpentin für das MgO, und die zersetzen Plagioklase und ihre Umwandlungsprodukte für CaO in Frage kommen. In der Tat kann man denn auch eine enge Beziehung vor allem des MgO-Gehaltes zum Anteil an Grüngesteinen feststellen, während der CaO-Gehalt nur bei reichlicher Karbonatführung des Bodens hoch ist. Aus der folgenden Tabelle sind diese Zusammenhänge klar ersichtlich.

Erdalkali-, Grüngestein- und Karbonatgesteingeinhalte der Böden (in %).

Nr. der Probe ¹⁾	CaO	MgO	CO_2	Grüngesteine u. Mineralien	Karbonatgesteine
Fettweide:					
12	0,47	5,79	—	41/12	—
5	0,79	3,39	—	18/15	—
8	0,81	3,37	—	9/ 6	5
9 a oben	0,56	1,22	—	—/ 3	6
9 b unten	18,1	7,2 (aus Dolomit)	22,0	1/ 4	87 davon 28 Dolomit
Magerweide:					
13	0,29	2,39	—	5/ 8	—
4	0,42	1,75	—	15/13	—
10	0,29	1,75	—	—/ 7	—
17 a oben	0,31	1,61	—	5/ 1	4
17 b unten	19,5	0,8	16,2	—/—	88

1) siehe Karte III.

Hohe MgO-Gehalte sind bei großen Grünschiefer- und Serpentinanteilen, kleine Gehalte bei geringem Anteil an basischen, magnesiumreichen Gesteinen festzustellen. In der oberen Bodenkrume überwiegt das MgO ganz bedeutend über die Kalkerde. Die Ca.-Gehalte sind klein. In tieferen Bodenhorizonten ist bei Dolomitgehalt das Mg in der Feinerde verhältnismäßig weniger ausgelaugt als der Kalk. Das wird deutlich, wenn wir Analyse 9b (unten) umrechnen, und mit dem Anteil an Karbonatgesteinen vergleichen.

	Kalzit	Dolomit	Kalkglimmerschiefer und Kalke	Dolomite
9b unten	14,5 berechnete Gew. %	32,8	51	28

Ferner sieht man aus obenstehender Tabelle, daß auch merkliche Karbonatgesteinsanteile im Bodenskelett auf den Kalkgehalt der Feinerde keinen Einfluß haben. Gerade die Proben 9a und 17a (oben) auf kalkigem Bündnerschiefer zeigen eher mittlere bis kleine CaO-Werte.

Aus der Gegenüberstellung der Analysenwerte benachbarter Fett- und Magerweideböden mit ihren jeweils ähnlichen Mineralbeständen kann man sehr schön erkennen, daß in den Fettweideböden durchwegs sowohl die Erdalkali- als auch die P₂O₅-Werte größer sind. Dabei werden die Erdalkaligehalte etwa verdoppelt.

**Erdalkali- und P₂O₅-Gehalte benachbarter Fett- und Magerweideböden
der Alpen Le Prélét und Cotter (in %).**

Probe Nr. ¹⁾	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Quarz	Feldspat	Glimmer	Grün gest.-min.	Ton-schiefer
4 mager	0,42	1,75	0,09	31	29	20	14	3
5 fett	0,79	3,39	0,19	35	28	12	18	4
10 mager	0,29	1,75	0,12	48	4	30	4	9
8 fett	0,81	3,37	0,15	42	3	34	6	9
13 mager	0,29	2,39	0,11	45	14	17	7	16
12 fett	0,47	5,79	0,13	34	7	20	12	21

¹⁾ siehe Karte III.

Der Vergleich mit den Erdalkaligehalten der Lötschentaler- und Engadinerböden zeigt, daß sowohl Kalk als auch vor allem Magnesium in unseren Böden beträchtlich höher sind. Besonders ausgeprägt sind die Unterschiede gegenüber den oberen Horizonten der Podsolböden.

Zusammenfassend läßt sich über die chemischen Eigenschaften der Böden der Alpweiden Le Prélèt und Cotter folgendes aussagen:

Bei der Berücksichtigung der leichten Löslichkeit und Auswaschung der Karbonate sind enge Beziehungen zwischen dem Mineralbestand des Ausgangsmaterials und des Bodens vorhanden. Dies gilt besonders für die Grüngesteinsminerale, während der Quarz und die Glimmerminerale sich in der Feinerde und in den tieferen Bodenschichten etwas anreichern können.

Während bei den Alpböden Mg im Überfluß und Ca (besonders bei Berücksichtigung der Durchwurzelung größerer Bodentiefen) in genügender Menge vorhanden ist, besteht vor allem bei den Magerweiden ein ausgesprochener P-Mangel. Die Probe Nr. 5¹⁾ einer regelmäßig gedüngten Weide auf einer Grundlage, die sonst durch besonders kleine P_2O_5 -Werte ausgezeichnet ist (Probe Nr. 4¹⁾), zeigt, daß durch geeignete und anhaltende (nicht nur gelegentliche) Düngung diesem Übelstand wirksam abgeholfen werden kann.

V. Resultate der Grasanalysen (Mischproben und Einzelpflanzen) von Fett- und Magerstellen der Alpweiden Le Prélèt und Cotter.

Wie bereits erwähnt worden ist, sind im Sommer 1944 auf den Alpweiden Le Prélèt und Cotter die Boden- und Grasproben nicht so systematisch entnommen worden, wie das 1945 auf den übrigen Alpen geschah, d. h. es wurde nicht in jedem Fall an der gleichen Stelle zugleich Erde und Gesteinsmaterial und Gras zum Zwecke der Untersuchung und Analyse gesammelt. In Tabelle 9 sind die Resultate der Grasanalysen von 7 Magerweiden und 7 Fettweiden verzeichnet. Der Phosphor-Durchschnitt für die Magerweiden beträgt 1,32, für die Fettweiden 2,71 g/kg Trockensubstanz. Wie wir später an Hand eines großen Materials zeigen werden, ist der ungefähr doppelte Gehalt an Phosphor des Grases der Fettstellen kein zufälliger Befund, sondern die Düngung ist hier der allein maßgebliche Faktor. Zudem muß gesagt werden, daß einige Fettstellen auf Le Prélèt und Cotter einerseits wenig geneigte Flächen sind, und andererseits der Boden das Wasser besser zurückhält und feuchter ist, was ebenfalls von einer gewissen Bedeutung sein dürfte.

¹⁾ siehe Karte III.

Tabelle 9. Grasanalysen (Mischproben) der Alpen Cotter und Le Prélèt.

Ort	Höhe m ü.M.	Art der Weide	Ca g/kg Trockensubstanz	P	Mg
Cotter, vom Sasse-neire an, von Norden nach Süden	2700—2800	Magerweide, trocken	15,74	1,46	1,51
Cotter, von der Ge-röllhalde Bertols bis zur Crête (Becvey), oberhalb Bei Plan	2500—2600	Magerweide, trocken	8,05	1,23	1,20
Cotter, oberhalb Tsorasse	2200	sehr magere Stelle, trocken	13,40	1,11	2,99
Cotter, Bei Plan	2500	kurzgrasige Fett-weide	10,67	3,05	2,90
Kessel Bertol, Allmend	2500	Durch Weidgang gedüngt	8,57	2,76	2,71
Kessel Bertol, Allmend	2500	Lagerplatz	10,15	3,96	2,81
Cotter, Remointse nuova	2400	Fettweide	9,65	3,36	2,50
Cotter, unterhalb der untersten Chalets	2100	Durch bisse gedüngt, verregnetes Heu	13,67	1,17	2,76
Le Prélèt, Bandon	2700	Magerweide, trocken	5,80	1,65	1,48
Le Prélèt, Liavires	2500	Magerweide	9,93	1,49	1,84
Le Prélèt, Tzigeriss	2000	Magerweide, trocken	16,68	1,28	4,65
Le Prélèt, Plan Bernard	2400	Fettweide	8,25	2,75	2,85
Le Prélèt, Sumpf-stelle	2500	Sumpfweide, mager	8,90	0,996	3,08
Le Prélèt, unterhalb der untersten Chalets	2000	Fettweide, durch bisse gedüngt	12,89	3,14	3,65

Wir sind dann auf diesen Alpen weiter dazu übergegangen, Einzelpflanzenproben zu sammeln und diese Einzelpflanzen ebenfalls zu analysieren. Wir geben in Tabelle 10 die Analysen-Resultate

Tabelle 10. Einzelgrasproben der Alpen Cotter und Le Prélèt.

Ort	Höhe m ü.M.	Art der Weide Grassorte	Ca g/kg Trockensubstanz	P	Mg
Cotter, Bevvey	2500— 2600	Magerweide, trocken <i>Nardus stricta</i>	4,66	1,01	0,51
Cotter, Croujetta	2300	Fettweide, <i>Silene vulgaris</i>	8,99	2,93	3,24
Cotter, nördlich Tsrass	2400	Magerweide, <i>Elyna myosuroides</i>	5,56	—	1,56
Cotter, Chieuss	2400	Milchkrautweide, nicht gedüngt, auf Rundsendelta. <i>Leontodon hispidus</i>	20,87	2,34	4,51
Cotter, nördlich und oben Tsrass	2300	Magerweide, <i>Festuca varia</i>	3,95	1,12	4,98
Cotter, Croujetta	2300	Magerweide, <i>Leontodon hispidus</i>	18,11	1,86	3,63
Cotter, Croujetta und südlich	2300	Magerweide, <i>Anthyllis Vulneraria</i>	51,25	1,20	1,74
Cottèr, Croujetta	2300	Fettweide, <i>Alchemilla vulgaris</i>	15,90	2,58	3,34
Cotter, Plan de Chieuss	2400	Fettweide, <i>Alchemilla vulgaris</i>	17,88	2,39	4,03
Cotter, Croujetta	2300	Magerweide, <i>Helianthemum nummularium</i>	13,19	1,99	2,57
Cotter, südlich Rontura	2300	Magerweide, <i>Helianthemum nummularium</i>	13,02	2,16	2,27
Cotter, Croujetta	2300	Magerweide, <i>Trifolium pratense</i> „ <i>badium</i> „ <i>montan.</i> „ <i>pallescens</i>	19,01	1,90	2,88
Cotter, südlich Rontura	2300	Magerweide, <i>Trifolium pratense</i> „ <i>badium</i> „ <i>montan.</i> „ <i>pallescens</i>	19,07	2,03	3,56

Tabelle 10 (Fortsetzung).

Ort	Höhe m ü.M.	Art der Weide Grassorte	Ca g/kg Trockensubstanz	P	Mg
Cotter, Croujetta	2300	Fettweide, <i>Trisetum flavescens</i>	6,04	2,34	1,46
Cotter, südlich Rontura	2300	Magerweide, <i>Carum Carvi</i>	15,14	3,00	3,29
Cotter, Croujetta	2300	Magerweide, <i>Carum Carvi</i>	12,90	3,64	3,27
Le Prélèt, Moräne Tzigeriss	2000	Magerweide, <i>Potentilla-Arten</i>	16,79	1,89	5,46
Le Prélèt, Plan Bernard Runsen	2500	Magere Stellen, Köpfe von <i>Cirsium</i> <i>spinosissimum</i>	12,16	2,83	2,31
Le Prélèt, nördlich angrenzend an Cotter	2600	Magerweide, <i>Agrostis alba</i>	7,65	1,70	2,40
Le Prélèt, auf dem Wege nach Tsaté	2100	Magerweide, <i>Sesleria coerulea</i>	6,71	1,75	2,34
Le Prélèt, Tzigeriss	2000	Magerweide, <i>Trifolium montan.</i>	10,34	1,92	2,93
Le Prélèt, Runse südlich Tzigeriss	2000	Magerweide, <i>Dryas octopetala</i>	12,21	1,63	1,91
Le Prélèt, Tzigeriss	2000	Magerhang, oberhalb Mayens, <i>Oxytropis campestris</i>	13,03	2,35	2,57
Le Prélèt, Tzigeriss	2000	Magerhang, oberhalb Mayens, <i>Plantago alpina</i>	11,49	1,63	3,85
Le Prélèt, Tzigeriss	2000	Magerhang oberhalb Mayens, <i>Festuca glauca</i> et <i>Festuca rubra</i>	5,74	1,24	1,60
Le Prélèt, Tzigeriss	2000	Magerhang, oberhalb Mayens, <i>Carex-Arten</i>	5,83	1,23	2,36
Le Prélèt, Tzigeriss, Runse südlich	2000	Magerhang, <i>Onobrychis montana</i>	6,77	3,00	3,18
Le Prélèt, Tzigeriss	2000	Magerhang, oberhalb Mayens; Mischprobe	12,49	1,80	3,86

bekannt. Die Frage ist deshalb von Interesse, weil im Pflanzenbestand einer Weide eine Pflanzenart bestandbildend, d. h. dominant sein kann, wodurch das Resultat natürlich beeinflußt wird.

Die Proben sind natürlich zu wenig zahlreich, um viel aussagen zu können. Immerhin ist interessant, daß gewisse, auf mageren Stellen gewachsene Pflanzen einen höheren Phosphorgehalt aufweisen, als der Durchschnitt der Magerweiden beträgt. Einige, wie *Onobrychis montana*, *Oxytropis campestris*, *Cirsium spinosissimum* (Köpfe), *Carum carvi*, *Trifolium*-Arten, *Leontodon hispidus*, *Helianthemum nummularium*, lassen sogar Werte erkennen, die nicht vorauszusehen waren. Ferner sind auffallend die niederen Ca-, P- und zum Teil Mg-Zahlen bei *Nardus stricta*, *Elyna myosuroides*, *Festuca varia*, *Festuca glauca*, *Festuca rubra*, bei verschiedenen *Carex*-Arten, alles Pflanzen, die erfahrungsgemäß als schlechte Futterpflanzen gelten und zum Teil Trockenheit und trockenen Boden lieben. Merkwürdig sind die vielfach hohen Ca-Werte, eine Beobachtung, die wir übrigens auch anderwärts z. B. im Kanton Graubünden machen konnten. Auf Grund dieser Analysenzahlen bei Einzelpflanzen ist es betreffend den Phosphor nicht verwunderlich, wenn dessen Durchschnittswert für die Magerstellen erhöht ist. Er beträgt 1,97 g/kg Trockensubstanz. Für die 4 Fettstellen erhalten wir den Wert 2,56.

VI. Resultate der Grasanalysen (Mischproben) der Fettwiesen der Dörfer und von Mayens des Val d'Hérens.

Wir haben darauf hingewiesen, daß auch in den Dörfern und in einigen Mayens des Val d'Hérens Heu- und Grasproben gesammelt worden sind. Es handelt sich durchwegs um mehr oder weniger gut gedüngte Fettwiesen. Die Analysenresultate sind den Tabellen Nr. 11, 12 und 13 zu entnehmen.

Darnach erhalten wir als Durchschnittswerte aus insgesamt 33 Proben:

$$\begin{aligned} \text{Ca} &= 18,09 \text{ g/kg Trockensubstanz} \\ \text{P} &= 1,79 \text{ , , ,} \\ \text{Mg} &= 4,52 \text{ , , ,} \end{aligned}$$

Aus 9 regain (Emd) Proben ergeben die Analysen folgende Durchschnittswerte:

$$\begin{aligned} \text{Ca} &= 21,96 \text{ g/kg Trockensubstanz} \\ \text{P} &= 2,87 \text{ , , ,} \\ \text{Mg} &= 5,38 \text{ , , ,} \end{aligned}$$

Tabelle 11.
Fettwiesen mit Bodenproben. ¹⁾

Nummer	Ort	Koordinaten	Höhe m.ü.N.	Lage	Neigungswinkel	Gew. %			Düngungszustand			Pflanzenasche g/kg Trockensubstanz												
						-H ₂ O	+H ₂ O+Humus	Glühverlust	Tiefe cm			pH	Testzahl		CaCO ₃ %	Heu ad regain		Ca	P	Mg	K	Na	Cl	S
									10	40	70		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaCO ₃ %	Heu	ad							
78	Mayens d'Eison	603.08 / 111.10	1845	SW	30-40°	3.18	14.32	17.50	10	6.8	15.0	1.5	0.3	regain	16.71	3.04	5.51	18.69	0.53	3.75	1.47			
83	La Sage	605.95 / 104.95	1650	SW	eben	3.00	15.4	18.4	10	6.3	15.0	0.6	0	regain	26.92	2.96	6.70	22.65	0.39	3.66	2.52			
84	Evolène	604.7 / 106.5	1370	SW	eben	3.22	12.8	16.02	15	6.9	12.0	0.7	1.2	Heu	22.62	2.03	6.17	18.02	0.45	5.93	2.76			
						84	7.6	Spur	0	10.5	regain	27.95	3.21	8.02	21.49	0.48	4.27	3.75						
						110	7.1	0	0	<0.1														
85	Evolène	604.84 / 106.15	1380	SW	eben	3.74	16.8	20.54	10	7.0	11.0	1.0	0.6	Heu	-	-	-	19.42	0.38	6.27	3.47			
						40	7.7	0	0	23.0	regain	22.91	3.75	5.66	29.28	0.55	6.10	3.10						
86	La Tour	605.2 / 105.05	1410	W	ca 3-5°	1.29	8.46	9.75	7	7.6	3.0	0.9	1.7	Heu	17.70	1.91	5.83	18.43	0.30	1.74	1.26			
						25	7.4	Spur	0.1	Spur	regain	26.71	1.93	6.56	26.49	0.32	4.10	3.12						
						65	7.5	0	0.1	Spur														
87	Les Haudères	605.43 / 104.54	1410	SW	eben	2.78	11.4	14.18	7	6.4	13.0	0.9	0	Heu	17.12	2.00	5.06	15.51	0.30	1.83	1.38			
						30	7.1	Spur	0.4	0.1	regain	26.20	2.26	5.22	27.98	0.23	5.23	2.48						
88	La Forcla	606.12 / 103.71	1660	SW	10-20°	2.11	9.52	11.63	10	6.3	13.0	2.3	0	Heu	18.02	1.71	4.11	27.90	0.22	5.14	1.10			
						30	6.3	5.5	0.9	0	regain	17.11	2.33	3.37	30.49	0.24	9.59	2.22						
						60	6.1	5.5	1.0	0														
89	La Forcla	606.65 / 103.67	1680	SW	20-30°	2.36	10.6	12.96	7	6.6	15.0	7.3	<0.1	Heu	19.29	2.49	4.36	30.35	0.25	5.23	1.39			
						15	7.0	3.5	4.6	0.13	regain	15.79	4.04	3.07	45.27	0.28	10.89	2.07						
						60	7.0	2.0	2.8	<0.1														
90	La Forcla	606.22 / 103.83	1710	S	eben	2.26	9.41	11.67	10	6.8	13.0	2.9	0.15	Heu	14.63	1.54	4.27	18.67	0.52	2.96	1.17			
						40	6.5	5.0	0.7	0	regain	17.38	2.33	4.29	34.60	0.27	2.88	2.04						
						6.4	1.5	0.6	0															

Trotzdem es sich um aspektmäßig schön anzusehende Fettwiesen in Mayens, in Bergdörfern und im Tale unten handelt, ist, wie man sieht, der P-Durchschnitt des Heus unbefriedigend. Dies röhrt daher, daß die Düngung nicht überall eine genügende ist. Der Mangel an Dünger kommt etwa darin zum Ausdruck, daß gewisse Landstücke nicht jedes Jahr gedüngt werden können. Ein gewisser Ausgleich wird geschaffen durch das Emd, das erfahrungsgemäß immer einen höheren P-Gehalt aufweist als das Heu. In unserem Falle ist der Wert 2,87 für die 9 Emdproben ein sehr guter und nahe der oberen Normalzahl für P = 3 g/kg Trockensubstanz. Allerdings ist die Emdernte, wenigstens in höheren Lagen, nie eine reichliche, ein Umstand, der sich im erwähnten Ausgleich bei der Fütterung im langen Winter auswirkt. Die Frage ist auch deshalb von großer Bedeutung, weil die Tiere vielfach offenbar nicht genügend P-Reserven anzulegen in der Lage sind, um im Sommer auf der Alp ein eventuelles P-Defizit aus diesen Reserven decken zu können.

¹⁾ 1945.

Tabelle 12.

Fettwiesen ohne Bodenproben.

Nummer (1945)	Ort	Höhe m üM	Art der Weide	Pflanzenasche g/kg Trockensubstanz						
				Ca	P	Mg	K	Na	Cl	S
146	Tzigeriss	2000	schöne Fettwiese gut gedüngt	19.25	1.56	5.47	20.19	0.71	3.40	1.20
147	Les Lachiores	2100	Fettwiese	15.62	1.92	4.02	20.85	0.62	3.83	1.66
148	nördlich Villa	1800	Fettwiese aus Parzellen	19.18	1.29	3.75	19.20	0.56	4.19	1.98
149	nördlich Villa	1800	Fettwiese aus Parzellen	17.21	1.45	4.06	18.95	0.47	4.10	1.93
150	nördlich Villa	1800	Fettwiese	18.10	1.67	4.19	20.76	0.30	3.40	1.63
151	Borsa	1735	Fettwiese	21.79	1.39	5.10	15.25	0.27	1.66	1.61
152	Borsa	1735	Fettwiese	19.20	1.46	4.50	20.14	0.27	4.11	2.01
153	La Sage	1663	Fettwiese	19.54	1.95	4.87	17.76	0.38	2.09	1.39
154	La Sage	1663	Fettwiese	21.70	1.68	4.87	20.93	0.74	4.36	1.87

Tabelle 13.

Fettwiesen ohne Bodenproben.

Nummer (1946)	Ort	Höhe m üM	Art der Weide	Pflanzenasche g/kg Trockensubst.		
				Ca	P	Mg
66	La Crête d'Eison	1700	Fettwiese	20.06	2.18	5.13
67	Eison	1650	"	18.91	1.43	4.43
68	Trogne Eison	1300	"	15.82	1.22	3.88
69	St. Martin	1400	"	18.58	1.40	4.73
70	Suen	1400	"	16.39	1.18	3.99
71	Mase	1350	"	23.78	1.18	5.43
72	Vernamiege	1300	"	13.08	1.99	3.35
73	Nax	1200	"	14.33	1.78	4.32
74	Volovron	1600	"	14.86	3.43	3.97
82	Mayens de Jean Forclaz Les Haudères	1700	"	15.37	1.58	4.98
83	Mayens Quartse La Gouille	1890	"	18.91	1.51	4.53
86	Mayens de Pralong	1600	"	19.47	1.83	3.56
87	Hérémence	1200	"	14.82	1.57	3.27
88	Vex	945	"	16.26	2.07	4.24
89	Euseigne	970	"	18.98	2.64	4.40
90	La Crête	1060	"	18.35	1.65	4.98
91	Pra Jean	1100	"	18.49	2.78	4.39
92	La Luette	1020	"	19.62	1.52	4.93

Aus der Tabelle 11 errechnen sich die Durchschnittswerte für K, Na, Cl und S aus 7 Heu- und 9 Emdproben von Fettwiesen der Gemeinde Evolène wie folgt:

	g/kg Trockensubstanz			
	K	Na	Cl	S
Heu	21,19	0,35	4,16	1,79
Emd	28,55	0,37	5,61	2,53

Man vergleiche damit die entsprechenden Zahlen der Fett- und Magerweiden in der Zusammenstellung auf dieser Seite unten.

VII. Beziehungen zwischen der Zusammensetzung der Pflanzenasche und der Bodenzusammensetzung auf Grund der im Val d'Hérens erhaltenen Resultate.

Wenn wir nun daran gehen, aus den Analysenwerten (siehe Tabelle 1, 2, 3, 4, 5) der im Val d'Hérens systematisch entnommenen Erd- und Pflanzenproben die Gesetzmäßigkeiten zwischen Pflanzenaschenzusammensetzung und Bodeneigenschaften, sowie den Einfluß der Düngung herauszuarbeiten, so werden wir uns darüber klar sein müssen, daß es sich hier nicht um eine abschließende Beurteilung handeln kann, sondern daß die Untersuchungen eigentlich erst in den Anfängen stecken. Wir sind heute noch nicht imstande alle Faktoren zu überblicken, die auf unsern Alpweiden beim natürlichen Wachstum der Pflanzen deren Aschenzusammensetzung beeinflussen und hierfür verantwortlich sind. Immerhin lassen sich doch einige bemerkenswerte Regeln ableiten, die nicht ohne praktische Bedeutung sein dürften.

Zunächst ergibt die Gegenüberstellung der Durchschnittswerte des Ca-, P-, Mg-, K-, Na-, Cl- und S-Gehaltes des Futters, geordnet ganz allgemein nach Mager- und Fettstellen der Alpweiden des Val d'Hérens, folgendes Zahlenbild:

Element	Zahl der Proben		Durchschnittsgehalt ¹⁾ g/kg Trockensubstanz		
	Fett-weiden	Mager-weiden	Fett-weiden	Mager-weiden	Unter-schied
Ca	37	99	13,49	13,03	0,46
P	37	99	2,49	1,38	1,11
Mg	37	99	3,83	2,81	1,02
K	37	99	23,31	12,45	10,86
Na	37	99	0,41	0,41	0,00
Cl	37	99	3,78	2,22	1,56
S	37	99	1,70	1,02	0,68

¹⁾ Die normalen Durchschnittswerte (v. Grünigen) des Heues 1. Schnitt aus dem schweiz. Mittelland sind:

Ca	P	Mg	K	Na	Cl	S
10—12	2,7—3	2,3	21	0,3	3	2

Ferner enthält Tabelle 14 die Durchschnittswerte an Ca, P, Mg, K, Na, Cl und S des Grases der gleichen Stellen, geordnet nach der Gesteinsart, die das Bodenskelett zusammensetzt.

Tabelle 14.

Gesteinsart	Magerweiden								Fettweiden							
	Zahl der Proben	Pflanzenasche g/kg Trockensubstanz							Zahl der Proben	Pflanzenasche g/kg Trockensubstanz						
		Ca	P	Mg	K	Na	Cl	S		Ca	P	Mg	K	Na	Cl	S
Gneise im allgem. + Quarzite	39	10.65	1.39	2.55	13.51	0.39	2.15	0.97	16	11.85	2.51	3.75	25.62	0.36	4.18	1.66
Grünsteine	17	9.08	1.26	3.80	11.46	0.39	2.35	0.95	4	12.55	3.15	4.14	22.41	0.42	3.83	1.50
Karbonat-gesteine	27	17.17	1.42	2.48	11.72	0.47	2.34	1.09	8	15.68	2.59	3.63	22.78	0.52	3.48	1.95
Gemischte Gesteine	16	16.04	1.43	2.96	12.19	0.40	2.05	1.10	9	14.86	2.07	4.00	20.08	0.38	3.43	1.63

Es handelt sich nun darum, zu entscheiden, ob die Gehaltsunterschiede der Proben zwischen Fett- und Magerweiden einerseits und zwischen den Durchschnittswerten des auf verschiedenen Gesteinsarten gewachsenen Grases andererseits, wesentliche sind, oder ob sie im Rahmen der zufälligen Unterschiede liegen. Das statistische Prüfverfahren, das uns zu entscheiden gestattet, ob ein Unterschied zufällig, schwach gesichert oder stark gesichert sei, ist der sogenannte F-Test nach R. A. Fisher.

Wir wollen die Grundlage des Verfahrens kurz am Beispiel des Unterschiedes des Ca-Gehaltes zwischen Fett- und Magerweiden besprechen. Man kann den Unterschied von 0,46 erst dann als gesichert betrachten, wenn er erheblich größer ist als die Unterschiede der Gehalte innerhalb der Fettweiden und innerhalb der Magerweiden. Das Prüfverfahren besteht darin, zu berechnen, mit welcher Wahrscheinlichkeit bei gegebener Streuung innerhalb der Fett- und der Magerweiden ein Unterschied von 0,46 oder ein größerer Unterschied zu erwarten ist. Wenn diese Wahrscheinlichkeit sehr klein ist — als übliche Grenze gilt die Wahrscheinlichkeit von 0,01 — so betrachten wir den Unterschied als stark gesichert. Ein Unterschied gilt also als stark gesichert, wenn er nur in einem von hundert Fällen erreicht oder überschritten wird.

Als schwach gesichert bezeichnet man einen Unterschied, wenn die Wahrscheinlichkeit zwischen 0,05 und 0,01 liegt.

Findet man, daß die Wahrscheinlichkeit für den betrachteten Unterschied größer ist als 0,05 — das bedeutet, daß er in 1 von 20 Fällen

oder noch öfter erreicht oder überschritten wird — so bezeichnen wir ihn als bloß zufällig¹⁾.

Die Berechnungen führten zu folgenden Schlußfolgerungen:

1. Der Unterschied im Ca- und Na-Gehalt des auf Fettweiden gesammelten Grases gegenüber den Magerweiden ist nicht wesentlich, sondern bloß zufälliger Art. Dagegen sind die Unterschiede für P, Mg, K, Cl und S stark gesichert, mit andern Worten, die Düngung hat betreffend den höheren P, Mg, K, Cl und S-Gehalt des Futters der Fettweiden einen ganz entscheidenden Einfluß. Ferner wirkt sich die Düngung — im Sinne der Erhöhung dieser Werte des Grases — auf allen Gesteinsarten wie auch auf allen Bodenarten im wesentlichen gleich stark aus. Es ist nicht so, daß die Düngung auf der einen Gesteins- oder Bodenart sich stärker geltend macht als auf der andern.

2. Bei der Diskussion über den Einfluß der Gesteinsart des Bodenskeletts auf den Mineralstoffgehalt der Futterpflanzen haben wir uns zunächst vergewissert und gefunden, daß dort, wo ein wesentlicher Einfluß z. B. der Gesteinsart festzustellen ist, dieser sich in allen Bodenarten oder Bodentypen im wesentlichen in gleichem Maße äußert. Auch dort, wo die Bodenart, wie wir noch sehen werden, von Einfluß auf den Mineralstoffgehalt des Futters ist, wirkt sie unabhängig von der Gesteinsart. Somit kann im allgemeinen kein Zusammenwirken zwischen Gesteinsart und Bodentypus festgestellt werden, d. h. der Einfluß der Gesteinsart und der Bodenart sind voneinander unabhängig. Wo im folgenden also die Berechnung einen Einfluß der Gesteinsart ergibt, ist dieser stets unabhängig von der allfälligen Wirkung der Bodenart.

Bei den Magerweiden sind die Unterschiede der Durchschnittszahlen des Ca-Gehaltes des auf verschiedenen Gesteinsarten gewachsenen Grases in dem Sinne zu interpretieren, daß sie schwach gesichert sind, daß derartige Unterschiede sich nur in 1—5% aller Fälle rein zufällig einstellen werden. Somit gilt, daß Futter auf Karbonatgesteinen und auch auf gemischten Gesteinen im allgemeinen einen höheren Ca-Gehalt aufweist als auf Gneisen und Grüngesteinen.

¹⁾ Für Einzelheiten verweisen wir auf die Lehrbücher der neueren statistischen Methoden R. A. Fisher: „Statistical Methods for Research Workers“, oder A. Linder: „Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure“. Wir möchten nicht unterlassen Herrn Prof. Dr. A. Linder, Genf, für die Beratung in den statistischen Fragen zu danken.

Beim P sind die Unterschiede nicht gesichert und nur unwesentlicher Art, d. h. die Gesteine des Bodenskelettes beeinflussen den P-Gehalt des Futters nicht wesentlich. Dasselbe gilt auch für K, Na, Cl und S.

Die Unterschiede im Mg-Gehalt dagegen sind stark gesichert. Es betrifft dies den höheren Mg-Wert der Futterpflanzen auf Grüngestein und weniger ausgeprägt auch auf gemischten Gesteinen.

Bei den Fettweiden werden die Unterschiede insofern verwischt, als sie hier in der Gesamtheit zufällig werden und nicht gesichert sind. Dies ist indessen so zu verstehen, daß die Düngung ausgleichend wirkt in dem Sinne, daß der für die Magerweiden für das Ca schwach und für das Mg stark gesicherte Einfluß der Gesteinsart nicht mehr deutlich hervortritt. Indessen ist es doch bemerkenswert, daß auch hier, wie bei den Magerweiden die höchsten Durchschnittswerte für Ca in der Kategorie Karbonat- und Gemischte Gesteine, die höchsten Mg-Durchschnittswerte in der Kategorie Grüngesteine und gemischte Gesteine gefunden werden. Dagegen beachte man den sehr hohen P-Durchschnittswert der Pflanzen auf Grüngesteinen, was allein durch die Düngung bewirkt wird, da diese Gesteinssorte ausgesprochen phosphorarm ist.

In diesem Zusammenhang sei bemerkt, daß für die Übersicht und für die statistische Verarbeitung der Zahlen Gruppen zusammengefaßt worden sind, mit größtenteils nicht ganz einheitlicher Gesteinsunterlage, sondern Gruppen mit Vorwiegen der für die Zuordnung maßgebenden Gesteinssorten, wie sich dies aus den natürlichen Befunden an Ort und Stelle zwangsläufig ergab. Stellt man nun lediglich die allerdings nicht sehr zahlreichen Durchschnittswerte der Analysen von Grasproben zusammen, die auf Böden mit absolut einheitlichem, gut charakterisiertem Gestein gewachsen sind, so offenbaren sich auch bei dieser Betrachtungsweise die Beziehungen zwischen Mineralstoffgehalt des Grases und der Gesteinssorte sehr scharf, Beziehungen, wie sie die statistische Berechnung im gesamten einwandfrei ergeben hat, und die auch bei Berücksichtigung der mineralogisch-petrographischen Verhältnisse sinnvoll sind. Wir greifen heraus Proben der Magerweiden auf Silikatgesteinböden, und zwar erstens die reinen Arollagneisböden von Les Rosses, Bricola und Ferrière (10 Proben), zweitens die reinen Epidot-Zoisitreichen Grüngesteinböden (Saussuritgabbro, Epidot-Albitschiefer) von Louché und La Coûta (5 Proben) und schließlich die reinen Serpentinböden (Diallag führend) von Tsaté und Bréona (6 Proben). Reine Quarzitböden lagen nicht in genügender Zahl vor.

Man findet in Grasmischproben auf:

	g/kg Trockensubstanz		
	Ca	P	Mg
a) Arollagneisen	4,94	1,23	1,33
b) Epidotreichen Grüngesteinen	10,14	1,22	2,76
c) Serpentinen	5,91	1,10	3,49

Während P auf den verschiedenen Böden (wie im großen schon festgestellt) nur unwesentliche Differenzen zeigt (vielleicht ist aber doch der niedrigste P-Gehalt auf Serpentin nicht ganz zufällig) entspricht das Ansteigen des Mg in der Pflanzenasche in der Reihenfolge Gneis-, Grüngestein-, Serpentinunterlage ganz dem Auftreten des Elementes in den betreffenden Gesteinen, ebenso das höhere Ca in den Aschen auf Grüngesteinböden gegenüber Serpentin und Gneis, wo der Ca-Gehalt (4,94 und 5,91) besonders niedrig ist. Ob im vorliegenden Falle der Serpentin von Tsaté-Bréona (mit erheblichem Gehalt an Ca-haltigem Diallag) oder der Arollagneis kalkreicher ist, konnte nicht ermittelt werden. Indessen dürften große Unterschiede nicht vorhanden sein. Das gleiche Verfahren für Grasproben auf reinen Kalkschieferböden angewendet, ergibt folgende Durchschnittswerte:

	g/kg Trockensubstanz		
	Ca	P	Mg
a) Reine Kalkschiefer der benachbarten Alpen Artsinol, Arbey und La Niva (Magerweiden, 5 Proben)	32,50	1,40	3,40
b) Reine Kalkschiefer der Alpen La Crête und La Coûta (Magerweiden, 6 Proben)	12,25	1,31	2,56
Durchschnitt der 11 Proben	21,41	1,35	2,94

Der Unterschied im Kalkgehalt der Grasproben zwischen den nördlichen Alpen (Artsinol usw.) und den südlicheren (La Crête usw.) ist sicherlich kein zufälliger, sondern beruht auf petrographischen Differenzen innerhalb der Kalkschiefergruppe. Offenbar ist die erste Gruppe kalkreicher als die zweite. Doch ist die Tatsache merkwürdig und erwähnenswert, daß die Pflanzen dieser Böden das Ca offenbar aus größerer Tiefe oder aus den noch nicht entkalkten Skelettbestandteilen zu holen imstande sind, da ja die Feinerde dieser Bündnerschieferböden fast durchwegs völlig entkalkt ist, somit eigentlich nicht mehr Ca enthält, als die Silikatböden. Trotzdem weisen Grasgemische auf Karbonatgesteinen einen höheren Ca-Gehalt auf, als auf Gneisen und Grüngesteinen, was übrigens ja auch — wie gezeigt — durch die statistische Berechnung gesichert ist¹⁾.

¹⁾ Daß feine Wurzeln tatsächlich in Spalten und Löcher der Gesteine des Bodenskelettes eindringen, konnte durch spezielle Untersuchungen im Sommer 1947 bestätigt werden. Andererseits weisen gewisse Pflanzen wie *Trifolium alpinum* u. a. Pfahlwurzeln von bis über 1 m Länge auf.

Die gleichen Berechnungen sind für die nach Bodenart oder Bodentypus geordneten Durchschnittszahlen (Tabelle 15) durchgeführt worden und haben folgendes ergeben:

Tabelle 15.

Bodenart	Magerweiden								Fettweiden							
	Zahl der Proben	Pflanzenasche g/kg Trockensubstanz							Zahl der Proben	Pflanzenasche g/kg Trockensubstanz						
		Ca	P	Mg	K	Na	C	S		Ca	P	Mg	K	Na	C	S
Braunerde	27	14.74	1.34	3.28	13.08	0.42	2.05	1.06	24	14.12	2.53	4.17	23.54	0.40	3.96	1.79
Podsole	8	6.55	1.02	1.89	9.24	0.37	1.93	0.80	3	7.72	2.35	3.73	27.55	0.42	3.63	1.73
Feinkörnig-toniger Rohboden	8	7.71	1.79	2.56	15.91	0.31	3.15	1.13	5	11.15	3.11	3.20	26.35	0.44	3.77	1.64
Skelettreicher Rohboden	22	17.45	1.49	2.47	11.95	0.42	2.19	0.99	3	19.13	1.71	3.43	16.57	0.37	3.70	0.96
Bündnerschieferboden	34	11.59	1.34	2.93	12.34	0.45	2.24	1.05	2	11.97	1.84	3.44	16.65	0.43	2.62	1.51

1. Für Ca der Magerweiden gilt zunächst, daß trotz der erheblichen Unterschiede zwischen den Durchschnitten, diese Unterschiede nicht als wesentlich angesehen werden können. Dies röhrt davon her, daß die Streuung der Einzelwerte innerhalb der einzelnen Bodenarten außerordentlich groß ist. Wir treffen beispielsweise bei der Braunerde Ca-Werte von 36,01, 6,91, 4,92, 4,45, 2,89, 19,33, 43,39 an. Bei derartig großen Streuungen der einzelnen Ca-Werte wäre es wünschenswert, die Zahl der Proben zu erhöhen.

Für P dagegen ergeben sich stark gesicherte Unterschiede. Futter auf feinkörnig-tonigem Rohboden weist den höchsten, Futter auf Podsolen den niedrigsten P-Gehalt auf.

Für Mg des Magergrases sind die Unterschiede schwach gesichert. Pflanzen auf Braunerde- und Bündnerschieferböden weisen die höchsten, Pflanzen auf Podsolen die niedrigsten Werte auf. Bei allen übrigen Elementen sind die Unterschiede nur zufällig.

2. In der Kategorie Fettweiden sind weder bei P, noch bei Mg die Unterschiede gesichert. Indessen ist hier die zum Teil sehr geringe Zahl von Proben für einzelne Bodenarten zu berücksichtigen, somit die Frage offen bleibt, wie das Resultat wäre bei einer genügenden Anzahl Beobachtungen. Beachtlich ist jedenfalls, daß die Unterschiede bei den Fettweiden im großen

und ganzen in der gleichen Richtung gehen wie bei den Magerweiden.

Aus diesen statistischen Betrachtungen der Durchschnittswerte der Grasanalysen der Alpweiden des Val d'Hérens geht somit hervor, daß der durchschnittliche P-Wert (ferner auch der Wert für K, Na, Cl und S) der Futterpflanzen durch keine Gesteinsart wesentlich beeinflußt wird. Dies trifft zu für die Magerweiden wie für die Fettweiden. Dagegen erweist sich die Düngung, wie sie auf diesen Alpen vorgenommen wird, als der stärkste Faktor, um den P-Wert und den Wert für Mg, K, Cl und S der Pflanzen der Alpweiden zu erhöhen. Dies geht eindeutig aus den nach der statistischen Berechnung stark gesicherten Unterschieden der P-Werte und der andern Werte zwischen Fett- und Magerweiden für alle Gesteinsarten hervor.

Schon die Resultate der Bodenuntersuchungen und Grasanalysen auf Le Prélèt und Cotter zeigten betreffend den P-Gehalt des Futters eine eindeutige Abhängigkeit von der Düngung, sei dies mit Hilfe der bisse, sei es dadurch, daß die Tiere über Nacht an einem Ort zum Zwecke der Kotabgabe belassen werden. In der Weise gedüngtes Gras ist P-reicher. Wir haben im ganzen Val d'Hérens 107 Magerweidestellen und 43 Fettweidestellen geprüft. Der P-Durchschnittswert des Futters für die ersteren beträgt 1,38 g/kg Trockensubstanz, für die letzteren 2,58 g/kg Trockensubstanz. Im Skelett der Fett- und Magerweideböden indessen ist P_2O_5 im Mittel etwa in gleicher Menge vorhanden (0,04 und 0,05%), wie namentlich die Analysen der Proben Le Prélèt und Cotter ergeben haben. Trotz höherer P_2O_5 -Konzentrationen in den Arollagneisen (siehe die Gesteinsanalysen) zeigen die auf Arollagneisböden gewachsenen Futterpflanzen einen sehr kleinen P-Gehalt, wenn es sich um Rohböden handelt.

Betreffend die Elemente Ca und Mg findet man sie in den Gesteinen in ganz anders hohen Konzentrationen vor als P. Man könnte deshalb versucht sein anzunehmen, daß diese Tatsache stark auf die Pflanzenaschenzusammensetzung sich auswirke. Tatsächlich gilt nach der statistischen Berechnung, wie gezeigt worden ist, daß auf Karbonat- und gemischten Böden gewachsenes Futter einen zum Teil höheren Ca-Wert aufweist als Futter auf Gneis- oder Grüngesteinen. Weiter ist auf Grüngesteinen gewachsenes Gras durchschnittlich Mg-reicher.

Auch die Bodentypen beeinflussen den Mineralstoffgehalt des Futters, was aus unsren Zahlen besonders für den P und zum Teil auch für das Mg zutrifft.

VIII. Die Beziehungen zwischen dem Düngungszustand der Böden und dem Gehalt des Futters an Phosphor und Kalium.

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der mineralischen Zusammensetzung und der geologischen Herkunft der Böden einerseits und dem Mineralstoffgehalt des Pflanzenbestandes andererseits ist auch die Frage des Düngebedürfnisses der einzelnen Böden von Interesse. Das Düngebedürfnis eines Bodens wird bedingt durch seinen Gehalt an leichtlöslichen Pflanzennährstoffen, die den Pflanzenwurzeln unmittelbar zur Verfügung stehen. Von den verschiedenen Verfahren, die für die Untersuchung des Bodens in dieser Richtung bekannt sind, wurde die an den landwirtschaftlichen Versuchsanstalten der Schweiz allgemein eingeführte Methode von Dirks und Scheffer angewendet.

Sie beruht auf der Annahme, daß die Pflanzenwurzeln dem Boden die Nährstoffe nur in ionisiertem Zustande entziehen (25). Für die Berechnung des Düngebedürfnisses verwendet man bei der Phosphorsäure die sog. Testzahlen, wobei dem Wert $1 = 0,035 \text{ mg Phosphorsäure (P}_2\text{O}_5)$ je 100 g Boden entsprechen. Man bezeichnet einen Boden mit einer Testzahl 8 und höher als genügend mit Phosphorsäure versorgt, während kleinere Testzahlen auf ein mehr oder weniger starkes Düngebedürfnis für diesen Nährstoff hindeuten. Der Gehalt an leichtlöslichem Kali wird in mg je 100 g Boden angegeben, wobei ein Boden, der weniger als 2 mg Kali je 100 g Boden enthält, als düngebedürftig gilt¹⁾.

Für die Beantwortung der Frage nach dem Düngebedürfnis oder der Nährstoffversorgung der Böden beschränken wir uns auf die drei Hauptnährstoffe Phosphorsäure, Kali und Kalk sowie auf die Bodenreaktion, den pH-Wert der obersten Schicht. Über die Zusammenhänge zwischen Bodenbeschaffenheit und Mineralstoffgehalt des Futters ist bereits berichtet worden. Wir haben unter anderem festgestellt, daß die Düngung einen ausgesprochenen Einfluß auf den Gehalt des Futters an P hat. Im Mittel ist der Gehalt um ca. 79% erhöht worden. Die Einwirkung der Düngung im Sinne einer Erhöhung zeigt sich auch beim Mg- und K-Gehalt des Futters. Letzterer z. B. wurde im Mittel um ca. 91% erhöht. Weniger stark tritt der Einfluß der Düngung auf die Veränderung des Kalzium-Gehaltes in Erscheinung.

¹⁾ Für die Beurteilung des Düngebedürfnisses der Böden gelten folgende Testzahlen als Grenzwerte:

	Für Phosphor- säure	Für Kalium
stark düngebedürftig	0 — 2,5	0 — 0,1
mittelstark düngebedürftig	2,6 — 6,0	0,2 — 1,4
schwach düngebedürftig	6,1 — 8,0	1,5 — 2,0
nicht düngebedürftig	über 8,0	über 2,0

Der Vergleich der Böden betreffend ihren Gehalt an leicht löslicher Phosphorsäure und Kali und der Reaktion ergibt ein ähnliches Bild. Diese Vergleichszahlen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 16. Die Bodenreaktion (pH) der Fettweiden und Magerweiden in % der untersuchten Böden.

	% der untersuchten Böden	
	Fettweiden	Magerweiden
pH unter 4,7 = sehr stark sauer	4	8
4,7 — 5,2 = stark sauer	12	31
5,3 — 5,8 = sauer	22	30
5,9 — 6,4 = schwach sauer	36	16
6,5 — 6,7 = schwach sauer	10	6
6,8 — 7,2 = neutral	12	6
7,3 — 7,6 = schwach alkal.	4	3

Man kann nun im allgemeinen einen Boden als kalkbedürftig betrachten, wenn die Reaktion (pH-Wert) kleiner als 6,5 ist. Demnach sind 74% der Fettweiden und 85% der Magerweiden kalkbedürftig, trotzdem das Futter im allgemeinen genügend Kalzium enthält. Als sehr stark sauer bis sauer erweisen sich bei den Fettweiden 38% und bei den Magerweiden 69% der Böden. Es scheint demnach, daß sowohl der Dünger wie auch das kalkhaltige Wasser der Bissen bei den Fettweiden einen günstigen Einfluß auf den Kalkzustand der Böden auszuüben vermag.

Für die Bestimmung des Düngebedürfnisses für Phosphorsäure und Kali wurden die schon erwähnten Methoden angewendet. Es ergaben sich für diese beiden Pflanzennährstoffe folgende Mittelwerte an leicht löslichen Nährstoffen:

	Phosphorsäure Testzahl	Kali mg/100 g Boden
Fettweiden	8,5	2,0
Magerweiden	2,8	1,2

Die Mittelwerte der Fettweiden bewegen sich sowohl für Phosphorsäure wie für Kali ziemlich genau um die Grenzwerte für eine genügende Nährstoffversorgung. Bei den Böden der Magerweiden ist dagegen ein deutliches Düngebedürfnis für beide Nährstoffe festzustellen. In beiden Fällen sind die Schwankungen jedoch ziemlich groß. Wir finden bei den Fettweiden eine Anzahl Böden, die ein ausgesprochenes Düngebedürfnis aufweisen, wie wir auch bei den Magerweiden Böden antreffen, die einen genügend großen Nährstoffvorrat besitzen. Es sind meistens

die humusreicheren, gut verwitterten Böden, die trotz fehlender Dünung einen befriedigenden Vorrat an Nährstoffen zeigen.

Die folgende Tabelle gibt Aufschluß über die Anzahl der ausgesprochen düngebedürftigen und der nicht oder schwach düngebedürftigen Böden.

Tabelle 17. Das Düngebedürfnis für Phosphorsäure und Kali der Fettweiden und Magerweiden in % der untersuchten Böden.

	Fettweiden		Magerweiden	
	Phosphor-säure %	Kali %	Phosphor-säure %	Kali %
Ausgesprochen düngebedürftig	49,0	55,1	91,5	71,3
Schwach düngebedürftig	12,2	—	3,2	6,4
Nicht düngebedürftig	38,8	44,9	5,3	22,3

Demnach sind 49% der untersuchten Fettweideböden ausgesprochen düngebedürftig für Phosphorsäure, die hier in erster Linie einen günstigen Einfluß auf die Menge des Ertrages haben würde. In 55,1% würde auch eine Kalidüngung ertragsverbessernd wirken. Stärker kommt das Düngebedürfnis der Magerweiden zum Ausdruck. In 91,5% der Fälle erweisen sich die untersuchten Bodenproben als ausgesprochen phosphorsäurebedürftig und in 71,3% als ausgesprochen kalibedürftig. Vor allem würde hier eine Phosphorsäuredüngung neben ihrer ertragssteigernden Wirkung eine Verbesserung der Qualität des Futters herbeiführen.

Zu einem ähnlichen Resultat kommen wir, wenn wir die Gehaltszahlen des Futters als Maßstab für die Beantwortung der Frage nach dem Düngebedürfnis der Böden heranziehen. Auf Grund eingehender Versuche und Untersuchungen an der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Liebefeld-Bern wie auch an verschiedenen ausländischen Instituten konnte festgestellt werden, daß der Phosphorgehalt des Futters als Maßstab für das Düngebedürfnis eines Bodens herangezogen werden kann. Böden, die ein Futter hervorbringen, dessen Phosphorgehalt kleiner ist als 2,6 g je 1000 g Trockensubstanz, gelten als ausgesprochen phosphorsäurebedürftig. Bei den untersuchten Böden des Val d'Hérens weisen sämtliche Futterproben der Magerweiden einen niedrigeren Gehalt an Phosphor auf, was eine gute Bestätigung unserer Feststellungen auf Grund der Bodenuntersuchungen ist. Auch in bezug auf das

Düngedürfnis für Kali ergeben diese beiden Betrachtungsweisen befriedigende Übereinstimmung. Während sich durch die Bodenuntersuchungen 71,3% der Böden der Magerweiden als ausgesprochen düngebedürftig für Kali erweisen, sind auf Grund der Futteranalyse 81,9% als kalibedürftig anzusprechen. Ein Boden gilt dann als ausgesprochen kalibedürftig, wenn das Futter weniger als 16,6 g K je 1000 g Trockensubstanz enthält.

Wenn wir die Ergebnisse der Futter- und Bodenuntersuchungen dieser Alpgebiete zusammenfassend betrachten, so fällt besonders der allgemein niedrige Phosphorgehalt des Futters und das ausgesprochene Phosphorsäurebedürfnis der Böden bei den Magerweiden auf. In den meisten Fällen ist der Gehalt des Futters an Kalzium befriedigend, in vielen Fällen sogar als relativ hoch zu bezeichnen. Auch bei den Fettweiden finden wir eine wenn auch kleinere Anzahl von Proben, die im Gehalt an Phosphor nicht befriedigen. Der Phosphorgehalt des Futters liegt fast überall unter dem für die mineralstoffliche Ernährung der Nutztiere als optimal geltenden Niveau. Eine Verabreichung phosphorsäurehaltiger Düngemittel würde daher für diese Alpgebiete einerseits eine mengenmäßige Ertragssteigerung der Weiden und anderseits eine wesentliche qualitative Verbesserung des Futters und damit eine Hebung der Existenzmöglichkeit der Landwirtschaft dieser Talschaften bringen. Der Vergleich zwischen den Ergebnissen der Futter- und Bodenuntersuchungen von Fettweiden und Magerweiden lehrt uns, daß auch durch eine systematische Anwendung und möglichst gleichmäßige Verteilung des anfallenden Stall- und Weidedüngers dieses Ziel zum mindesten teilweise erreicht werden kann. Für die hochgelegenen Alpen des Val d'Hérens ist daher, vom rein wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, der Verwendung der natürlichen Dünger in erster Linie volle Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Zusammenfassung.

Das Studium der Beziehungen zwischen Bodenbeschaffenheit und Gehalt des Futters an Mineralstoffen an im Val d'Hérens entnommenen und analysierten Boden- (hauptsächlichste Muttergesteine: Gneise, Serpentin, Grünschiefer, Quarzite, Kalkphyllite), Gras-, Heu- und Emdproben ergab folgende Resultate:

a) Bodenproben.

1. Die Zusammensetzung der Feinerde an Mineralpartikeln entspricht im großen und ganzen den Skelettbestandteilen des

Bodens. Somit liefert die sorgfältige Analyse des Gesteinsmaterials (Skelett) ein zuverlässiges Bild der mineralischen Zusammensetzung des Bodens, wobei man allerdings zu berücksichtigen hat, daß die oberen Bodenhorizonte entkalkt sind.

2. Die Humusgehalte der oberen Bodenschichten sind ziemlich ausgeglichen und schwanken etwa um 12%. Böden auf Silikatgrundlage sind bedeutend humusreicher als Böden mit reichlich Karbonatgesteinen. In Sumpfböden und hochgelegenen Humussilikatböden sind aber auch im Val d'Hérens hohe Humusgehalte möglich. Trotzdem gilt auf solchen Sumpfböden gewachsenes Gras allgemein als schlechtes Futter, was unsere Analysen auch bestätigen.

3. Aus den Analysen geht hervor, daß P_2O_5 im frischen Gesteinsmaterial nirgends in größeren (wenige 10tel % übersteigenden) Mengen auftritt. Mischproben der Skelettbestandteile aller genauer untersuchten Fett- und Magerweidestellen ergaben in beiden Kategorien nahezu gleiche P_2O_5 -Gehalte. Diese sind gegenüber den Gehalten in Arollagneisen und Prasiniten klein und wurden wohl durch Serpentin- und Kalkphyllit-Beimengung heruntergedrückt.

4. Dagegen ist bei der Bodenbildung, im Vergleich zu den Skelett- P_2O_5 -Gehalten, sowohl bei den Fett- als bei den Magerweiden eine bedeutende Anreicherung an P_2O_5 erfolgt. Dies ist zurückzuführen einerseits auf Humusbildung in der oberen Bodenschicht und bei den Fettweiden andererseits durch die zusätzliche Düngung. Deshalb ist auch der P-Gehalt der Feinerde besonders der oberen Bodenhorizonte der fetten Böden deutlich höher als der entsprechende Wert der Magerweiden.

5. Die leicht lösliche P-Säure ist abhängig vom Gehalt an organischer Substanz und dürfte aus deren Zersetzungprodukten stammen. Mit der Bodentiefe nimmt dieser leicht lösliche P ab. In pulverisierten Gesteinsproben der untersuchten Alpböden finden sich wesentlich kleinere Werte an leicht löslichem P.

6. Merkliche Karbonatgesteinsanteile im Bodenskelett haben auf den Kalkgehalt der Feinerde keinen Einfluß, da Kalzit als Bikarbonat vollständig in Lösung geht. In der oberen Bodenkrume überwiegt das MgO ganz bedeutend über die Kalkerde. Hohe MgO-Gehalte sind bei großen Grünschiefer- und Serpentinanteilen festzustellen, kleine bei geringem Anteil an basischen, magnesiumreichen Gesteinen. In tieferen Bodenhorizonten ist bei Dolomit-

gehalt das Mg in der Feinerde verhältnismäßig weniger ausgelaugt als der Kalk.

7. Bei Berücksichtigung der leichten Löslichkeit und Auswaschung der Karbonate sind enge Beziehungen zwischen dem Mineralbestand des Ausgangsmaterials und des Bodens vorhanden. Dies gilt besonders für die Grüngesteinsminerale, während der Quarz und die Glimmerminerale sich in der Feinerde und in den tieferen Bodenschichten etwas anreichern können.

8. Während von den Alpböden her den Pflanzen Mg im Überfluß und Ca (besonders bei Berücksichtigung der Durchwurzelung größerer Bodentiefen und des Eindringens der Wurzeln in Spalten des Gesteins) in genügender Menge zur Verfügung steht, besteht vor allem bei den Magerweiden ein ausgesprochener P-Mangel.

b) Beziehungen zwischen Boden und Mineralstoffgehalt des Grases.

9. Die mathematisch-statistische Verarbeitung der Durchschnittszahlen der Grasanalysen ergab zunächst für Ca beim Vergleich der Fettweiden zu den Magerweiden Unterschiede bloß zufälliger Art. Für P, Mg, K, Cl und S sind die Unterschiede dagegen stark gesichert, wobei die Düngung auf allen Bodentypen und bei allen Gesteinsarten des Skelettes im wesentlichen gleich stark einwirkt. Betreffend den Einfluß der Gesteinsart des Skelettes ergaben auf Magerweiden Kalkphyllite einen höheren Ca-Gehalt des Grases als Gras auf Gneisen und Grüngesteinen. Besonders stark gesichert sind die Unterschiede im Mg-Gehalt, so daß Grasproben auf Grüngesteinen einen wesentlich höheren Mg-Gehalt aufweisen, als Grasproben auf Gneisen oder Kalkschiefern. Gemischte Karbonat-Silikatgesteine nehmen in bezug auf Ca und Mg eine Zwischenstellung ein. Beim P sind die Unterschiede nur unwesentlicher Art, d. h. die Gesteinsart des Bodenskelettes vermag nicht gesicherte Unterschiede zu erzeugen. Dasselbe gilt auch für K, Na, Cl und S. Dagegen wirkt sich die Düngung ganz entscheidend aus, indem der P-Gehalt des Grases durchschnittlich auf das Doppelte ansteigt und wobei bei den Fettweiden die bei den Magerweiden beobachteten Einflüsse der Gesteinsarten durch die Düngung verwischt werden.

Weiterhin kann im allgemeinen kein Zusammenwirken zwischen Gesteinsart und Bodentypus festgestellt werden, d. h. die Einflüsse der Gesteinsart und der Bodenart sind voneinander unabhängig.

Die gleiche Betrachtungsweise betreffend den Einfluß des Bodentypus auf Magerweiden auf den Mineralstoffgehalt des Grases zeigte zunächst für Ca trotz erheblicher Unterschiede zwischen den Durchschnitten, daß diese Unterschiede nicht als wesentlich angesehen werden können, und zwar wegen der außerordentlich großen Streuung der Einzelwerte innerhalb der einzelnen Bodentypen. Dagegen ergeben sich für P stark gesicherte Unterschiede. Feinkörnig-toniger Rohboden weist den höchsten, Podsole den niedrigsten Gehalt auf. Für Mg ergeben sich schwach gesicherte Unterschiede. Grasproben auf Braunerde- und Bündner Schieferböden ergeben die höchsten, Podsole die niedrigsten Mg-Gehalte.

10. Die Analysen einzelner Pflanzen ergaben, daß gewisse, auf mageren Stellen gewachsene Pflanzen einen z. T. merklich höheren P-Gehalt aufweisen, als der Durchschnitt der Mischproben auf Magerweiden beträgt. Umgekehrt fallen andere Einzelpflanzen durch ihren niederen Ca- und P-Gehalt auf.

11. Auf Grund der Futteranalysen der Fettwiesen aus Mayens und Dörfern des Val d'Hérens ergibt sich, daß auch hier der P-Gehalt des Heus zum Teil zu wünschen übrig läßt. Dagegen ist die mineralstoffliche Zusammensetzung des Embs eine durchwegs sehr gute.

c) Düngungszustand der Böden.

Als sehr stark sauer bis sauer erweisen sich bei den Fettweiden 38%, bei den Magerweiden 69% der Böden. 49% der untersuchten Fettweideböden und 91,5% der Magerweiden sind ausgesprochen P-säurebedürftig. In 55,1% würde auch eine Kalidüngung der Fettweiden ertragsverbessernd wirken und 71,3% der Magerweiden sind ausgesprochen K-bedürftig.

Résumé.

L'étude des relations entre la nature du sol et la teneur du fourrage en substances minérales sur des échantillons analysés de sols (roches mères principales: gneiss, serpentines, roches vertes, quartzites, phyllites calcaires), d'herbe, de foin et de regain, provenant du Val d'Hérens, a donné les résultats suivants:

a) Etude des sols.

1. La composition de la terre fine en particules minérales correspond en gros à la constitution des matériaux grossiers du sol. Ainsi, une analyse méticuleuse du matériel rocheux (matériaux

grossiers) présente une image fidèle de la composition minérale du sol; il faut toutefois prendre en considération que les niveaux supérieurs du sol sont décalcifiés.

2. Les teneurs en humus des couches supérieures du sol sont assez égalisées et oscillent autour de 12% environ. Les sols situés sur un substratum siliceux sont considérablement plus riches en humus que les sols abondants en roches carbonatées. Il peut se présenter aussi, dans le Val d'Hérens, de hautes teneurs en humus dans des sols marécageux et des sols siliceux à humus situés à une altitude élevée. Toutefois l'herbe croissant sur ces sols marécageux passe généralement pour un mauvais fourrage, ce que confirment aussi nos analyses.

3. Les analyses font ressortir que P_2O_5 ne se présente nulle part en grandes quantités (dépassant quelques dixièmes %) dans le matériel rocheux frais. Des échantillons mélangés des matériaux grossiers de tous les pâturages gras et maigres étudiés minutieusement ont donné à peu près les mêmes teneurs dans les deux catégories. Ces teneurs sont petites en regard de celles que présentent les gneiss d'Arolla et les prasinites et ont été vraisemblablement abaissées par l'adjonction de serpentines et de phyllites calcaires.

4. Lors de la formation des sols, il s'est produit par contre un enrichissement en P_2O_5 , considérable en comparaison de la teneur montrée par les matériaux grossiers, aussi bien dans les pâturages gras que dans les maigres. Ce phénomène doit être attribué d'une part à la formation de l'humus dans les couches supérieures du sol et d'autre part à une fumure additionnelle des pâturages gras. C'est pourquoi la teneur en P de la terre fine, particulièrement dans les niveaux supérieurs des sols gras, est nettement supérieure à la valeur correspondante des pâturages maigres.

5. L'acide phosphorique facilement soluble dépend de la teneur en substances organiques et provient probablement de leur décomposition. Ce P facilement soluble diminue avec la profondeur du sol. On observe des teneurs en P facilement soluble notablement plus petites dans les échantillons de roches pulvérisées provenant des sols des alpages étudiées.

6. Une proportion considérable de roches carbonatées, dans les matériaux grossiers du sol, n'exerce pas d'influence sur la teneur en chaux de la terre fine, car la calcite est complètement dissoute à l'état de bicarbonate. La magnésie est beaucoup plus abondante que la chaux dans la couche superficielle du sol. On observe de hautes teneurs en MgO lorsque les roches vertes et les serpentines

sont abondantes et de faibles teneurs quand il y a une petite proportion de roches basiques, riches en magnésium. La magnésie est relativement moins lessivée que la chaux dans les niveaux plus profonds du sol et en présence de dolomie.

7. On constate des relations étroites entre la composition minérale du matériel de départ et celle du sol, si l'on tient compte de la solubilité facile et du lessivage des carbonates. Ceci est particulièrement valable pour les minéraux des roches vertes, alors que la terre fine et les couches profondes du sol peuvent s'enrichir quelque peu en quartz et en micas.

8. Alors que les sols des alpages mettent à la disposition des plantes du Mg en abondance et du Ca en quantité suffisante (particulièrement si l'on tient compte de la croissance et des ramifications des racines, qui pénètrent en profondeur et dans les fissures des roches), il existe, avant tout dans les pâturages maigres, un déficit en P très marqué.

b) Relations entre la nature du sol et la teneur de l'herbe en substances minérales.

9. L'étude statistique des moyennes des analyses d'herbe a montré, en premier lieu pour Ca, des différences uniquement dues au hasard, dans la comparaison des pâturages gras aux pâturages maigres. Pour P, Mg, K, Cl et S, les différences sont par contre fortement accusées, en tant que la fumure, sur tous les types de sols et pour toutes les sortes de roches des matériaux grossiers, exerce également une forte influence. En ce qui concerne l'action des diverses sortes de roches des matériaux grossiers, l'herbe des pâturages maigres montre une plus haute teneur en Ca sur des phyllites calcaires que sur des gneiss ou des roches vertes. Les différences dans les teneurs en Mg sont particulièrement marquées, en sorte que l'herbe sur des roches vertes montre une teneur en Mg notablement plus élevée que l'herbe sur des gneiss ou des calc-schistes. Les roches mixtes, carbonatées et siliceuses, ont une position intermédiaire, relativement à Ca et Mg. Pour P, les différences ne présentent pas d'importance, c'est-à-dire que les diverses sortes de roches des matériaux grossiers n'engendrent pas de différences certaines. Par contre, l'action de la fumure est décisive en ceci que la teneur de l'herbe en P monte en moyenne au double et que, dans les pâturages gras, les influences observées dans les pâturages maigres et dues aux diverses sortes de roches ont été effacées par la fumure.

On ne peut constater, de plus, aucune interaction entre l'espèce de la roche et le type du sol, c'est-à-dire que les influences des sortes de roches et des types de sols sont indépendantes les unes des autres.

La même manière d'envisager les choses, quant à l'influence du type de sol des pâturages maigres sur la teneur de l'herbe en substances minérales, a montré pour Ca, malgré des différences sensibles entre les moyennes, que ces différences ne peuvent pas être considérées comme essentielles à cause de l'extraordinairement grande dispersion des valeurs isolées pour un type de sol donné. On observe par contre des différences fortement marquées pour P. Le sol primitif (Rohboden), argileux et à grain fin, présente la plus haute teneur, le podzol la plus basse. Pour Mg, il existe des différences faiblement accusées. L'herbe sur des sols de terre brune et de schistes lustrés montre les plus hautes teneurs en Mg, le podzol les plus basses.

10. Les analyses de plantes isolées ont montré que certaines plantes, croissant dans des endroits maigres, ont en partie une teneur en P notablement plus haute que la moyenne des échantillons mélangés des pâturages maigres. Inversement, d'autres plantes isolées se font remarquer par leur teneur plus basse en Ca et P.

11. Il résulte des analyses des prés gras des mayens et des villages du Val d'Hérens que la teneur du foin en P laisse en partie à désirer, ici aussi. Par contre, la teneur du regain en substances minérales est généralement très bonne.

c) Etat de fumure des sols.

38% des sols dans les pâturages gras, 69% dans les pâturages maigres, se sont montrés acides ou très acides. 49% des sols des pâturages gras étudiés et 91,5% des pâturages maigres sont déficitaires en acide phosphorique d'une manière prononcée. La production de 55,1% des pâturages gras serait aussi améliorée par une fumure de potasse et 71,3% des pâturages maigres sont fortement déficitaires en K.

Literaturangaben.

1. F. Almasy, A. Krupski, H. Ulrich: Schweiz. landw. Monatshefte 18. Jahrg., Heft 12, 1940, S. 285. — 2. E. Argand: Geologischer Führer der Schweiz, H. III, 1934, S. 149. — 3. E. Argand: Carte géologique du Massif de la Dent Blanche, 1 : 50 000, Spez.-Karte d. Geol. Kommission, Nr. 52, 1908. — 4. E. Argand: Carte géologique de la Région du Grand

Combin, 1 : 50 000, Spez.-Karte Nr. 93 der Geol. Kommission, 1934. — 5. C. W. Correns: Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 21/22, S. 656 bis 666, 1940. — 6. C. W. Correns und W. v. Engelhardt: Chemie der Erde, Bd. 12, 1938, S. 1. — 7. W. v. Engelhardt: Chemie der Erde, Bd. 11, 1937, S. 17. — 8. E. Frei: Dissertation, Zürich, E.T.H. 1944. — 9. M. Gschwind und P. Niggli: Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, 17. Lieferung. — 10. F. v. Grünigen: Schweiz. landwirtschaftliche Monatshefte, Heft 12, 1945. — 11. A. Hasler: Schweiz. landwirtschaftliche Monatshefte, Jahrg. 21, Nr. 8, S. 191. — 12. F. Herrmann: Thèse, Lyon 1907. — 13. H. Jenny: Hochgebirgsböden, Handbuch der Bodenlehre, Bd. III, S. 96, 1930. — 14. H. Jenny: Die alpinen Böden. Untersuchung des Schweizerischen Nationalparks, Denkschrift der S.N.G., Bd. 58, Abhandlung 2, 1926. — 15. A. Krupski, J. Schlittler, F. Almasy, H. Ulrich: Schweiz. landwirtschaftliche Monatshefte, 22. Jahrg. 1944, S. 205 u. 241. — 16. A. Krupski, F. Almasy, H. Ulrich, J. Tobler: Schweiz. landwirtschaftliche Monatshefte, 18. Jahrg., Heft 11, 1940, S. 261—281. — 17. W. Lüdi: Bericht über das geobotanische Forschungsinstitut Rübel, pro 1944, S. 35. — 18. Maurer, Billwiler und Heß: Das Klima der Schweiz. — 19. A. Meyer: Dissertation Zürich, E.T.H. 1926. — 20. P. Niggli: Schweiz. Min.-petr. Mitt., Bd. V, Heft 2, 1925. — 21. P. Niggli, F. de Quervain, R. U. Winterhalter: Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie, 14. Liefg. — 22. H. Pallmann: Schweiz. landwirtschaftliche Monatshefte, Jahrg. 20, Nr. 6/7, S. 143. — 23. H. Pallmann, E. Frei, H. Hamdi: Kolloidzeitschrift, Bd. 103, H. 2, 1943. — 24. A. H. Stutz: Schweiz. Min.-petr. Mitt., Bd. XX, 1940, S. 117. — 25. G. Wiegner, H. Pallmann: Agrikulturchemisches Praktikum 1938. — 26. A. Krupski: Festschrift O. Bürgi 1943; Bulletin der Schweiz. Akademie der Mediz. Wissenschaften 1944, S. 115; Zeitschrift für Vitaminforschung 14, S. 300, 1944; Vierteljahrsschrift N. G. Z. 90, S. 81, 1945. — 27. J. Schlittler und A. Krupski: Zeitschrift für Vitaminforschung 17, S. 207, 1946.

*

Errata: In der Fußnote auf Seite 487 soll es heißen: Also, al + fm + c + alk = 100; si gibt das entsprechende molekulare Verhältnis für SiO_2 ;

Die klinische Feststellung der Vallée'schen Krankheit (infektiösen Anämie der Pferde)¹⁾.

Von Werner Steck.

Die äußere Anregung zu meinem Kurzreferat ist von unserem Vorstand ausgegangen. Ich möchte sie bestens danken. Es freut mich, bei dieser Gelegenheit auch Herrn Kantonstierarzt Cappi und den Walliser Tierärzten für ihre freundliche Hilfe bei

¹⁾ Kurzreferat anlässlich der Jahresversammlung der Ges. Schweiz. Tierärzte, Sitten 14. September 1947.