

DAS WIRTSCHAFTSEIGENE FUTTER

ERZEUGUNG
KONSERVIERUNG
VERWERTUNG

DLG-VERLAGS-GMBH



Band 23 Heft 3/4

4. Vierteljahr 1977

Aus dem Lehrstuhl für Grünlandlehre der Technischen Universität München in Weihenstephan

Die alpwirtschaftlich genutzten Böden der Allgäuer Faltenmolasse

G. Spatz

1. Einleitung

Die Böden sind Ausdruck eines Jahrtausende währenden Zusammenspiels von Ausgangsgestein, Klima und Zeit. Dazu kommt als wichtige, bodenbildende Größe der biotische Faktor. Sehr eng sind die Wechselbeziehungen zwischen Bodenbildung und Vegetation. Erst spät, aber oft tiefgreifend hat der Mensch durch seine Bewirtschaftungsmaßnahmen die Böden verändert. Doch erst in ihrem Bezug zur Bewirtschaftung erhalten die Böden ihre volle Bedeutung, sie werden zur Basis für die pflanzliche Produktion und damit die Ernährung der Menschen.

Wenngleich die almwirtschaftliche Nutzung die Böden in weit geringerem Maße beeinflusst als jede Art des Ackerbaues, bestehen doch zahlreiche Wechselbeziehungen zwischen den Bodenfaktoren und der Zusammensetzung und Leistungsfähigkeit der Weidenarbe.

2. Material und Methoden

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet beschränkt sich auf die von SSW nach NNO streichenden Bergkämme der Allgäuer Faltenmolasse zwischen der Iller als Grenze im Osten und der bayerischen Landesgrenze im Westen, Gunzesrieder- und Balderschwangertal im Süden und dem Stixnertal im Norden. An die bis 1700 m hohe, südlichste Bergkette mit Siplinger-, Heiden- und Giren-Kopf, grenzt im Norden, durch die Talfurche des Lecknerbaches getrennt, die Hauptkette mit Steineberg, Stuiben, Rindalp-Horn und Hochgrat (1833 m ü. NN). Nördlich des Ehrenschwangeraltales bilden Immenstädter Horn, Denneberg und Prodel eine bis 1500 m hohe Bergkette, die steil in das breite Tal der Konstanzer Ach mit dem Alpsee abfällt. Nördlich des Alpsees erheben sich die Thaler Höhe und die Salmaser Höhe bis 1250 m.

Für die praktische Anleitung bei den bodenkundlichen Untersuchungen im Gelände möchte ich Herrn RD Dr. Diez, damals Bayerisches Geologisches Landesamt, jetzt Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, sehr herzlich danken.

Im Untersuchungsgebiet überwiegen bei weitem die Sedimente der Unteren Süßwassermolasse, nur stellenweise treten Bausteinschichten und Tonmergelschichten der Unteren Meeresmolasse zutage.

Sehr charakteristisch ist die Kleinrhythmik der Molassesedimentation. Innerhalb einer Mächtigkeit von 10 bis 40 m wechseln Nagelfluh, Sandstein und Mergel. An der Basis der Nagelfluhbänke herrschen meist grobe Gerölle vor, die nach oben kleiner werden, es folgt eine Sandsteinbank, über der Mergel lagern.

Aus dem Quartär stammen weitverbreitete Altmoränenablagerungen, die z.B. das Tertiär des nördlichen Prodelabfalles in großen Teilen überdecken. Würmmoränen wurden nur durch kleinere Lokalgletscher geschaffen (VOLLMAYR, 1958; SCHMIDT-THOME, 1955; Geologische Übersichtskarte).

Das Klima ist gekennzeichnet von überreichen Niederschlägen, die zu langen schneereichen Wintern und feuchtkühlen Sommern führen. Die Niederschläge nehmen in der Regel mit wachsender Höhenlage zu, die Temperaturen ab. Die langjährigen mittleren Jahresniederschläge reichen im Untersuchungsgebiet von etwa 1700 bis 2400 mm, die Temperaturen von rund 3.5 bis 6.5° C im Jahresmittel. Ohne weiter auf die Klimaverhältnisse einzugehen, mögen die wenigen Angaben genügen, um anzudeuten, daß überreiche Niederschläge und geringe Temperaturen die Bodenbildung entscheidend beeinflusst haben. Selbst flachgründige Böden sind daher oberflächlich entkalkt. Die Mikroorganismenaktivität wird mit zunehmender Höhenlage so stark reduziert, daß die organische Substanz im Boden hohe Anteile erreicht.

2.2 Einfluß der Nutzung

Die almwirtschaftliche Nutzung der ehemaligen Waldböden hat diese je nach der Nutzungsintensität mehr oder weniger stark verändert. Auf steilen Hängen haben sich durch den regelmäßigen Tritt des Weideviehs hangparallel verlaufende Strukturen, die sogenannten „Viehtreppen“ oder „Viehgangeln“ ausgebildet. Düngungsmaßnahmen, wie sie meist nur im unmittelbaren Bereich der Almhütten durchgeführt worden sind, haben die Nährstoffgehalte im Boden verbessert und die pH-Werte erhöht. Andererseits hagerten abgelegene, nur extensiv beweidete Flächen durch den ständigen Nährstoffentzug aus und unter der sich bildenden Borstgras- und Heidevegetation konnten podsolige Böden entstehen.

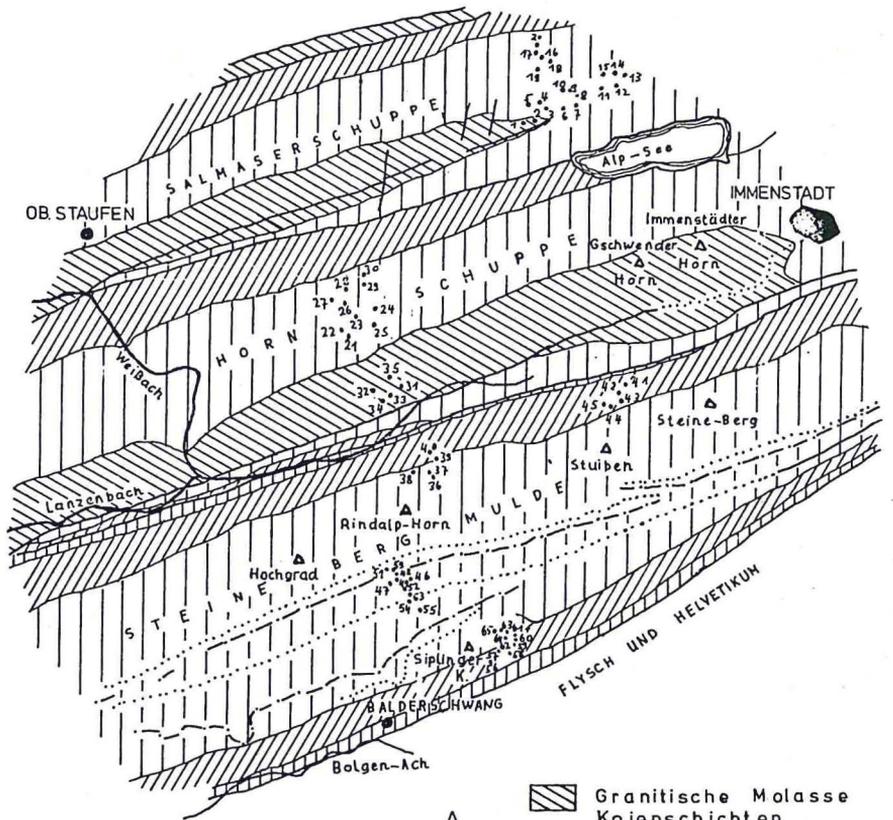
Um die Wechselbeziehungen zwischen Boden, Grünlandvegetation, Bewirtschaftung und Futterleistung näher zu untersuchen, wurden mehrjährige Geländearbeiten durchgeführt.

2.3 Bodenuntersuchungen

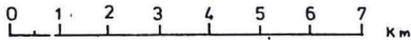
Neben Ertragsfeststellungen und botanischen Pflanzenbestandsaufnahmen wurden auf 65 Standorten die Böden analysiert. Das Augenmerk richtete sich vor allem darauf, die Standorte zwischen den Höhenmarken 900 und 1600 m ü. NN gleichmäßig zu verteilen und in den verschiedenen Höhenlagen intensiv und extensiv genutzte Flächen zu erfassen.

Abbildung 1

GEOL. ÜBERSICHTSKARTE DER FALTENMOLASSE
IM UNTERSUCHUNGSGEBIET



Masstab = 1:100 000



N

Granitische Molasse
Kojenschichten

Steigbachschichten

Weißachschichten

Unt. Meeresschichten

Kartengrundlage :

Schichtgrenze

Geol. Übersichtskarte der Falten-

Störung

molasse des Westallgäu und

Sattellinie

Vorarlberg (Vollmayr 1958)

Muldenlinie

1-65. Untersuchungsflächen

Als Grundlage für die bodenkundlichen Untersuchungen dienten die Anleitungen und Richtlinien zur Herstellung der Bodenkarte 1 : 25 000 (ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE, 1965). Die Nomenklatur der Bodentypen erfolgte nach MÜCKENHAUSEN (1963), die Einteilung der Pelosole nach DIEZ (1963).

Die Bodenprofile wurden mit dem Pürkhauer Bohrer abgebohrt oder aufgegraben. Die pH-Bestimmung erfolgte für alle Horizonte mit dem Taschen-pH-Meter von WTW elektronisch in $\frac{n}{10}$ KCl.

Mischproben aus den oberen 1 – 7 cm wurden von allen Standorten gesammelt; Proben aus den Unterboden-Horizonten nur von einigen besonders typischen Bodenprofilen. Die Hauptversuchsanstalt Weihenstephan führte von 65 Proben aus dem A_h-Horizont die Bestimmung von K₂O und P₂O₅-Gehalt nach der Doppelaktatmethode und vom Gesamt-N und Gesamt-C nach dem Schnellverfahren nach SPRINGER und KLEE durch.

An 14 Proben aus den Unterboden-Horizonten der aufgegrabenen Profile wurden K₂O- und P₂O₅-Gehalte, pH-Werte, Austauschkapazität und austauschbare Kationen nach MEHLICH sowie die Korngröße mit der Pipettmethode nach KÖHN analysiert.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Morphologie der Böden

Sehr bezeichnend für die vorgefundenen Böden ist die Kombination von Merkmalen verschiedener Böden in ein und demselben Boden. Nur wenige Böden können einem klar definierten Normaltyp zugeordnet werden. Trotzdem wird versucht, bestimmte Einheiten herauszuarbeiten.

Braunerden

Reine Braunerden geringer bis mittlerer Entwicklungstiefe finden sich auf Hangschutt, aber auch auf anstehendem Sandstein, Nagelfluh und Kalkmergel. In Wasserzuglage gehen diese Böden in Pseudogley-Braunerden großer Entwicklungstiefe über. Profil 51 ist als typische Braunerde anzusprechen.

Profil 51:

Alpe Scheidewang, 1380 m ü. NN, ebene Stelle auf Rücken

Braunerde mittlerer Entwicklungstiefe aus anstehender Molasse-Nagelfluh

| | | |
|----------------|------------|---|
| A _h | 0 – 15 cm | dunkelbrauner, humoser, feinsandig-schluffiger Lehm, pH in 5 cm Tiefe 4.8, in 10 cm Tiefe 5.0 |
| B _v | 16 – 50 cm | braungelber, leicht grusiger, feinsandig-schluffiger, toniger Lehm, pH in 30 cm Tiefe 5.2 |
| C | 51 + | anstehende Molasse-Nagelfluh |

Parabraunerden

Die meisten Böden lassen sich den Parabraunerden zuordnen. Dabei sind von der Braunerde-Parabraunerde bis zur podsolierten Parabraunerde alle Übergänge vorhan-

den. Pseudovergleyte Parabraunerden finden sich ebenfalls häufig. In Profil 43 ist eine Parabraunerde mittlerer Entwicklungstiefe gezeigt.

Profil 43:

Alpe Gund, 1505 m ü. NN, 3^o NNO, flacher Rücken
Parabraunerde mittlerer Entwicklungstiefe aus Molasse-Nagelfluh

| | | |
|----------------|------------|---|
| A _h | 0 — 5 cm | grauschwarzer, stark humoser, leicht feinsandiger, schluffiger Lehm, filzig bis krümelig, pH in 4 cm Tiefe 4.0 |
| A ₁ | 5 — 12 cm | hellgraubrauner, leicht grusiger, feinsandiger, schluffig-toniger Lehm, bröckeliges Gefüge, pH in 9 cm Tiefe 3.5 |
| B _t | 12 — 30 cm | graubrauner, leicht grusiger, feinsandiger, schluffig-toniger Lehm, feinpolyedrisches Gefüge, pH in 20 cm Tiefe 3.6 |
| BC | 30 — 60 cm | graubrauner, leicht grusiger, stark feinsandiger, schluffig-toniger Lehm, polyedrisches Gefüge, pH in 45 cm Tiefe 3.9 |
| C | 60 + cm | anstehende Nagelfluh |

Pelosolartige Böden

Pelosole mit Übergängen zu Braunerde, Parabraunerde und Pseudogley sind häufig anzutreffen. Der Übergangscharakter der Böden kommt vor allem dadurch zustande, daß die aus der Mergelverwitterung stammende, schwere Bodenart durch eine leichtere Solifluktions-Deckschicht verhüllt wird. Als Beispiel einer staunassen Pelosol-Braunerde sei Profil 5 dargestellt. Der eigentliche P-Horizont ist unter einer Deckschicht begraben.

Profil 5:

Alpe Hohenschwand, 1035 m ü. NN, 10^o SSO, Mittelhang
Pelosolbraunerde, schwach pseudovergleyt, aus Molasse-Solifluktionsschutt über Tonmergelverwitterung

| | | |
|-----------------|-------------|---|
| A _h | 0 — 8 cm | dunkelbraungrauer, humoser, leicht grusiger, feinsandig-schluffiger Lehm, rost- und graufleckig, subpolyedrisch-bröckeliges Gefüge, pH in 5 cm Tiefe 3.4 |
| SB _v | 8 — 30 cm | gelbbrauner, grusiger, feinsandig-schluffiger Lehm, rost- und graufleckig, grobpolyedrisches Gefüge, feinpolyedrisch zerlegbar, gut durchwurzelt, pH in 20 cm Tiefe 3.6 |
| II SP | 30 — 100 cm | hellgelbbrauner, rost- und graufleckiger, schluffig-lehmiger Ton, grobpolyedrisches Gefüge, mittelpolyedrisch zerlegbar, pH in 45 cm Tiefe 3.7 |

In Parabraunerde-Pelosolen mit der Horizontfolge A_h-A₁P-B_tP-C ist der A₁P-Horizont nur schwach ausgeprägt, so in Profil 9.

Profil 9:

Alpe Hinterschwand, 975 m ü. NN, 11° S, Hangverflachung am Mittelhang
Parabraunerde-Pelosol mit leichter Tondurchschlammung aus Melasse-Tonmergel

| | | |
|------------------|---------------|--|
| A _h | 0 – 12 cm | grauschwarzer, humoser, feinsandig-schluffiger, toniger Lehm, subpolyedrisches Gefüge, pH in 4 cm Tiefe 5.2, in 8 cm Tiefe 4.6 |
| A ₁ P | 13 – 35 cm | hellgelber, örtlich auch rotbrauner, schwach feinsandig-schluffiger, toniger Lehm, polyedrisches Gefüge, pH in 25 cm Tiefe 4.3 |
| C | 71 – 100 cm + | Tonmergel |

Der höhere Wert im A_h-Horizont ist auf Düngemaßnahmen zurückzuführen.

Podsolige Böden

Obwohl die Böden durchweg aus kalkhaltigem Material entstanden sind und keine ausgesprochenen Rohhumusaufgaben festgestellt werden konnten, treten öfters Bleichhorizonte von mehreren cm Mächtigkeit auf. Böden mit einem derartigen Bleichhorizont werden als podsolige Parabraunerden bezeichnet, so in Profil 50. Ob die Podsolierung als Relikt der ehemaligen Waldvegetation anzusehen ist oder sekundär unter sehr extensiver Weidenutzung abläuft, ist schwer zu sagen. Jedenfalls sind podsolige Böden nur unter Borstgras und erikaceenreicher Vegetation anzutreffen, die extensiv beweidet wird und keinerlei Düngung empfängt. Es darf angenommen werden, daß podsolige Parabraunerden unter intensiverer Nutzung zu Parabraunerden regradieren. SCHEFFER und SCHACHTSCHNABEL schreiben 1966: „Durch starke Beweidung podsolierter alpiner Böden kann eine Verringerung der Intensität der Podsolierung hervorgerufen werden.“

Profil 50:

Alpe Scheidewang, 1380 m ü. NN, 16° SO, Hangrücken
Schwach podsolige Parabraunerde aus Sandmergel

| | | |
|----------------|------------|---|
| A _h | 0 – 5 cm | schwarzer, stark humoser, feinsandig-lehmiger Schluff, filziges bis krümeliges Gefüge, pH in 4 cm Tiefe 3.6 |
| A _e | 5 – 10 cm | hellgraugelber, schwach humoser, stark schluffiger Feinsand, bröckeliges Gefüge, pH in 8 cm Tiefe 3.5 |
| A ₁ | 10 – 25 cm | hellgelber, brauner, feinsandig-schluffiger Lehm, bröckeliges Gefüge, pH in 15 cm Tiefe 3.5 |
| B _t | 25 – 40 cm | braungelber, feinsandiger, schluffig-toniger Lehm, polyedrisches Gefüge, pH in 30 cm Tiefe 3.6 |
| C _v | 40 – 70 cm | graugelber, feinsandig-toniger Lehm |
| C _n | 70 cm + | Sandmergel |

Während Pseudogleymerkmale in allen beschriebenen Bodentypen vorkommen, finden sich ausgeprägte Pseudogleye, wie etwa Profil 23, nur selten.

Profil 23:

Alpe Mittelklamm, 1070 m ü. NN, 6° W, Bachschwemmkegel am Hangfuß

Pseudogley durch ziehendes Hangwasser stark naßgebleicht, aus Molasse-Hangschutt

| | | |
|-----------------|-------------|---|
| SA _h | 0 – 10 cm | dunkelgrauer, stark humoser, feinsandig-schluffiger Lehm, leicht rostfleckig, pH in 5 cm Tiefe 4.3 |
| S _w | 10 – 50 cm | weißgrauer, grusiger, feinsandig-schluffiger Lehm, rost- und graufleckig mit Eisen- und Mangankonkretionen, pH in 30 cm Tiefe 3.7 |
| S _d | 50 – 100 cm | hellbraungrauer, grusiger, stark toniger Lehm, rostfleckig, pH in 70 cm Tiefe 3.9 |

3.2 Bodeneigenschaften

Bodenreaktion

Die Bodenreaktion der obersten Schicht liegt zumeist im stark sauren, selten im schwach sauren Bereich. In den meisten Fällen nimmt die Versauerung in den tiefen Bodenschichten ab, lediglich auf intensiver genutzten Standorten macht sich im A_h-Horizont die Düngewirkung in Form eines höheren pH-Wertes bemerkbar. Im anstehenden Gestein zeigt sich der freie Kalk unter der Salzsäureprobe durchweg mit starkem Aufbrausen an. Tabelle 1 enthält die mittleren pH-Werte der verschiedenen Bodentypen.

Der Variationskoeffizient, der die Varianz als Relativwert ausdrückt, charakterisiert die starken pH-Wert-Schwankungen in den verschiedenen Horizonten. In den genetisch jungen Braunerdeböden ist die Basenverarmung im Vergleich zu der anderer Bodentypen weniger weit fortgeschritten. Der pH-Wert schwankt aber stark, wie die hohen Variationskoeffizienten zeigen. Die genetisch alten, podsolierten Parabraunerden sind besonders basenarm und weisen auch die geringsten pH-Schwankungen auf. Die polosolartigen Böden und die Parabraunerden liegen mit ihren pH-Werten zwischen den Extremen.

Humusformen

Sämtliche A_h-Horizonte sind sehr stark humos bis moorig. Von den Braunerden zu den podsolierten Parabraunerden nimmt die organische Substanz in Prozenten zu, ihr C : N-Verhältnis wird weiter. Der Anteil an organischer Substanz schwankt vor allem in den Braunerden und den podsolierten Parabraunerden stark. Ein enges C : N-Verhältnis kennzeichnet die Humusform Mull, während ein hoher Anteil an organischer Substanz saure Reaktion (Tab. 1) und niederer V-Wert (Tab. 5) als Merkmale der Humusform Moder gelten. Offensichtlich sind die in der Ebene erarbeiteten Richtwerte für die Böden extremer Klimagebiete nur sehr bedingt anwendbar (SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL, 1966).

Tabelle 1: Die pH-Werte der verschiedenen Bodentypen

| Horizonte | von | bis | Mittelwert | Variationskoeffizient |
|-------------------------------------|-----|-----|------------|-----------------------|
| Braunerden (N = 12) | | | | |
| A _h | 3.6 | 5.9 | 4.54 | 18.6 |
| B _v | 3.6 | 6.9 | 4.74 | 24.1 |
| Pelosolartige Böden (N = 8) | | | | |
| A _h | 3.3 | 5.2 | 3.96 | 10.7 |
| A ₁ B _v P | 3.5 | 4.6 | 3.94 | 9.2 |
| B _t P | 3.5 | 4.9 | 3.98 | 9.9 |
| Parabraunerden (N = 33) | | | | |
| A _h | 3.4 | 4.8 | 3.95 | 9.6 |
| A ₁ | 3.2 | 4.6 | 3.82 | 7.6 |
| B _t | 3.4 | 5.0 | 3.91 | 8.3 |
| Podsoliierte Parabraunerden (N = 8) | | | | |
| A _h | 3.2 | 3.9 | 3.53 | 6.4 |
| A _e | 3.1 | 3.7 | 3.46 | 6.0 |
| A ₁ | 3.1 | 3.9 | 3.49 | 7.1 |
| B _t | 3.5 | 4.0 | 3.68 | 4.3 |

Tabelle 2: Organische Substanz und C:N-Verhältnis im A_h-Horizont 1 – 7 cm

| Bodentyp | Organische Substanz % | | | | C:N-Verhältnis | | | |
|-----------------------------|-----------------------|------|----------|--------------|----------------|------|----------|--------------|
| | von | bis | Mittelw. | Variationsk. | von | bis | Mittelw. | Variationsk. |
| Braunerden | 7.7 | 17.7 | 12.09 | 47.78 | 6.9 | 13.6 | 9.83 | 22.04 |
| Pelosolartige Böden | 10.7 | 15.5 | 12.63 | 12.66 | 8.5 | 11.3 | 10.01 | 8.24 |
| Parabraunerden | | 19.3 | 13.68 | 28.56 | 8.6 | 13.8 | 9.94 | 11.86 |
| Podsoliierte Parabraunerden | 13.9 | 35.6 | 20.00 | 45.55 | 9.1 | 15.0 | 11.33 | 15.28 |

Nährstoffversorgung und Sorptionsverhältnisse

Die K_2O -Gehalte der A_H -Horizonte sind meist hoch, die P_2O_5 -Gehalte mittelhoch bis hoch (Tab. 3). Deutliche Unterschiede zwischen den Bodentypen bestehen nicht. Der in Tabelle 3 angegebene Bedarf an CaO in dt/ha soll lediglich ein Maßstab für die Kalkbedürftigkeit der untersuchten Böden sein.

Tabelle 3: Nährstoffversorgung im Ah-Horizont 1 – 7 cm

| Bodentyp | mg K_2O in 100 g Boden | | | | mg P_2O_5 in 100 g Boden | | | | Kalkb. dt CaO/ha | |
|-------------------------|--------------------------|------|----------|--------------|----------------------------|------|----------|--------------|--------------------|-----|
| | von | bis | Mittelw. | Variationsk. | von | bis | Mittelw. | Variationsk. | von | bis |
| Braunerden | 15.5 | 38.0 | 31.16 | 25.59 | 6.0 | 29.0 | 13.25 | 50.79 | 0 | 95 |
| Pelsolartige Böden | 30.5 | 80.0 | 45.50 | 34.03 | 11.0 | 28.0 | 15.63 | 43.53 | 15 | 95 |
| Parabraunerden | 15.0 | 61.0 | 29.91 | 36.76 | 6.0 | 73.0 | 15.85 | 93.67 | 6 | 95 |
| Podsoliierte Braunerden | 19.5 | 61.0 | 34.78 | 46.98 | 9.0 | 27.0 | 15.79 | 53.79 | 45 | 95 |

Die gute Versorgung mit pflanzenverfügbaren Nährstoffen in den oberen Bodenschichten ist durch die häufig beschriebene Tatsache zu erklären, daß gerade extensiv genutzte Böden wegen des geringen Entzuges hohe Nährstoffgehalte aufweisen (KLAPP, 1965).

An einigen genauer untersuchten Profilen ist in Tabelle 4 dargestellt, wie rasch sich Nährstoffgehalt und Kalkbedarf in der Horizontfolge von oben nach unten verändern.

In Profil 9 muß in den vergangenen Jahren eine Aufkalkung erfolgt sein. In Profil 43 macht sich organische Düngung bemerkbar.

An denselben Profilen wurden die Sorptionsverhältnisse ebenfalls für sämtliche Horizonte untersucht. Die Austauschkapazität (T-Wert) liegt lediglich in den stark humosen A_H -Horizonten recht hoch, sonst weisen die stark tonigen Horizonte den höchsten T-Wert auf. In Profil 9 verrät der hohe Anteil an Kalzium-Ionen die erfolgte Aufkalkung. Im allgemeinen ist der Anteil an austauschbaren Kationen sehr gering. Im Idealfall sollte der Anteil an Kalzium allein 60 % betragen, was nur in Profil 9 annähernd erreicht wird.

In Profil 5 nehmen T-, S- und V-Wert sowie die meisten basenbildenden Kationen nach unten zu. In den übrigen Profilen weisen die A_e - und A_1 -Horizonte meist deutlich geringere Austauschkapazität und Bäsensättigung auf – ein Hinweis auf den Vorgang der Tonzerstörung und Tondurchschlämmung (in A_e von Profil 50 war wohl noch etwas Humus enthalten).

Tabelle 4: Nährstoffversorgung und CaO-Bedarf in den verschiedenen Horizonten der wichtigsten Bodentypen

| Profil/ Horizont | cm | mg K ₂ O in 100 g Boden | mg P ₂ O ₅ in 100 g Boden | Kalkbedarf dt CaO/ha |
|---------------------------|------------|---------------------------------------|--|-------------------------|
| Pelosol-Braunerden | | | | |
| | 1 – 5 | 19.0 | 15.0 | 20 |
| 5 Ah | 6 – 8 | 9.0 | 3.0 | > 95 |
| 5 SB _v | 9 – 35 | 7.0 | 2.0 | > 95 |
| II 5 SP | 36 – 100 + | 8.0 | 1.0 | > 95 |
| Pelosol-Parabraunerde | | | | |
| 9 Ah | 0 – 5 | 30.5 | 11.0 | 15 |
| 9 Ah | 6 – 15 | 8.0 | 12.0 | 34 |
| 9 PA ₁ | 16 – 35 | 4.5 | 1.5 | 27 |
| 9 PB _t | 36 – 70 | 17.5 | 1.0 | 7 |
| Parabraunerde | | | | |
| 43 Ah | 0 – 5 | 43.0 | 18.0 | 95 |
| 43 A ₁ | 6 – 12 | 6.0 | 6.0 | > 95 |
| 43 B _t | 18 – 30 | 6.0 | 5.0 | > 95 |
| 43 BC | 31 – 60 | 6.0 | 4.5 | 72 |
| Podsolierte Parabraunerde | | | | |
| 50 Ah | 0 – 5 | 12.0 | 5.0 | 95 |
| 50 Ae | 6 – 10 | 7.5 | 3.0 | > 95 |
| 50 A ₁ | 11 – 25 | 3.0 | 2.0 | > 95 |
| 50 B _t | 26 – 40 | 4.0 | 2.0 | > 95 |

Bodenarten

Die Bodenarten in den A_h-Horizonten reichen von sandigem bis zu tonigem Lehm (Tab. 6).

Bezeichnend ist der hohe Anteil der Tonfraktion in den pelosolartigen Horizonten von 5 und 9. In den Profilen 43 und 50 macht die Differenz im Anteil der Tonfraktion zwischen den A₁- und den B_t-Horizonten den Sachverhalt der Tonverlagerung deutlich. So ist im Profil 50 der Anteil der Tonfraktion im Illuvialhorizont dreimal so hoch wie im A₁-Horizont und rund achtmal so hoch wie im Eluvialhorizont.

Tabelle 5: Sorptionsverhältnisse in näher untersuchten Böden

| Horizont | cm | T-Wert mval | S-Wert mval | V-Wert % | Ca mval | Mg mval | K mval | Na mval |
|-------------------|------------|----------------|----------------|-------------|------------|------------|-----------|------------|
| 5 A _h | 2 – 5 | 21.7 | 2.6 | 12 | 2.1 | 0.3 | 0.17 | 0.04 |
| 5 SB _v | 8 – 35 | 23.2 | 5.1 | 22 | 4.0 | 1.0 | 0.05 | 0.02 |
| II 5 SP | 36 – 100 + | 29.5 | 9.7 | 33 | 7.4 | 2.1 | 0.09 | 0.07 |
| 9 A _h | 2 – 15 | 30.1 | 22.6 | 75 | 20.2 | 2.2 | 0.12 | 0.06 |
| 9 PA ₁ | 16 – 35 | 21.1 | 14.6 | 69 | 12.7 | 1.8 | 0.04 | 0.02 |
| 9 PB _t | 36 – 70 | 34.0 | 32.7 | 96 | 27.0 | 5.2 | 0.39 | 0.08 |
| 43 A _h | 0 – 5 | 27.8 | 8.1 | 29 | 5.4 | 1.7 | 0.94 | 0.06 |
| 43 A ₁ | 6 – 12 | 19.0 | 2.6 | 14 | 2.0 | 0.5 | 0.10 | 0.04 |
| 43 B _t | 13 – 30 | 21.7 | 2.4 | 11 | 1.8 | 0.4 | 0.11 | 0.04 |
| 43 BC | 31 – 60 | 19.2 | 2.9 | 15 | 2.3 | 0.5 | 0.07 | 0.02 |
| 50 A _h | 0 – 5 | 19.2 | 3.3 | 17 | 2.3 | 0.6 | 0.31 | 0.04 |
| 50 A _e | 6 – 10 | 18.3 | 2.0 | 11 | 1.4 | 0.4 | 0.14 | 0.03 |
| 50 A ₁ | 11 – 25 | 13.9 | 1.2 | 9 | 0.9 | 0.2 | 0.04 | 0.04 |
| 50 B _t | 26 – 40 | 17.2 | 3.4 | 20 | 2.7 | 0.6 | 0.03 | 0.03 |

Tabelle 6: Korngrößenanalysen

| Profil/ Horizont | Ton | Schluff | Feins. | Grobs. | Bodenart |
|---------------------|------|---------|--------|--------|----------|
| 5 A _h | 18.7 | 29.8 | 26.5 | 25.0 | tL |
| 5 SB _v | 28.8 | 37.4 | 26.4 | 7.4 | IT |
| II 5 SP | 38.3 | 29.7 | 30.8 | 1.2 | IT |
| 9 A _h | 22.8 | 27.8 | 45.0 | 4.4 | tL |
| 9 PA ₁ | 19.8 | 28.8 | 44.4 | 7.0 | tL |
| 9 PB _t | 49.8 | 33.5 | 16.5 | 0.2 | T |
| 43 A _h | 11.0 | 21.6 | 54.3 | 13.1 | fsL |
| 43 A ₁ | 4.1 | 38.0 | 39.0 | 18.9 | L |
| 43 B _t | 10.6 | 34.5 | 38.9 | 15.9 | L |
| 43 BC | 9.7 | 30.7 | 42.3 | 17.3 | L |
| 50 A _h | 8.8 | 17.2 | 54.4 | 19.6 | fsL |
| 50 A _e | 2.1 | 22.0 | 59.1 | 16.8 | fsL |
| 50 A ₁ | 5.4 | 30.0 | 41.6 | 23.1 | L |
| 50 B _t | 18.2 | 30.6 | 36.4 | 14.7 | tL |

3.3 Zusammenhang zwischen Bodenfaktoren und anderen Standortfaktoren

Mit Korrelations- und Regressionsrechnungen sollen die Zusammenhänge zwischen Bodenfaktoren, Umweltfaktoren sowie Futterqualität und -quantität untersucht werden (Tab. 7).

Tabelle 7: Korrelationskoeffizienten zwischen verschiedenen Bodenfaktoren und Umweltfaktoren

| Bodenfaktoren | Höhenlage | Neigungsgrad |
|--|------------|--------------|
| pH-Wert 1 – 7 cm | - 0.221 | - 0.309 hs |
| K ₂ O mg/100 g Boden | - 0.108 | - 0.230 |
| P ₂ O ₅ mg/100 g Boden | - 0.155 | - 0.236 |
| C:N-Verhältnis der o.S. | - 0.125 | + 0.097 |
| Organische Substanz in % | + 0.547 hs | - 0.109 |

Eine deutliche, positive Korrelation ergibt sich zwischen zunehmender Höhenlage und zunehmender organischer Substanz im Boden. Die biochemische Aktivität und damit der Abbau der organischen Substanz wird mit ungünstiger werdenden Klimabedingungen stärker herabgesetzt als die Produktion an Pflanzenmasse (SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL, 1966), was zur Humusanreicherung führt.

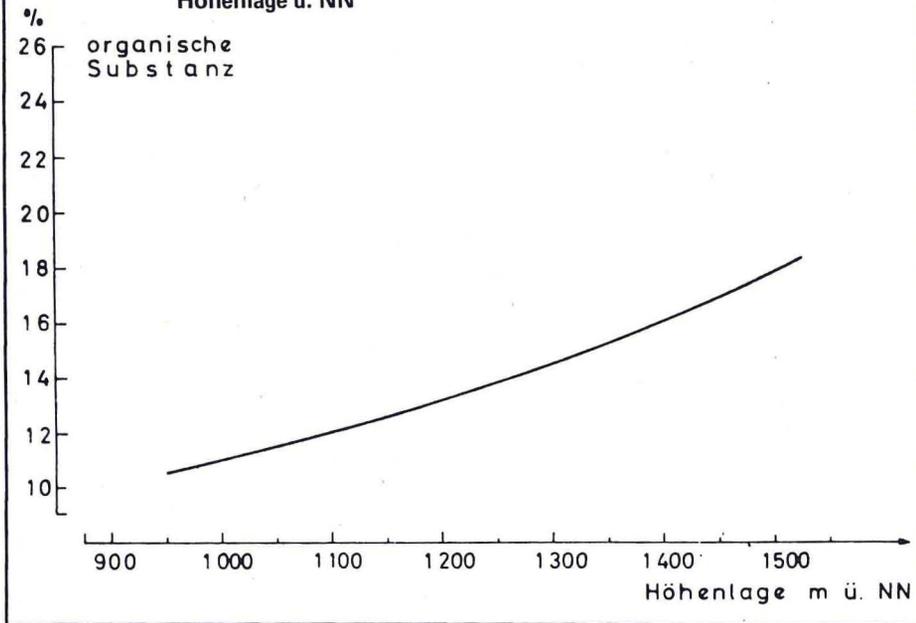
Der abnehmende pH-Wert mit zunehmender Geländeneigung und Höhenlage ist wohl in erster Linie darauf zurückzuführen, daß mit schwieriger werdendem Gelände die Basenzufuhr durch organische und anorganische Dünger spärlicher wird; darauf weisen auch die abnehmenden K₂O- und P₂O₅-Werte hin (Tab. 8).

Tabelle 8: Korrelationskoeffizienten zwischen einzelnen Bodenfaktoren

| Bodenfaktoren | K ₂ O | P ₂ O ₅ | C:N | Org. Substanz |
|--|------------------|-------------------------------|------------|---------------|
| pH-Wert | + 0.148 | + 0.333 hs | - 0.530 hs | - 0.069 |
| K ₂ O mg/100 g Boden | --- | + 0.273 s | + 0.149 | + 0.202 |
| P ₂ O ₅ mg/100 g Boden | --- | --- | - 0.067 | + 0.033 |
| C:N-Verhältnis | --- | --- | --- | + 0.180 |

Der pH-Wert des Bodens und die verfügbare Phosphorsäure sind deutlich positiv korreliert. Ein sehr klarer negativer Zusammenhang besteht zwischen pH-Wert und C:N-Verhältnis der organischen Substanz, während die organische Substanz in Prozenten nicht signifikant mit dem pH-Wert korreliert. SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL kom-

Abbildung 2: Organische Substanz des Bodens in Abhängigkeit von der Höhenlage ü. NN



men 1966 zu der Folgerung, daß der pH-Wert kein wesentlicher Faktor zur Anreicherung von organischer Substanz im Boden ist. Auch KLAPP bezeichnet den Zusammenhang als lose.

Mit zunehmender Höhenlage kommt es also mit steigenden Niederschlägen und fallenden Temperaturen zu einer Anreicherung von organischer Substanz im Boden. Das C:N-Verhältnis dagegen korreliert weitgehend unabhängig von der Höhenlage eng mit dem pH-Wert. Die Regressionslinien zwischen organischer Substanz und Höhenlage sowie zwischen C:N-Verhältnis und pH-Wert in den Abbildungen 2 und 3 stellen die Beziehungen zwischen den zwei Größenpaaren graphisch dar.

Fast linear nimmt der Gehalt an organischer Substanz mit der Höhenlage zu. Die berechnete Regressionsgleichung lautet:

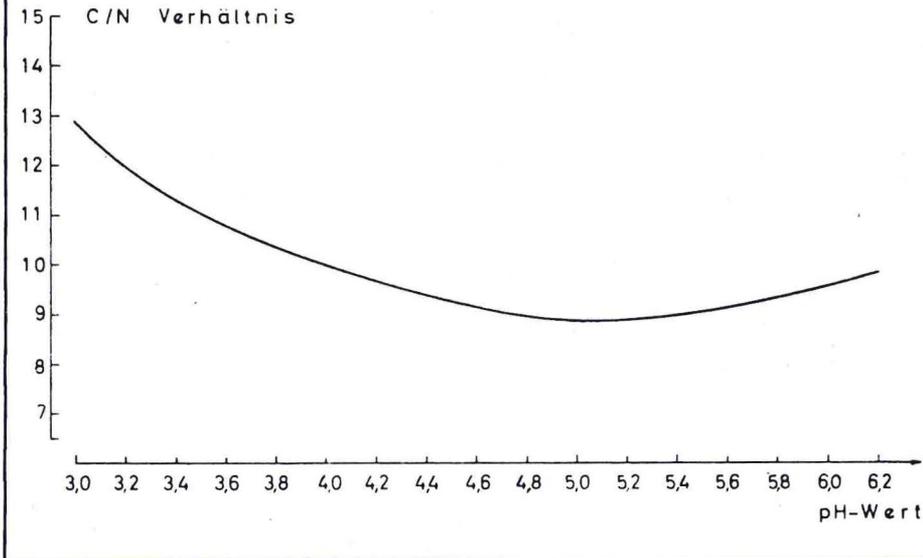
$$\ln y = 1,510 + 9,011 \cdot 10^{-4} x; R^2 = 0,32$$

Das C:N-Verhältnis mit höher werdendem pH-Wert wird erst rasch und dann langsam enger, um nach einem Umkehrpunkt sogar wieder weiter zu werden. Die gezeichnete Regressionslinie folgt der Gleichung:

$$\ln y = 4,311 - 8,137 \cdot 10^{-1} x + 7,831 \cdot 10^{-3} x^2; R^2 = 0,36$$

Offensichtlich nimmt die Tätigkeit der Mikroorganismen mit höher werdenden pH-Werten zu. Von den Mikroorganismen wird ständig CO₂ aus dem Boden abgegeben. Das C:N-Verhältnis der Ausgangssubstanz verengt sich. Bei den wenigen Beobachtungen

Abbildung 3: C:N-Verhältnis der organischen Substanz im Boden in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens



mit pH-Werten über 5.5 handelt es sich um Naßböden, die oftmals von kalkreichem Wasser überrieselt werden. Hier hemmt die häufige Vernässung und fehlende Durchlüftung die mikrobielle Abbautätigkeit; das C:N-Verhältnis wird wieder weiter.

Die Regressionskoeffizienten und die Bestimmtheitsmaße R^2 sind statistisch gesichert mit $P = 1\%$.

Die aufgezeigten Zusammenhänge gelten nur für das Untersuchungsgebiet und innerhalb der erfaßten Meßwerte.

3.4 Bodeneigenschaften und Futter

Gesicherte Zusammenhänge bestehen auch zwischen Futtermerkmalen und Bodenfaktoren. So finden sich hochgesicherte Regressionen zwischen der Bestandeswertzahl (BWZ), dem pH-Wert und dem C:N-Verhältnis der organischen Substanz im Boden sowie zwischen der Ertragswertzahl (EWZ), dem pH-Wert und dem P_2O_5 -Gehalt im Boden (Tab. 9).

Die besten Futterqualitäten finden sich im Untersuchungsgebiet um den pH-Wert 5,0, der übrigens nur in wenigen Fällen überschritten wurde und dann meist auf vom Fließwasser regelmäßig aufgekalkten und nassen Stellen mit minderwertigem Pflanzenbestand. Daraus ist das deutliche Abfallen der Bestandeswertzahlen über pH 5,0 zu erklären. VOLGER (1968) errechnet für Mineral- und Moorböden eine ganz ähnliche

Tabelle 9: Regressionsgleichung zwischen Futtermerkmalen und Bodenfaktoren

| | | |
|------|---------------------------------------|---|
| BWZ: | C:N-Verhältnis | $y = 1.188 \times 0.91 x + 6.59 \times 10^{-2} x^2$ |
| BWZ: | pH-Wert | $y = 23.81 + 1.165 x - 1.19 \times 10^{-2} x^2$ |
| EWZ: | pH-Wert | $y = 828.9 + 37.27 x - 0.344 x^2$ |
| EWZ: | P ₂ O ₅ -Gehalt | $y = 68.8 + 3.01 x$ |

Abbildung 4: Bestandeswertzahl in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens und dem C:N-Verhältnis der organischen Substanz im Boden

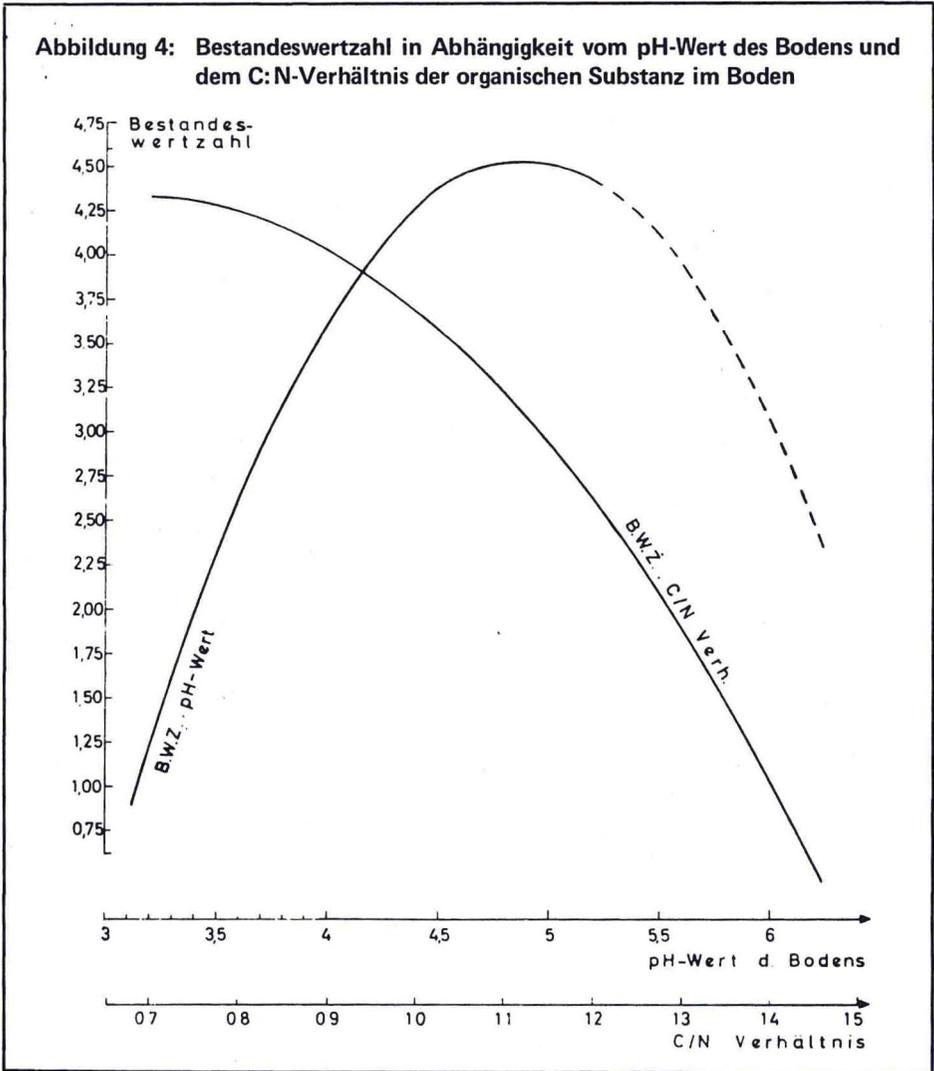
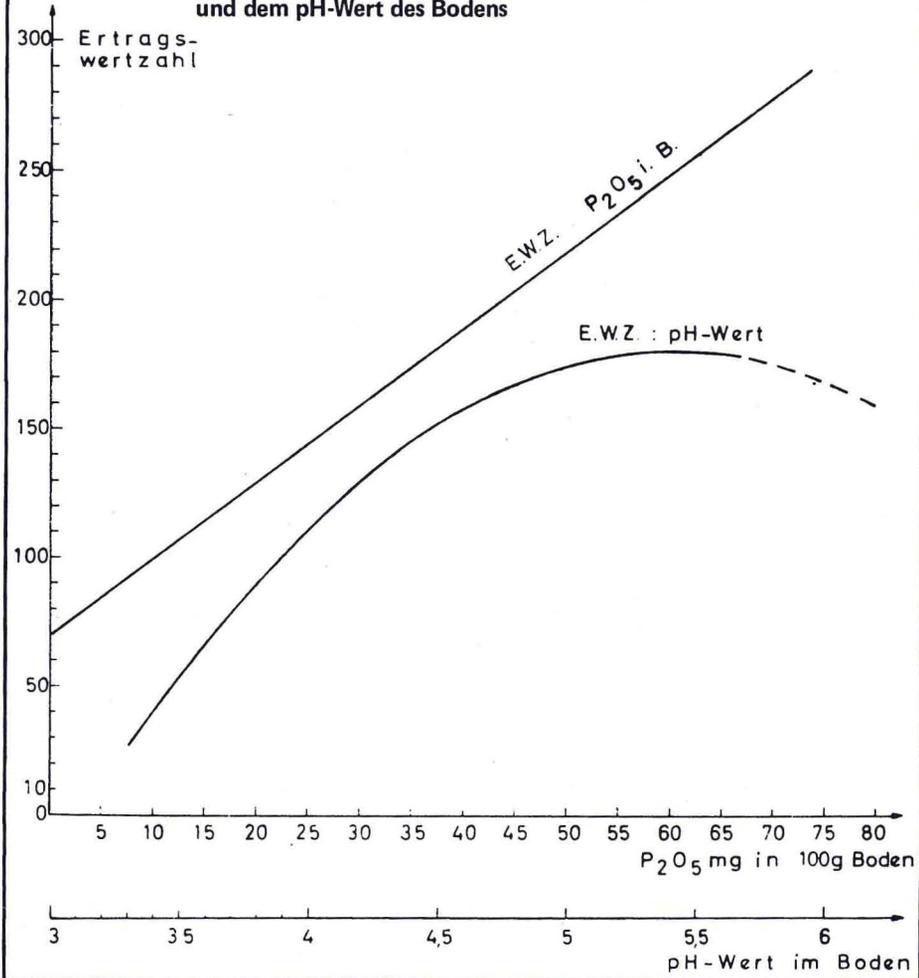


Abbildung 5: Ertragswertzahl in Abhängigkeit vom P_2O_5 -Gehalt des Bodens und dem pH-Wert des Bodens



Regressionslinie. Der Abfall der Futterwertzahl ist dort allerdings erst bei einem pH-Wert von etwa 6.0 gegeben.

Mit erweitertem C:N-Verhältnis fällt die Futterqualität erst langsam, dann schnell und gleichmäßig ab (Abb. 4).

Zwischen BWZ und C:N-Verhältnis besteht sicherlich eine Wechselbeziehung. Denn das C:N-Verhältnis der organischen Substanz ist seinerseits von der Zusammensetzung der Bodenvegetation stark abhängig. Bestimmt kann über eine Verbesserung des Pflanzenbestandes auch das C:N-Verhältnis im Boden verbessert werden.

Die Beziehung zwischen EWZ und pH-Wert ähnelt der Beziehung zwischen BWZ und pH-Wert. Der günstigste pH-Wert liegt allerdings sichtlich höher als 5.5. Hier zeigt sich wieder die Besonderheit der wenigen Parzellen mit höherem pH-Wert, die zwar qualitativ schlechtes Futter, dies aber in großen Mengen liefern. Deutlich und linear steigt die EWZ mit zunehmender Phosphorsäureversorgung im Boden (Abb. 5). Die Phosphorsäure ist unter den Nährstoffen in alpwirtschaftlich genutzten Böden sicherlich im Minimum.

In ähnlicher Weise fand HUNDT (1964) zunächst ein Ansteigen der Erträge mit zunehmenden pH-Werten, während sie in der letzten Ertragsklasse wieder absinken. KLAPP, STÄHLIN und WACKER (1934) weisen darauf hin, daß sehr hohe pH-Werte häufig mit einer gewissen Standorttrockenheit verbunden sind und daher Höchstserträge ausschließen – eine der obigen Erklärung genau entgegengesetzte Interpretation, die sicher in trockenen Gebieten ihre Gültigkeit hat. SPATZ und VOIGTLÄNDER fanden 1969 für das oberbayerische Grünlandgebiet eine ähnliche Regression; der für Wiesen-erträge optimale pH-Wert lag bei 6.0.

3.4 Beurteilung der Böden

Die vorgefundenen Böden sind überwiegend gute Grünlandböden. Abgesehen von ausgesprochenen Naßböden, die als Voraussetzung zur Ertragssteigerung eine Entwässerung verlangen, ist eine Verbesserung durch Düngung ohne weiteres möglich. Auf sehr stark sauren Böden sollten zunächst die Nährstoffe in den oberen Bodenschichten durch eine Kalkgabe mobilisiert werden. Auf die eintretende positive Entwicklung des Pflanzenbestandes, verbunden mit stärkerer Beweidung und erhöhtem Nährstoffentzug, müßte die regelmäßige Zufuhr von Nährstoffen folgen.

4. Zusammenfassung

Im Gebiet der Allgäuer Faltenmolasse wurden die Böden von 65 Standorten beschrieben und analysiert. Neben Braunerden und pelosolartigen Böden finden sich unter almwirtschaftlicher Nutzung Parabraunerden, podsolige Böden und Pseudogleye. Bezeichnend ist die Kombination von Merkmalen verschiedener Bodentypen in einem Profil.

Die untersuchten Böden zeigen leicht saure bis stark saure Bodenreaktion. Der Anteil organischer Substanz im Boden liegt über 8 % und steigt mit zunehmender Höhenlage. Das C:N-Verhältnis der organischen Substanz schwankt zwischen 7 und 12. Der Versorgungszustand an K_2O ist in den oberen 5 cm des A_H -Horizontes in der Regel ausreichend bis gut. Die P_2O_5 -Versorgung ist meist schlecht bis ausreichend. In tieferen Bodenschichten nehmen die Gehalte rasch ab. Die Austauschkapazität liegt in den humösen und stark tonigen Horizonten mit 20 – 30 mval hoch und sinkt in den A_1 - und A_2 -Horizonten auf 13 – 20 mval. Der Anteil an austauschbaren Kationen liegt selten über 50 % und in etwa der Hälfte der untersuchten Proben unter 25 %. Die almwirtschaftlich genutzten Böden der Allgäuer Faltenmolasse bieten in der Regel günstige Voraussetzungen für die Grünlandnutzung. Abgesehen von ausgesprochenen Naß-

böden, deren Entwässerung nicht lohnend erscheint, wäre eine Intensivierung der Weidewirtschaft durch Düngung und geregelte Beweidung auf gut erschlossenen Almflächen sicherlich sinnvoll.

Summary

The alpine pasture soils of the folded molasse of the Allgäu (Southern Bavaria)

In the area of the folded molasse in the Allgäu soils of 65 sites were examined. There are typical combinations of characteristics of different soil types within one profile. The soils investigated are slightly to strongly acid. The proportion of organic matter exceeds 8 % and rises with increasing altitude. The C/N ratio of the organic matter ranges from 7 to 12. The potash supply in the top layer of 5 cm thickness generally is sufficient to good, the phosphate supply between bad and sufficient. With increasing soil depth the contents become less favourable. In general the soils are well suited for grassland farming; a more intensive management would be useful.

5. Literatur

ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE, 1965: Die Bodenkarte 1: 25 000, Anleitung und Richtlinien zu ihrer Herstellung. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover.

DIEZ, Th., 1963: Profilmorphologische Merkmale der Pelosole in Nordbayern und ihre Kartierung. Mitt. d. Dt. Bodenkundl. Ges. 1, 85 – 92.

HUNDT, T., 1964: Die Bergwiesen des Harzes, Thüringer Waldes und Erzgebirges. Pflanzensoziologie. G. Fischer, Jena.

KLAPP, E., STÄHLIN, A. u. WACKER, F.W., 1934: Wiesen und Wiesenpflanzen in Mitteldeutschland IV. Verteilung und Zeigerwert der Arten in Wiesen verschiedener Reaktion. Wiss. Arch. Landw. Abt. 10, 533 – 557.

KLAPP, E., 1965: Grünlandvegetation und Standort. P. Parey, Berlin – Hamburg.

MÜCKENHAUSEN, E., 1963: Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. DLG-Verlag, Frankfurt/M.

SCHMIDT-THOME, P., 1955: Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000. Bayerisches Geologisches Landesamt, München.

SPATZ, G. u. VOIGTLÄNDER, G., 1969: Einfluß verschiedener Standortfaktoren auf den Ertrag von Schnittwiesen im bayerischen Grünlandgürtel. D. Wirtschaftseig. Futter 15, 143 – 160.

VOLLMEYR, T., 1958: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8426 Oberstaufen. Bayerisches Geologisches Landesamt, München.

Manuskript eingesandt 12. 7. 77

Anschrift: Dr. G. Spatz, Lehrstuhl für Grünlandlehre, 805 Freising-Weihenstephan