

Kalkböden der Alpen

Von *Heinz W. Zöttl*, München

Dem botanisch interessierten Alpenwanderer ist wohl bekannt, daß mit einem Wechsel des Gesteins häufig eine Änderung des Vegetationsbildes verknüpft ist. Meist ist in diesen Fällen auch der Boden, genauer gesagt das Bodenprofil anders beschaffen. Das Bodenprofil betrachtet man an einem senkrechten Schnitt durch die oberste Erdrinde von der Pflanzenstreu bis in das feste Gestein. Dabei ist der Teil für uns interessant, in dem Atmosphärien und Organismen umwandelnd wirken. Studiert man die Ausprägung dieser sogenannten Pedosphäre, so findet man verschiedene charakteristische Umwandlungsformen öfter wiederkehrend. Einzelne Typen lassen sich also unterscheiden.

Hier seien nun die wichtigsten der auf Kalk- und Dolomitgestein vorkommenden näher behandelt. Dabei wollen wir uns auf die Hochlagen der Alpen über der Grenze geschlossenen Hochwaldes beschränken. Gleichzeitig wird die Abhängigkeit der Bodenbildung von ihrem Alter und der Vegetationsdecke beleuchtet.

Neben den Farbaufnahmen ausgewählter Bodenprofile dienen Bilder von Bodendünnschliffen zur Illustration. Bei dieser fñhrend von *Kubiena* ausgebauten mikromorphologischen Methode sticht man Bodenproben mit Metallrähmchen so aus, daß ihre natürliche Struktur erhalten bleibt. Nach schwacher Trocknung tränkt man die Proben mit Lösungen von Kunstharzen oder ähnlichen Stoffen, die dann bei entsprechender Behandlung steinhart werden. Man erhält auf diese Weise Bodenwürfel, deren Hohlräume völlig mit durchsichtiger, säge- und schleifbarer Masse erfüllt und deren feste Bestandteile in ihrer natürlichen Lage fixiert sind. Entsprechende Dünnschliffe davon zeigen unter dem Mikroskop Strukturdetails, die man anders nicht sichtbar machen kann.

Es ist der Schriftleitung des Jahrbuchs und dem Deutschen Alpenverein zu danken, daß derartige Farbaufnahmen hier veröffentlicht werden können.

Entwicklung vom Rohboden zur Polsterrendzina

Auf nacktem Fels oder Geröll ist die Stoffproduktion der verstreut wachsenden Pflanzen sehr gering. Man findet hier daher nur einen (A)-Horizont mit wenig halbzersetzten Pflanzenresten und Humus zwischen Kalkgesteinssplittern und feinerem Gesteinszerreißel über dem kompakten Gestein. Erst mit dem Aufkommen von Pionierpflanzen der Rasengesellschaften, besonders der Spaliersträucher *Dryas octopetala* und

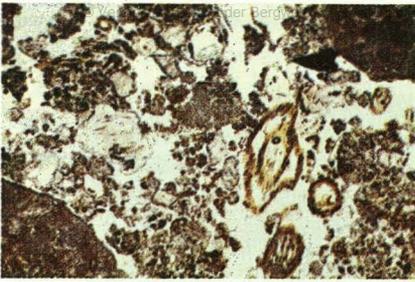


Abb. 1

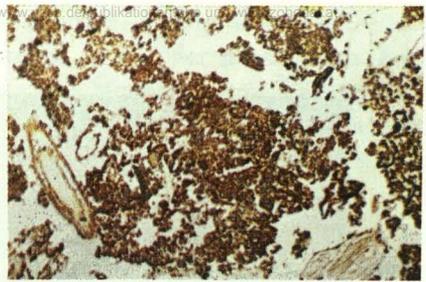


Abb. 2

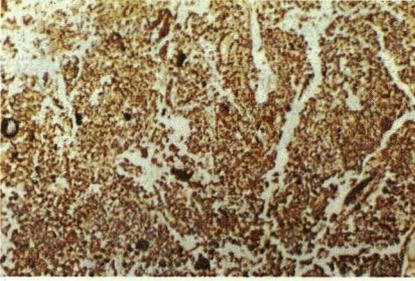


Abb. 3



Abb. 4

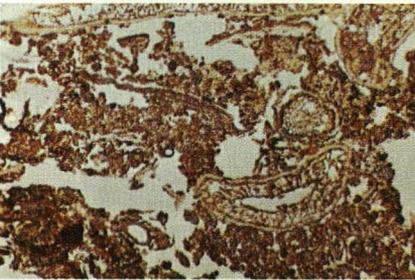


Abb. 5

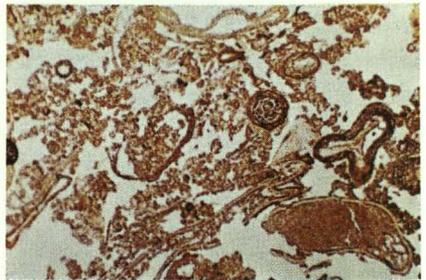


Abb. 6



Abb. 7

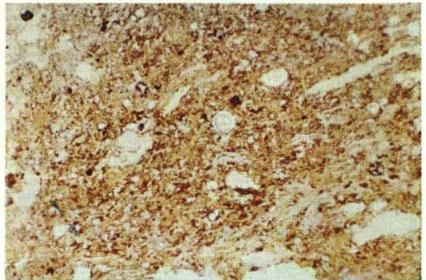


Abb. 8

Dünnschliffbilder (Vergrößerungsmaßstab = 16 : 1)

Abb. 1: Kalk-Syrose unter Dryas-Spalier. A_{1H}-Horizont in 5 cm Tiefe · Abb. 2: Polsterrendzina unter Steifseggen-Rasen. A_{0F}-Horizont in 3 cm Tiefe · Abb. 3: Polsterrendzina unter Steifseggen-Rasen. A_{1H}-Horizont in 12 cm Tiefe · Abb. 4: Dystrophe Tangelrendzina unter Alpenrosen-Legföhren-Gebüsch. L-Lage · Abb. 5: Dystrophe Tangelrendzina unter Alpenrosen-Legföhren-Gebüsch. A_{0F}-Horizont in 10 cm Tiefe · Abb. 6: Dystrophe Tangelrendzina unter Alpenrosen-Legföhren-Gebüsch. A_{0F}-Horizont in 30 cm Tiefe · Abb. 7: Dystrophe Tangelrendzina unter Alpenrosen-Legföhren-Gebüsch. A_{0H}-Horizont in 70 cm Tiefe · Abb. 8: Dystrophe Tangelrendzina unter Alpenrosen-Legföhren-Gebüsch. A_{1H}-Horizont in 95 cm Tiefe.



Abb. 9



Abb. 10

**Profilbilder (Verkleinerungsmaßstab
= 1 : 3, lufttrocken photographiert)**

Abb. 9: Initialstadium der Polsterrendzina unter *Carex firma* · Abb. 10: Polsterrendzina · Abb. 11: Tangelrendzina unter Schneeheide-Legföhren-Gebüsch



Abb. 11

Salix retusa, verstärkt sich die Anhäufung von organischem Material merklich. Pflanzenreste bleiben in den verschiedensten Abbaustadien lose in der mineralischen Feinerde liegen. Eine Aggregatbildung durch Verkittung von Mineralkörnern mit humoser Substanz erfolgt nur spärlich. Allmählich entsteht aber unter den festwurzelnden Pflanzen ein schwach humoser Horizont A_h . Einen Ausschnitt davon zeigt Abb. 1. Man nennt diesen Typ des Kalkrohbodens alpinen Kalk-Syrosem.

Lassen wir in Gedanken nun die Vegetationsentwicklung zum geschlossenen Rasen, etwa mit dominierender Steifsegge (*Carex firma*), führen. Dann ist die Produktion organischen Materials bereits bedeutend. Die abgestorbenen oberirdischen Pflanzenteile (vor allem Seggenscheiden) verbleiben größtenteils an Ort und Stelle, da kaum eine Einmischung in den Mineralboden durch Tiere stattfindet. Es beginnt somit die Auflagerung einer organischen Decke. Unter einer sehr unregelmäßig ausgebildeten Streulage (L-Lage) trifft man eine mehrere Zentimeter mächtige, dicht-filzige Vermoderungslage (F-Lage), die häufig ziemlich unvermittelt dem Felsen oder dem Gesteinsschutt-Mineralboden aufliegt. Abbildung 9 zeigt ein solches Profil, das als Initialstadium der Polsterrendzina anzusprechen ist.

Bei ungestörter Fortsetzung der Bodenentwicklung führt die weitere Anlieferung von Pflanzenresten und ihre Humifizierung unter ständiger Absättigung mit Kalzium-Ionen zur Bildung eines sehr feinhumusreichen schwarzbraunen Horizontes von etwa 2 dm Mächtigkeit. Er ist im oberen Teil (Abb. 2) meist mit Feinwurzeln stark durchsetzt, im unteren Teil (Abb. 3) sehr dicht und mit dem Messer in nicht zerfallende Scheiben schneidbar. Ein solcher A-Horizont ist typisch für die alpine Polsterrendzina (Abb. 10). Er ist je nach dem Durchfeuchtungsgrad von verschiedenartiger Konsistenz: Trocken fast pulvrig, naß speckig und leicht zu verschmieren. Nach unten zu ist der Übergang zum anstehenden Fels (C-Horizont) ziemlich scharf.

Die Tangelrendzina

Unter Zwergsträuchern wie *Erica carnea*, *Rhododendron hirsutum* oder *Daphne striata* erhöht sich vor allem die Mächtigkeit der F-Lage. Sie erreicht unter zwergstrauchreichem Latschengebüsch rasch 2—3 dm Mächtigkeit. Wie Abb. 11 erkennen läßt, ist sie rötlich-braun. Wenig angegriffene Pflanzenteile überwiegen ähnlich dem sogenannten Rohhumus, obgleich hier die ganze Lage noch von Kalksplintern durchsetzt sein kann und nesterweise auch Krümelaggregate (Collembolen-Lösung und dgl.) auftreten. Nach unten zu folgt ein mullartig gekrümelter A_h -Horizont. Man bezeichnet eine solche Humusform nach K u b i e n a als Tangelhumus und den Bodentyp als Tangelrendzina.

Im Latschengebüsch mit stark azidophilen Zwergsträuchern wie *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus* und *V. uliginosum* und dichter Mooschicht aus *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* und *Rhytidiadelphus triquetrus* erreichen die Humushorizonte der Tangelrendzina ihre größte Mächtigkeit (manchmal bis zu über 1 m). Die abgestorbenen Triebteile der genannten Strauchmoose sind in der L-Lage (etwa 0,5—1,5 dm) mit der Nadelstreu der Zwergsträucher und Latschen verfilzt (Abb. 4). Der darunterliegende A_{OF} -Horizont ist 3—5 dm mächtig, stark von Pilz-

hyphen durchsetzt, rot-braun und intensiv durchwurzelt. Wenig abgebaute Blatt-, Stengel- und Wurzelreste mit Fraßspuren überwiegen. Der Feinhumus ist hier häufig reich an Milbenlosung (Abb. 5 und 6). Der nach unten zu folgende schwarzbraune A_{OH} -Horizont (2—3 dm) ist teils feintorfing, teils krümelig und besteht überwiegend aus Feinhumus (Abb. 7). Nur Grobwurzeln (bzw. deren Reste) lockern das dichte Gefüge auf. Es geht nach unten zu in den A_h -Horizont (1—2 dm, Abb. 8) über, der manchmal Kalksteinbrocken enthält, die durch Lösungsverwitterung oberflächlich zerfurcht und weiß gebleicht sind. Sie werden umgeben von tierkotreichem, gekrümeltem, tiefschwarzem Mullhumus. Bei einer derartigen Horizontfolge spricht Kubiena von dystropher Tangelrendzina.

Die Mächtigkeit ihrer Humushorizonte kann mehr als 1,20 m erreichen. Das Vorkommen solch ausgereifter Profile ist flächenmäßig sehr begrenzt. Sie bilden sich nur in feuchtkühler Lage und auf relativ reinem Kalk bzw. Dolomit als Ausgangsmaterial. Ferner darf keine Störung durch Erosion oder Übersättigung eingetreten sein. Dies ist im schroffen Gelände der Kalkalpen natürlich selten.

Bestimmende Faktoren der Bodenbildung auf Kalkstein und chemische Dynamik

Die geschilderte Profilentwicklung beruht fast ausschließlich auf der zunehmenden Anlieferung von organischem Abfall und dessen abnehmendem Abbau. Solange die Pflanzenstreu in der kalkreichen Feinerde des Mineralbodens zur Zersetzung gelangt, ist die Abbaurate hoch; es bildet sich Mullhumus. Später kann aber die Umformung mit der gestiegenen Produktion der Vegetationsdecke nicht mehr Schritt halten. Dann häufen

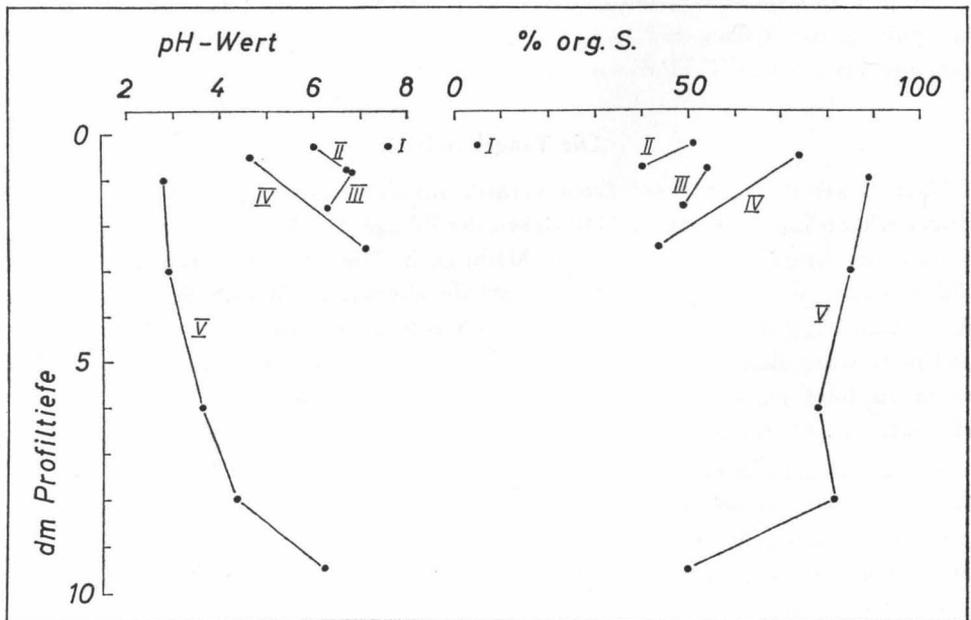


Abb. 12: Tiefenfunktionen von pH-Wert und Gehalt an organischer Substanz

I Kalk-Syroseme, II und III Polsterrendzina, IV Tangelrendzina, V Dystrophe Tangelrendzina

sich Pflanzenreste halbzersetzt über dem Mull-A_h-Horizont immer mehr an. Dies ist möglich, weil die Einarbeitungstätigkeit der Bodentiere sehr schwach ist. Regenwürmer fehlen nämlich bereits in der subalpinen Stufe weitgehend. Wahrscheinlich ist auch die Zersetzbarkeit der Streu des Latschen-Zwergstrauch-Bestandes schlechter als die der Rasenstreu. Das Bodenprofil nimmt also nur wenig durch fortschreitende Verwitterung des Muttergesteins nach der Tiefe zu. Es wächst ähnlich einem Hochmoor in die Höhe.

An den chemischen Eigenschaften der besprochenen Bodentypen läßt sich diese Entwicklung gut ablesen. Nur zwei wichtige Größen seien hier herausgegriffen: pH-Wert (Säuregrad) und Gehalt an organischer Substanz. Abbildung 12 macht klar, daß die Humushorizonte der Syrosem-Rendzina und der Polsterrendzina überwiegend im neutralen Bereich liegen. Die obersten Horizonte der Tangelrendzina erreichen aber sehr niedrige pH-Werte (sind also sehr sauer). Sie sind genau so sauer wie ungünstige Rohhumuslagen unter Nadelbaumbeständen auf Podsolböden. Stets steigen die pH-Werte aber nach der Tiefe zu (also mit dem Übergang in die mullartigen, kalkführenden Lagen) deutlich an. Dies unterscheidet solche Profile von Podsolen, bei denen unter dem Rohhumus der elektrolytarne Bleichhorizont (A_e) kommt.

Die Tiefenfunktionen des Gehaltes an organischem Material laufen beinahe spiegelbildlich zu den Kurven der pH-Werte. Schon bei der Polsterrendzina, vor allem aber bei der Tangelrendzina bestehen die obersten Humushorizonte weitgehend aus nicht-mineralischen Bestandteilen. Derartig hohe Werte finden sich nur in wenigen Bodentypen.

Warum entstehen nun in den Hochlagen der Alpen solch humusreiche Bodenprofile, und warum findet man sie bevorzugt auf Kalkgestein? Ursache ist vor allem die klimatische Situation. Die Höhenlagen über der Baumgrenze sind gekennzeichnet durch niedrige Temperaturen und hohe Niederschläge während des ganzen Jahres. Unter solchen Bedingungen ist einerseits eine bemerkenswerte Pflanzenproduktion möglich. Zum anderen sind die mikrobiellen Abbauvorgänge stark gehemmt. In den wärmeren Tiefenlagen geht hingegen die Mineralisierung der organischen Abfallstoffe viel rascher vor sich, so daß nur eine geringe Anhäufung halbzersetzter bzw. humifizierter Substanz erfolgt. J e n n y hat durch systematische Untersuchungen in verschiedenen Gebieten der Welt gezeigt, daß sogar mathematisch faßbare Beziehungen zwischen Klima und Humusgehalt der Böden bestehen.

Kalkstein liefert nun im Gegensatz zu kristallinem Schiefer, Granit oder Sandstein im Laufe der Bodenentwicklung nur sehr wenig Verwitterungsrückstände. Er besteht häufig bis zu 98% aus kohlensaurem Kalk, der als Kalziumbicarbonat in Lösung geht. Es kommt also bei der Verwitterung kaum zur Bildung von Tonmineralien, es erfolgt keine Verlehmung. Dementsprechend ist auch keine Koppelung von Humusstoffen mit feinsten Mineralpartikelchen möglich. Pflanzenrückstände und ihre Umwandlungsprodukte bleiben somit „unmaskiert“ in auffälliger Weise über dem Unterboden liegen. Dies wird deutlich, wenn nach starken Regengüssen die Humuskörper der Tangelrendzina erodiert sind.

Im Bodenprofil einer ausgereiften Tangelrendzina können bis 1 m Tiefe rund 1500 to/ha organische Substanz angehäuft sein. Dies ist ein Mehrfaches der Gehalte humusreicher Mineralböden des Flachlandes. So enthalten vergleichsweise die bekannten südrussischen Steppenschwarzerden bis 1 m Profiltiefe nur 600 to/ha. Auch die Stickstoffvorräte einer solchen Tangelrendzina liegen wesentlich höher als in Flachlandmineralböden. Es sind rund 30 to/ha. Hingegen betragen die Phosphormengen nur etwa $\frac{1}{5}$ der in Mineralböden meist festgestellten Mengen.

Literatur

- Z ö t t l, H.: Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. Dieses Jahrbuch 16, 10 (1951).
- Zur Entwicklung der Rendzinen in der subalpinen Stufe. I. Profilmorphologie. Z. Pflanzenern. Düngg. Bodenk. 110, 109 (1965); II. Chemisch-biologische Dynamik. Z. Pflanzenernährung Düngg. Bodenk. 110, 115 (1965).

Weiterführende bodenkundliche Literatur

- G a n s s e n, R.: Bodengeographie. Stuttgart, 1957.
- K u b i e n a, W. L.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Madrid—Stuttgart, 1953.
- M ü c k e n h a u s e n, E.: Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden in der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt/Main, 1962.
- S c h l i c h t i n g, E.: Einführung in die Bodenkunde. Hamburg—Berlin, 1964.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere](#)

Jahr/Year: 1966

Band/Volume: [31_1966](#)

Autor(en)/Author(s): Zöttl Heinz

Artikel/Article: [Kalkböden der Alpen 160-164](#)