

Carinthia II	162./82. Jahrgang	S. 157—178	Klagenfurt 1972
--------------	-------------------	------------	-----------------

Aus dem Institut für Anatomie und Physiologie der Pflanzen,
Universität Graz

Dehydrogenase- und Saccharaseaktivität einiger Böden und Pflanzengesellschaften der Villacher Alpe

(Mit 6 Abbildungen und einer Tabelle)

Herrn Univ.-Prof. Dr. Otto HÄRTEL zu seinem 60. Geburtstag
gewidmet

Von Gerd ZAWORKA

1. Vorwort

Vorliegende Veröffentlichung ist ein Auszug einer als Dissertation an der Universität Graz eingereichten Arbeit (ZAWORKA 1970). Dem Vorstand des Institutes für Anatomie und Physiologie der Pflanzen der Universität Graz, Herrn Univ.-Prof. Dr. Otto HÄRTEL, danke ich recht herzlich, daß er mir dieses Thema und einen Arbeitsplatz in seinem Institut überlassen und die Arbeit stets gefördert hat. Danken möchte ich auch Herrn Univ.-Prof. Doktor Erwin AICHINGER für seine fachliche Betreuung und vielfältige Unterstützung.

2. Einleitung und Literatur

Für die Beurteilung eines Bodens ist es unter anderem wichtig, seine biologische Aktivität zu kennen. Der Gehalt an Mikroorganismen beeinflußt in hohem Maße die Bodenfruchtbarkeit. HOFMANN & SEEGERER 1951 kennzeichnen die biologische Aktivität des Bodens anhand seiner Enzymaktivität. HOFMANN & HOFFMANN 1955 nennen

drei Gesichtspunkte, die die besondere Bedeutung der Enzyme im biologischem Geschehen des Bodens hervorheben:

1. Sie sind die Katalysatoren des Stoffwechsels und sind
2. ein Produkt desselben;
3. ihr Aufbau ist ebenfalls auf die Tätigkeit von Enzymen zurückzuführen.

Wichtiger als die Bestimmung der Keimzahlen sei daher die Kenntnis der im Boden enthaltenen Enzyme.

Nach HOFMANN & HOFFMANN 1955 geben die Wurzeln keine oder kaum Enzyme ab. Werden größere Pflanzenmassen zersetzt, so wirken die in ihnen enthaltenen Enzyme mit denen der Bakterien zusammen. Die Pflanzen- und Wurzelenzyme sollen bei diesem Abbau zerstört werden. Einzige Lieferanten für Bodenenzyme seien daher Mikroorganismen. Nach kurzer Lebenszeit unterliegen sie einer Autolyse, bei der andere Mikroorganismen kaum mitwirken. Dabei werden Enzyme aus ihrer Bindung in der Zelle frei, aber nicht zerstört. Sie werden von Bodenkolloiden sorbiert und bleiben so lange Zeit stabil. Die im Boden angereicherten Pflanzenmassen sollen nur indirekt zur Enzymentwicklung beitragen. Sie vermehren die Zahl der Mikroorganismen und damit auch die Menge der Enzyme. Nach KOZLOV 1965 sollen auch Bodentiere, vor allem Lumbriciden, Enzyme abscheiden und damit im Enzymsystem des Bodens eine große Rolle spielen.

Praktische Bedeutung für die ökologische Beurteilung eines Bodens gewannen Fermentuntersuchungen durch Arbeiten, bei denen sich Zusammenhänge zwischen Fermentgehalt und einzelnen Faktoren der Bodenfruchtbarkeit ergaben. So berichten HOFMANN & BRÄUNLICH 1955, daß die Saccharaseaktivität dem Gehalt des Bodens an organischer Substanz und an Karbonaten folgt. Böden mit hoher Wasserstoffionenkonzentration weisen niedrige Aktivitäten auf. Nach KISS 1957 hat die Anwesenheit von Rohrzucker im Boden eine Steigerung der Saccharaseaktivität zur Folge. HOFMANN & KESSEBA 1962, die die Aktivität der Saccharase, β -Glucosidase, Urease, der sauren und alkalischen Phosphate untersuchten, fanden, daß diese dem Gehalt an organischer Substanz, an Gesamtstickstoff und dem nicht humifizierten Anteil an organischer Substanz parallel gehen. Dem widerspricht jedoch eine Arbeit von BERGER-LANDEFELDT 1965. Da humusreiche Horizonte ein verhältnismäßig niedriges spezifisches Gewicht aufweisen, bezieht er die erhaltenen Aktivitätszahlen nicht auf die Gewichtseinheit, sondern auf 100 ccm Boden. Dabei sinken die Aktivitätswerte mit zunehmendem Humusgehalt.

KOEPP 1954 konnte bei vergleichenden Untersuchungen an verschiedenen Bodentypen nur in einzelnen Fällen Unterschiede in der Fermentaktivität feststellen. Den Grund dafür sieht er in der zeitlichen Konstanz der Fermente. Das Ausmaß der Stoffumsetzung im Boden und sein Fermentgehalt brauchen nach seinen Beobachtungen in keinem bestimmten Zusammenhang zu stehen. Es muß also nicht die gesamte zur Verfügung stehende Fermentmenge bei den Abbauvorgängen im Boden mitwirken.

Die meisten der oben angeführten Untersuchungen betreffen Ektofermente, d. h. Fermente, die nach Autolyse der Organismen außerhalb der Zelle weiter tätig sind. LENHARD 1956 arbeitete eine Methode zur Bestimmung der Aktivität des Endofermentes Dehydrogenase aus. Sie hat gegenüber den Methoden zur Bestimmung der Aktivität von Endofermenten den Vorteil, daß die lebenden Zellen selbst die Reaktion im Boden durchführen. Von der Überlegung ausgehend, daß die Intensität mikrobieller Umsetzung im Boden von der Zahl der darin anwesenden Mikroorganismen (vgl. STEVENSON 1959 und 1962, SCHAEFER 1963, CASIDA & KLEIN & SANTORO 1964) und den herrschenden Lebensbedingun-

gen abhängt, versucht er Einzelfaktoren der Umwelt, z. B. die benötigte Menge der Nährstoffe (verwertbare Kohlenstoffverbindungen, N, P, Ca und K), mit der Dehydrogenaseaktivität zu korrelieren. Weitere Untersuchungen (LENHARD 1957) ergaben, daß die Dehydrogenaseaktivität als ein Maß für die vorhandene Menge an mikrobiell abbaubaren Humusstoffen zu werten ist. Sie stellt sich als eine Funktion vom Gehalt des Bodens an Stickstoff, Phosphor und Kalium dar (LENHARD 1962).

Die meisten der bisher durchgeführten Untersuchungen bezogen sich auf Acker- und Gartenböden. Nur wenige Arbeiten beschäftigen sich mit der Enzymaktivität in Böden am natürlichen Standort (JAGNOW 1958, MOSER & GÖBL 1961, BERGER-LANDEFELDT 1965, MALICKY-SCHLATTE 1966, MALICKY-SCHLATTE & MALICKY 1967). In vorliegender Arbeit sollen die Enzymaktivität einiger Bodentypen unter bestimmten Pflanzengemeinschaften der obermontanen und subalpinen Stufe und die Aktivitätsänderungen, die innerhalb einer Boden- und Vegetationsentwicklungsreihe auftreten, untersucht werden. Da die Aktivität von Endofermenten und die Keimzahlen der Proben annähernd korrespondieren (STEVENSON 1959 und 1962, SCHAEFER 1963, CASIDA & KLEIN & SANTORO 1964) und damit ein Maß für den Mikroorganismenbesatz darstellen, wurde für diese Untersuchung die Dehydrogenaseaktivität ausgewählt. Um die Dehydrogenaseaktivität mit der Aktivität eines an Bodenkolloiden sorbierten Fermentes vergleichen zu können, wurde parallel dazu auch die Saccharaseaktivität bestimmt.

3. Untersuchungsort

Die Außenuntersuchungen zu vorliegender Arbeit wurden im Gipfelgebiet der Villacher Alpe (Dobratsch) durchgeführt. Die Villacher Alpe ist mit 2167 m Seehöhe die höchste Erhebung der Gailtaler Alpen, die den südlichen Kalkalpen angehören. Die untersuchten Standorte liegen zwischen 1600 und 2100 m Seehöhe. Für die Freilanduntersuchungen wurden die Vegetationsperioden der Jahre 1965 bis 1967 benutzt.

4. Methoden

4.1. Methoden zur Profilbeschreibung

Die Nomenklatur der Böden folgt KUBIENA 1953 und SOLAR 1964. Neben den allgemein üblichen Horizontsymbolen wurden noch folgende verwendet:

P für alle periperkolativ geprägten Horizonte (FRANZ 1960);

S für endoperkolativ geprägte Staukörper (SOLAR 1964);

E für Erosionssediment (JUNG 1953);

Symbolkombinationen (AE, BE, PE, SE usw.) weisen näher auf die Profilenese hin (JUNG 1953, SOLAR 1964).

Die Bezeichnung der Bodenfarben folgt den Munsel Soil Color Cards (MUNSEL 1964).

Die Humusformen wurden nach KUBIENA 1953 bestimmt.

Die Gefügeform wurde nach den Anweisungen des Soil Survey Manual (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE 1951) beschrieben.

Die Ermittlung der Bodenart erfolgte nach KRASIUK 1929 durch die Fingerprobe. Es werden folgende Texturklassen unterschieden: Tone, Lehme, sandige Lehme, lehmige Sande, Sande, schotterig oder steinig.

Die Dichte wird nach SCHLICHTING-BLUME 1966 gekennzeichnet. Folgende vier Abstufungen sollen sie charakterisieren: sehr dicht, dicht, mäßig dicht, locker.

Der Grad der Durchwurzelung ist in fünf Stufen gekennzeichnet (FRANZ 1960): nicht, wenig, gut, stark durchwurzelt, Durchwurzelung auslaufend.

Die Abgrenzung der Horizonte gegeneinander wird beschrieben durch: allmählich übergehend, übergehend, absetzend, scharf absetzend (FRANZ 1960).

4.2. Methoden zur Untersuchung der Bodenproben

Die standortfrischen Bodenproben wurden an der Luft getrocknet und die Feinerde durch Sieben (Sieb mit 1 mm Maschenweite) gewonnen. Alle hier angeführten Untersuchungen wurden an solcherart behandelten Bodenproben durchgeführt.

Die Wasserstoffionenkonzentration wurde mit einem Beckmann-ph-Meter, Modell H₂ mit Glaselektrode, gemessen.

Der Gehalt an organischer Substanz ist nach STEUBING 1965 durch Bestimmen des Glühverlustes ermittelt und in Prozent der Bodeneinwaage berechnet worden.

Der Kalkgehalt wurde mittels eines Kalkmessers nach PASSON, an dessen Meßrohr eine Milliliter-Mensur angebracht worden war, bestimmt. Die Umrechnung der entwickelten Kohlensäuremenge in Milligramm geschah mit Hilfe der Tabelle von NEHRING in STEUBING 1965. Zur raschen Berechnung der Karbonatmenge wurde ein Nomogramm konstruiert (ZAWORKA 1970).

Die Dehydrogenase wurde kolorimetrisch durch die Formazanbildung aus Triphenyltetrazoliumchlorid bestimmt (LENHARD 1956, STEUBING 1965). Das rote Triphenylformazan wird mit Methanol extrahiert. Als Einheit der Aktivität dient der Extinktionswert des mit Methanol aus 10 g luftgetrocknetem Boden hergestellten Auszuges. Die Extinktion wurde mit einem Beckmann-Spektralphotometer, Modell B, gemessen.

Die Saccharaseaktivität wurde nach SEEGERER 1953 ermittelt. 20 g Bodenprobe wurden mit Toluol vergiftet und mit einer Pufferlösung (Dinatriumphosphat-Essigsäure-Mischung, pH 5,5) sowie 20 %iger Rohrzuckerlösung versetzt. Der Saccharoseabbau wurde nicht nach SEEGERER 1953 titrimetrisch, sondern polarimetrisch (KISS 1957) mittels eines Zeiß-Kreiselpolarimeters (Rohr von 2 dm Länge) kontrolliert. Die Differenz der optischen Drehung der initialen Saccharosekonzentration zur Drehung nach 24 Stunden Inkubation ergab die Saccharaseaktivität.

4.3. Vegetationskundliche Methoden

In vorliegender Arbeit werden die Bezeichnungen der Pflanzengesellschaften und Vegetationsentwicklungstypen im Sinne AICHINGERS 1933, 1952 a, b, c, 1956 a, b, 1957 a, b verwendet. Artenlisten konnten hier aus Platzmangel nicht aufgenommen werden, weshalb auf die Vegetationsaufnahmen in ZAWORKA 1970 verwiesen werden muß.

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt EHRENDORFER & al. 1967, die der Moose und Farne GAMS 1957 und die der Flechten GAMS 1967.

5. Gesam t d e h y d r o g e n a s e

Da sich mit zunehmender Tiefe die Menge der abbaubaren organischen Substanz verringert und die unteren Horizonte fast

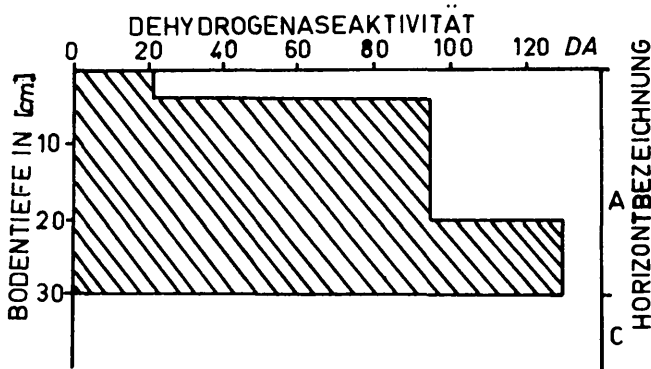


Abbildung 1: Dehydrogenaseaktivität einer Rendsina in verschiedenen Bodentiefen. Weitere Erläuterungen siehe im Text.

ausschließlich mineralische Bestandteile aufweisen, nimmt auch der Gehalt an Mikroorganismen ab. Ebenso zeigt sich eine Abnahme der Dehydrogenaseaktivität bis zum Nullwert (vgl. JAGNOW 1958, HOFMANN & KESSEBA 1962). Einen Sonderfall stellen die Rendsinen dar, deren höchste Aktivitätswerte in der Kontaktzone zwischen Humushorizont und Muttergestein auftreten und unmittelbar darunter im C-Horizont den Nullwert erreichen.

Da die Untersuchung der Dehydrogenaseaktivität einzelner dem Gesamtprofil entnommener Proben daher keine vergleichbaren Werte liefert, wurden die Proben schichtweise zusammenhängend dem Profil entnommen. Es wurde darauf geachtet, daß die tiefste Probe die Dehydrogenaseaktivität Null oder nahezu Null aufweist. Das aus Dehydrogenaseaktivität und Horizontmächtigkeit gebildete Produkt wird Gesamtdehydrogenase (GD) genannt. Sie ist die schraffierte Fläche in Abb. 1, die von den Koordinaten und der Stufenkurve eingeschlossen wird.

6. Dehydrogenaseaktivität und Bodentyp

6.1. Beschreibung der untersuchten Bodentypen und Varietäten

6.1.1. Alpine Protorendsina

Es wurden 10 Profile untersucht (Profil 1 bis 10)

Profil 1:

Ort: Bärenthal

Seehöhe: 1760 m

Exposition: Süd, windausgesetzte Kuppe

Vegetation:	Caricetum firmae
A ₀₀ + A ₀	0 bis 2 cm, wenig zersetzter Laubabfall von Dryas
A ₁ + AC	2 bis 4 cm, schwarz (10 YR 2/1), sehr stark humos, Kalksplitter unter 0,5 mm Ø, Kleintierexkremente, keine Wurmlosung, strukturlös verschlammte, schwach basisch, bis 15 cm in Kleinkarren eingreifend
C	Ab 4 cm, anstehender Dachsteinkalk, starke Lösungsverwitterung, kleine Karren
Charakteristik:	Seichtgründiger A ₀₀ + A ₀ — A ₁ — A ₁ C — C-Boden
Humusform:	Rendsinamoder mit äolisch eingebrachten Silikat- und Kalksplittern. Humus durch Kleintiere (Milben) geformt. Bei stärkerer Wasserzufuhr strukturlös.

6.1.2. Mullartige Rendsina

Es wurden 6 Profile untersucht (Profil 10 bis 16)

Profil 13:

Ort:	Brunnleite
Exposition:	Süd, 25 Grad geneigt
Vegetation:	Pinetum mugii calcicolum
A ₀₀ + A ₀	0 bis 10 cm, wenig zersetzte Nadelstreu, vereinzelt Kleintierlosung, Grobanteil Kalkschutt (10 bis 30 cm Ø), Kalkblöcke in Nadelstreu gepackt, übergehend
A ₁ C ₁	10 bis 14 cm, schwarz (10 YR 2/2), mullartiger Rendsinamoder, neben Kleintierlosung unter 0,5 mm Ø auch Wurmlosung (nach der Tiefe hin zunehmend), Grobanteil Kalkschutt (10 bis 30 cm Ø), Mineralanteil: silikatische Fremdminerale und Kalksplitter unter 0,2 mm Ø, stark durchwurzelt, schwach sauer, scharf absetzend
C ₂	Anstehender Kalk
Charakteristik:	Grobskelettiger A ₀₀ + A ₀ — A ₁ C ₁ — C ₂ -Boden (Form auf Kalkschutt), äolische Sedimente: Kalksplitter vorherrschend
Humusform:	Mullartiger Rendsinamoder mit einer gut ausgeprägten Tangelhumusschicht, durch Kleintiere krümelig geformt.

6.1.3 Tangelrendsina

Es wurden 9 Profile untersucht (Profil 17 bis 25)

Profil 19:

Ort:	Brunnleite
Seehöhe:	1750 m
Exposition:	West, 25 Grad geneigt
Vegetation:	Pinetum mugii silicicolum
A ₀₀	0 bis 8 cm, unzersetzte Nadelstreu
A ₀	8 bis 25 cm, braun (10 YR 3/3), wenig zersetzte Nadelstreu, Tangelhumus, durchsetzt mit kleinen Lösungsstückchen, in den unteren Partien gut durchwurzelt, sauer, allmählich übergehend
A ₁	25 bis 40 cm, schwarz (10 YR 2/1), stark humos, mullartiger Rendsinamoder, durch Kleintiere geprägt (auch Regenwurmlosung), krümelig, in den tieferen Schichten strukturlös und verschlammbar, schwach sauer, übergehend

A ₁ C ₁	40 bis 60 cm, schwarz (10 YR 2/1), stark humos, mullartiger Rendsinamoder, Wurmlosung, Grobanteil Kalkschutt (10 bis 40 cm Ø), schwach sauer bis neutral, absetzend
C ₂	Ab 60 cm, anstehender Dachsteinkalk, karrig mit Lösungsrückständen
Charakteristik:	A ₀₀ —A ₀ —A ₁ —A ₁ C ₁ —C ₂ -Boden auf anstehendem Kalk. Der A ₀ -Horizont ist als Tangelhumus mächtig ausgebildet. Der A ₁ -Horizont ist mullartiger Rendsinamoder und häufig auch Pechmoder.

6.1.4 Alpine Pechrendsina

Es wurden 5 Profile untersucht (Profil 57 bis 61)

Profil 58:

Ort:	Brunnlahner
Seehöhe:	1900 m
Exposition:	Nord, 45 Grad geneigt
Vegetation:	Pinetum mugii silicicolum
A ₀₀ + A ₀	0 bis 6 cm, wenig zersetzte Nadelstreu, wenig Kleintierlosung
A ₁	6 bis 20 cm, schwarz (10 YR 2/1), Pechmoder, sehr stark humos, eingebettete Mineralsplitter, feinkrümelig (Kleintierexkremente), zu größeren Aggregaten verklebt, locker, stark durchwurzelt, schwach sauer, übergehend
A ₂ C	20 bis 30 cm, schwarz (10 YR 2/1), Pechmoder, sehr stark humos, zwischen Schuttplatten und Karren eingeschlammte, keine Kalksplitter, vereinzelt Wurmlosung, sonst strukturlos, regellos brechend, gut durchwurzelt, schwach sauer bis neutral, tief in Karren eingreifend, taschenförmig scharf absetzend
C	karriger Dachsteinkalk
Charakteristik:	A ₁ —A ₂ C—C-Profil, vielfältige Lokalformenausscheidung
Humusform:	Pechmoder, ausschließlich koprogen, keine Tonhumuskomplexbildung, endoperkolative Humusanreicherung an der Basis

6.1.5. Pseudorendsina

Es wurden 15 Profile untersucht (Profil 37 bis 51)

Profil 47:

Ort:	Roßstratte, neben Almweg
Seehöhe:	1690 m
Exposition:	Eben
Vegetation:	<i>Poa alpina</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>P. aurea</i> , <i>Homogyne discolor</i> , <i>Geum montanum</i> , <i>Leontodon hispidus</i>
A ₀₀ + A ₀	0 bis 3 cm, schwach zersetzter Pflanzenabfall
A ₁	3 bis 7 cm, dunkelgraubraun (10 YR 3/2), stark humos, mullartiger Moder, locker gelagert, feinkrümelige Wurmlosung (auch Regenwürmer), stark durchwurzelt, schwach sauer, allmählich übergehend
A ₂ EC ₁	7 bis 30 cm, dunkelgelbbraun (10 YR 3/4), stark humos, mullartiger Moder, zusammengesetzte Struktur, Regenwurmlosung zu größeren Aggregaten verpackt, die nicht in den Humus eingemischten Erosionssedimentreste kleben am Kalkschutt, gut durchwurzelt, neutral, allmählich übergehend

- EC₁ Ab 30 cm, Schutt und Grus in Terra fusca eingepackt
 Charakteristik: A₀₀+A₀—A₁—A₂EC₁—EC₁-Profil (Form auf Schutt und Grus).
 Im gesamten Profil die gleiche Humusform: mullartiger Moder.
 Die humifizierte organische Substanz ist eng vermengt mit Erosionssedimentresten.

6.1.6 Pseudogley

Es wurde ein Profil untersucht

Profil 62:

- Ort: Touristensteig, oberhalb der Aloisihütte
 Seehöhe: 1500 m
 Exposition: Süd, 25 Grad geneigt
 Vegetation: *Picea excelsa*, *Luzula sylvatica*, *Erica carnea*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Hieracium sylvaticum*, *Carduus acanthoides*
 A₀₀+A₀ 0 bis 3 cm, Fichtennadelstreu
 A₁ 3 bis 18 cm, dunkelbraun (10 YR 2/2), Mull (Partien einheitlicher Tonhumuskomplexe) und mullartiger Moder, Losungsstücke zusammengesetzte Aggregate bildend, stark durchwurzelt, schwach basisch, übergehend
 A₂EC₁ 18 bis 36 cm, kräftiges Dunkelgraubraun (10 YR 3/2), stark humos, Mull Grobanteil besteht aus Kalkschutt (bis 4 cm Ø), Steine zum Teil mit Terra fusca verschmiert (10 YR 4/4), auch tonhaltiger Regenwurmkot (Geruch!), gut durchwurzelt, basisch, scharf absetzend
 (B)PC₂ 36 bis 70 cm, olivgrau (5 Y 5/2), mit gelbbraunen Zonen (10 YR 5/6), humusarm bis humusfrei, vereinzelt Regenwurmtätigkeit, dicht, schwerer feinsandiger Lehm, in trockenem Zustand in polyedrische Aggregate zerfallend, Durchwurzelung auslaufend, schwach basisch, übergehend
 (B)SC₂ 70 bis 90 cm, olivgrau (5 Y 4/2), humusfrei, sehr dicht, schwerer feinsandiger Lehm, nach unten steinig, in trockenem Zustand nicht in Aggregate zerfallend, nicht durchwurzelt, schwach basisch, absetzend
 C₂ Cardita-Schiefer, plattig auswitternd, auf den Schieferungsflächen häufig Pyritkristalle
 Charakteristik: A₀₀+A₀—A₁—A₂EC₁—(B)PC₂—(B)SC₂—C₂-Profil, Rumpf eines Pseudogleys, den eine Pseudorendsina überdeckt. Der Zusammenhang in der Dynamik zwischen den beiden Profilabschnitten ist im A₂EC₁-Horizont sichtbar: Durch Wurmtätigkeit wird Tonmaterial aus dem (B)PC₂-Horizont eingebracht und dadurch die Mullbildung ermöglicht.

6.1.7. Erdige Terra fusca

Es wurden 11 Profile untersucht (Profil 26 bis 36)

Profil 36:

- Ort: Bärenal
 Seehöhe: 1830 m
 Exposition: Eben
 Vegetation: *Nardetum strictae*
 A₀+A₁ 0 bis 3 cm, schwarz (10 YR 2/1), stark humos, verstaubt, feinkrümelig, sauer, karbonatarm (unter 1 ‰), übergehend

AE	3 bis 4,5 cm, kräftiges Dunkelbraun (10 YR 3/2), humos, mullartiger Moder, leichter Ton, plastisch, schmierend, zusammengesetzte Struktur, stark durchwurzelt, sauer, karbonatarm (unter 1 %), übergehend
E	4,5 bis 40 cm, dunkel gelbbraun (10 YR 4/4), feinsandiger Lehm, homogenes Gefüge, im trockenen Zustand in prismatisch-groblockige Aggregate zerfallend, Wurmlosung, durchwurzelt, karbonatfrei, taschenförmig, scharf absetzend
D	Ab 40 cm, Dachsteinkalk, runde Oberflächenformen
Charakteristik:	A ₀ —A ₁ —AE—E—D-Profil (Form mit geringmächtigem AE-Mischhorizont). Terra-fusca-Generationen verschiedenen Alters wurden nicht differenziert.

6.1.8. Molkenpodsolige Terra fusca

Es wurden 5 Profile untersucht (Profil 52 bis 56)

Profil 56:

Ort:	Kaserin
Seehöhe:	1400 m
Exposition:	Seichte Mulde
Vegetation:	Faxkurzrasen
A	0 bis 10 cm, schwarz (10 YR 2/1), sehr stark humos, mullartiger Moder, feinkrümelig, neutral, karbonatfrei, übergehend
AEP	10 bis 15 cm, gelbgrau (2,5 Y 4/2), feinsandiger Lehm, plastisch, dicht, verschlammte, stark durchwurzelt, geringes Bodenleben, neutral, karbonatfrei, übergehend
SE	15 bis 20 cm, braun (10 YR 4/3), feinsandiger Lehm, plastisch, dicht, zusammengesetzte granuläre Struktur, karbonatfrei, schwach sauer, übergehend
E	20 bis 60 cm, dunkel gelbbraun (10 YR 4/4), feinsandiger leichter Lehm, homogenes Gefüge, im trockenen Zustand in prismatisch-groblockige Aggregate zerfallend, vereinzelt Wurzeln, schwach sauer, karbonatfrei, scharf absetzend
D	Ab 60 cm, Wettersteinkalk
Charakteristik:	A—AEP—SE—D-Profil mit Tagwasserstau. Sesquioxid- und Kolloidanreicherung führt zur Ausbildung eines Staukörpers. Die oberen Partien des Profiles sind stark humos. Organische Säuren wirken reduzierend.

6.2. Dehydrogenaseaktivität der Euredensinen

6.2.1. Protorendsina

Da der Humushorizont der Protorendsina nur geringe Mächtigkeit aufweist und keine geschlossene Pflanzendecke besitzt, ist er großen klimatischen Schwankungen ausgesetzt. Die auftretenden Extremtemperaturen und die periodische Austrocknung verhindern die Entwicklung der für die Mullbildung notwendigen Engerling- und Regenwurmfauna (KÜHNELT 1950). Nach KUBIENA 1948, 1953 besteht der Humus der Protorendsina neben einem großen Anteil an wenig zersetztem Pflanzenhäcksel aus Hornmilbenlosung, deren

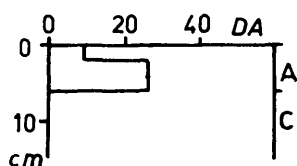


Abbildung 2: Dehydrogenaseaktivität der Protorendsina in verschiedenen Tiefen. Die angegebenen Werte sind aus dem Durchschnitt aller untersuchten Protorendsinen gebildet.

Menge mit der Tiefe zunimmt. Dieser an Lösung reichere Unterboden weist eine höhere Dehydrogenaseaktivität auf als der obere Horizont (Abb. 2). Die durchschnittliche Gesamtdehydrogenase beträgt 100.

6.2.2. Mullartige Rendsina

Hat die Protorendsina ein bestimmtes Entwicklungsstadium erreicht und bietet sie Juliden, Glomeriden und Engerlingen ausreichende Lebensbedingungen, so wird durch deren Fraßstätigkeit der Rendsinamoder in mullartigen Rendsinamoder umgesetzt (KUBIENA 1948). Es werden Kalkhumate gebildet, zwischen deren Aggregaten Kalzit- und Dolomitmörner eingebettet sind. Dem hohen Gehalt an abbaubarer organischer Substanz entsprechen hohe Aktivitäten (vgl. LENHARD 1957). Die Dehydrogenaseaktivität steigt mit zunehmender Tiefe (Abb. 3). In Böden, die sich auf Schutt gebildet haben, geht

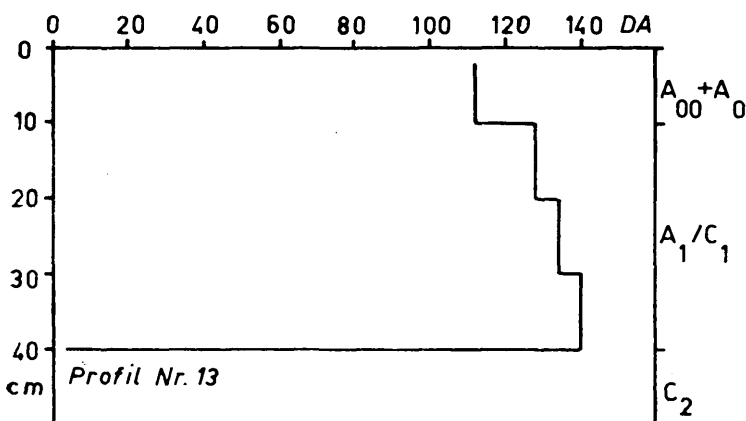


Abbildung 3: Dehydrogenaseaktivität des A-Horizontes einer mullartigen Rendsina in verschiedenen Tiefen.

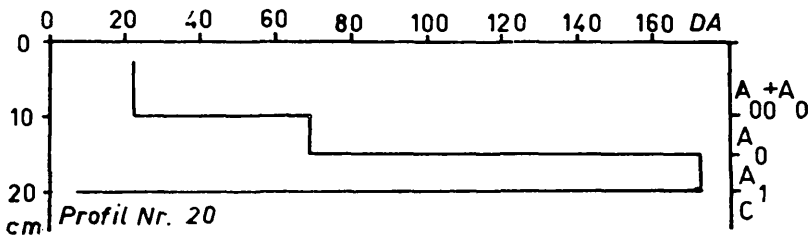


Abbildung 4: Dehydrogenaseaktivität einer Tangelrendsina in verschiedenen Tiefen.

der Humushorizont mit steigendem Grobanteil langsam in den C-Horizont über, wobei die Dehydrogenaseaktivität in den unteren Partien wieder abnimmt (Profil 12). Die durchschnittliche Gesamtdehydrogenase der untersuchten Böden beträgt 3900.

6.2.3 Tangelrendsina

Entsprechend den verschiedenen Humusformen, die innerhalb eines Tangelrendsinaprofiles auftreten, ist auch die Dehydrogenaseaktivität in den einzelnen Horizonten sehr unterschiedlich (Abb. 4). Während in der Streuschicht die durchschnittliche Aktivität 19 beträgt, erreicht sie in der Tangelhumusschicht den Wert 45 und im darunterliegenden mullartigen Rendsinamoder (oder Pechmoder) 167. Die durchschnittliche Gesamtdehydrogenase beträgt 2300.

Die im A₁-Horizont auftretenden hohen Aktivitäten sind offenbar durch die mächtige Streu- und Tangelhumusschicht begünstigt, die dem darunterliegenden Horizont Schutz gegen Austrocknung und Extremtemperaturen bietet (vgl. JENNY 1930). Das trockene Klima der Streu- und Tangelhumusschicht bedingt eine geringe biologische Aktivität und verzögert den Abbau der anfallenden Streu. Dementsprechend weisen Proben mit dem Gehalt an organischer Substanz von 65 bis 90 % der Einwaage die niedrigsten Aktivitätswerte auf; die höchsten Aktivitäten erreichen Proben mit 35 bis 50 % organischer Substanz.

Da im A₀₀- und A₀-Horizont saure Humussole gebildet werden, versauern die oberen Partien der Tangelrendsina. Durch die hohe Wasserstoffionenkonzentration wird die biologische Aktivität und damit auch die Dehydrogenaseaktivität stark beeinflusst: Mit zunehmender Wasserstoffionenkonzentration sinkt die Dehydrogenaseaktivität (siehe Tabelle im Anhang).

6.2.4 Pechrendsina

Trocknet der Boden auch während der heißen Jahreszeit nicht aus, so entwickelt sich aus der Protorendsina und der mullartigen

Rendsina die Pechrendsina. Der Pechmoder ist ausschließlich koprogen und besitzt keine mineralischen Bestandteile [KUBIENA (1953)]. Seine Dehydrogenaseaktivität schwankt zwischen 100 und 210. Sie nimmt in allen Pechrendsinen mit der Tiefe zu (Abb. 5). Die durchschnittliche Gesamtdehydrogenase beträgt 4000.

Die Pechrendsina weist auch in den oberen Partien hohe Dehydrogenaseaktivitäten auf, während die übrigen untersuchten Rendsinavarietäten erst in tiefer liegenden Horizonten ähnlich hohe Aktivitätswerte erreichen.

6.3. Eurendsinaentwicklung und Dehydrogenaseaktivität

Ausgehend von der Humusentwicklung faßt KUBIENA 1948 die Rendsinen als Glieder einer Bodenentwicklungsserie auf dem Substrat Kalk auf. Wie die Ergebnisse vorliegender Untersuchung zeigen, steigt die Dehydrogenaseaktivität mit fortschreitender Bodenentwicklung. Da die Humusform von der Bodenfauna geprägt wird, ist zu erwarten, daß die biologische Aktivität und damit auch die Dehydrogenaseaktivität von der Art des Kleintierbesatzes beeinflußt wird (vgl. KOZLOV 1965). Diesbezügliche Untersuchungsergebnisse liegen im Schrifttum noch nicht vor.

6.4. Dehydrogenaseaktivität der Pseudorendsina

Die Humusform der untersuchten Pseudorendsinaprofile war stets mullartiger Rendsinamoder. In zwei Fällen war dieser Horizont durch Rohhumus überlagert (Profil 46 und 49). Die Dehydrogenaseaktivität steigt in den meisten Böden mit zunehmender Tiefe an und sinkt dann in den unteren, rotbraun gefärbten Partien (AE- und EC-Horizont) wieder ab. Die Werte für die Gesamtdehydrogenase schwanken zwischen 687 und 4700. Die niedrigsten Werte weisen die beiden Rohhumusvarietäten der mullartigen Pseudorendsina auf.

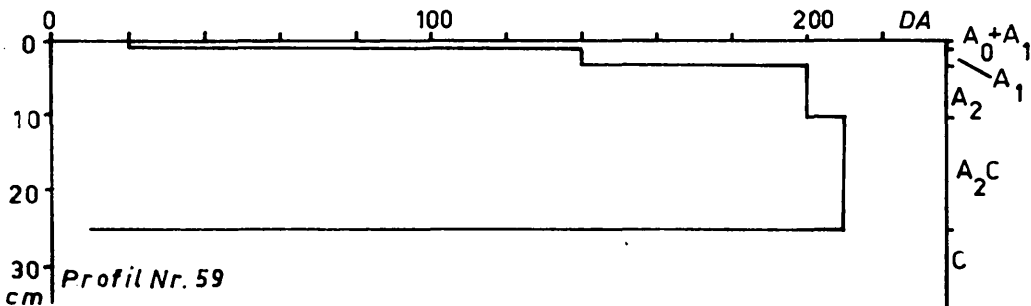


Abbildung 5: Dehydrogenaseaktivität einer Pechrendsina in verschiedenen Tiefen.

6.5. Dehydrogenaseaktivität der Terra fusca

6.5.1 Erdige Terra fusca

Da die Terra fusca nur auf den stark beweideten Plateaus der Villacher Alpe vorkommt, liegt dieser Bodentyp lediglich in degradierten, häufig gebleichten Formen mit Humushorizonten von geringer Mächtigkeit vor. Die Humusform der untersuchten Terra-fusca-Profile ist mullartiger Moder. Nach KUBIENA 1953 stammen die in ihm enthaltenen Losungsstücke von Glomeriden, Juliden und Engerlingen. Regenwurmgänge, die diesen Boden meist horizontal durchlaufen (vgl. KÜHNELT 1950), wurden selten vorgefunden.

Da die Humusdecke sehr dünnschichtig ist, konnten ihr in den meisten Fällen nur zwei Proben entnommen werden, so daß der Verlauf der Dehydrogenaseaktivität in den oberen Partien nicht genau erfaßbar ist. Die höchsten Dehydrogenasezahlen werden im Humushorizont erreicht (max. 50); sie sinken mit zunehmender Tiefe und steigendem Anteil an Erosionssedimenten im E-Horizont ab. Die durchschnittliche Gesamtdehydrogenase der erdigen Terra fusca beträgt 358.

6.5.2. Molkenpodsolige Terra fusca

Der beträchtliche Gehalt an organischer Substanz und die ausgeglichenen Wasserverhältnisse der molkenpodsoligen Terra fusca bewirken eine hohe biologische Aktivität. Da dieser Bodentyp nur im beweideten Gipfelgebiet der Villacher Alpe auftritt, wird die Aktivität durch Dungansammlung in den Reliefdepressionen noch gesteigert.

Die Dehydrogenaseaktivität ist bereits in den oberen Partien des Profils sehr hoch. Die intensive biologische Abbautätigkeit läßt die Ausbildung eines $A_{00} + A_0$ -Horizontes nicht zu. Die höchste Dehydrogenaseaktivität wurde in den periperkolativ geprägten Horizonten gemessen. Sie beträgt durchschnittlich 205. Im darunterliegenden Staukörper treten meist niedrigere Aktivitäten auf. Die Gesamtdehydrogenase der untersuchten Profile beträgt im Durchschnitt 3800.

Durch alkalische Rieselwässer wird die Bodenazidität während der Entwicklung der erdigen Terra fusca zur molkenpodsoligen Terra fusca vom sauren in den schwach sauren oder neutralen Bereich verschoben. Da die Pufferkapazität des Substrates der Terra fusca gering ist (ZAWORKA 1970), genügen kleine Mengen alkalischer Lösungen, um das pH zu ändern.

Mit der Entwicklung der erdigen Terra fusca zur molkenpodsoligen Varietät ist ein starker Anstieg der Gesamtdehydrogenase verbunden. Die Ursache liegt einerseits darin, daß durch Illuvation mineralisches und organisches Feinmaterial eingebracht wird und andererseits durch Endoperkolation von Humuskolloiden der bio-

logisch aktive Horizont auf die unteren Partien des Bodens ausgeweitet wird.

6.6. Dehydrogenaseaktivität des Pseudogley

Da auf der Villacher Alpe Pseudogley lediglich an einer Stelle auftritt und die geologischen Voraussetzungen kein weiteres Vorkommen erwarten lassen, wurde nur ein Profil untersucht. Die Dehydrogenaseaktivität erreicht im A₁-Horizont ihre höchste Intensität (128). Im Staukörper [(B)SC₂-Horizont] konnte keine Aktivität nachgewiesen werden.

7. Dehydrogenaseaktivität und Vegetation

Da die Entwicklung und jeweilige fazielle Ausbildung eines Bodentyps von der Vegetation beeinflusst wird, ist zu erwarten, daß auch Pflanzengesellschaften Unterschiede hinsichtlich der Dehydrogenaseaktivität ihrer Böden aufweisen. Es wurden daher die Böden einiger am Dobratsch weit verbreiteter Pflanzengemeinschaften untersucht und deren Aktivitätswerte miteinander verglichen.

7.1. Alpine Rasengesellschaften

Die untersuchten Rasengesellschaften weisen den von ihnen besiedelten Bodentypen (siehe Tabelle im Anhang) entsprechend unterschiedliche Dehydrogenaseaktivitäten auf.

Das Caricetum firmæ erträgt Standorte mit kurzfristiger Schneebedeckung. Seine Böden sind meist Protorendsinen. Die Werte für die Gesamtdehydrogenase sind sehr niedrig:

Profil 1: Gesamtdehydrogenase 60

Profil 4: Gesamtdehydrogenase 62

Profil 5: Gesamtdehydrogenase 48

Das Caricetum ferruginei besiedelt im Gebiet des Legföhrenbuschwaldes Standorte langer Schneebedeckung. Der Einfluß der Schneedeckenandauer auf die Vegetation wurde von FRIEDEL 1952 und 1961 beschrieben. Er sieht im Grad der Schneebedeckung den entscheidenden Faktor für die Differenzierung der Vegetation im Hochgebirge.

Am Nordhang des Zwölfers wurden in einer Dolinenrinne die Ausaperungslinien und Vegetationsgrenzen kartographisch aufgenommen (in ZAWORKA 1970). Es zeigte sich, daß die Gesellschaft mit der längsten Schneedeckenandauer, ein Fragment des Caricetum ferruginei carniolicum, die höchste Gesamtdehydrogenase aufwies (GD = 4840).

Im Bärental wurde der Boden eines weiteren Caricetum ferruginei (Profil 60) untersucht. Seine Gesamtdehydrogenase beträgt 3345.

Das Nardetum strictae ist nach AICHINGER 1933 eine zooanthropogene Assoziation. Da diese Gesellschaft azidophil ist, beschränkt

sich ihr Vorkommen auf die mit Terra fusca bedeckten Plateaus des Gipfelgebietes. Aus dem Nardetum kann sich durch Überdüngung der Faxrasen entwickeln (AICHINGER 1933). Er siedelt ausschließlich auf den molkenpodsoligen Varietäten der Terra fusca, ist also in Geländedepressionen des Plateaus zu finden.

Auf der Roßstratte wurden im Nardetum strictae vier Böden (Profil 28, 29, 33, 34), im Bärenal und auf der Nudelstratte je ein Profil untersucht (Profil 36 bzw. 27).

Die Bodenproben aus dem Faxrasen stammen von der Roßstratte (Profil 52, 53, 54, 55) und aus der Umgebung der Kaserinhütte (Profil 56).

Es wurden für die Gesamtdehydrogenase folgende Werte ermittelt:

Nardetum:		Faxrasen:	
Profil 27	297	Profil 52	3499
Profil 28	396	Profil 53	4868
Profil 29	238	Profil 54	4750
Profil 33	248	Profil 55	3066
Profil 34	256	Profil 56	3077
Profil 36	164		

Aus den ermittelten Werten ist ersichtlich, daß mit der Entwicklung des Nardetums zum Faxrasen ein starker Anstieg der Dehydrogenaseaktivität verbunden ist.

7.2. Zwergstrauchheiden

Ermittelte Werte für die Gesamtdehydrogenase:

Dryadetum octopetalae:		Ericetum carnea:	
Profil 2	105	Profil 20	1376
Profil 3	136	Profil 48	4660
Profil 6	150	Profil 37	3193
Profil 7	114	Profil 38	2136
		Profil 63	769

Loiseleurietum procumbentis:		Globularietum cordifoliae:	
Profil 26	401	Profil 8	150
Profil 30	319	Profil 9	100
Profil 31	384		
Profil 32	330		

Rhododendretum hirsuti:		Rhodoreto-Vaccinietum:	
Profil 14	3652	Profil 17	2325
Profil 25	2904	Profil 21	3442
Profil 39	2568	Profil 40	2647
Profil 41	3614	Profil 61	3990

Vaccinietum uliginosi:	
Profil 35	908

Diese Aufstellung zeigt, daß die Böden unter den Zwergstrauchheiden sehr unterschiedliche Aktivitäten aufweisen.

Die niedrigsten Dehydrogenaseaktivitäten wurden in den Protorensinen des *Dryadetum octopetalae* und des *Globularietum procumbentis* gemessen.

Das *Loiseleurietum procumbentis* besiedelt meist *Terra fusca*. Da *Loiseleuria* Viehtritt nicht erträgt, bewächst sie im beweideten Gebiet die Kuppen der Weidehöcker. In den Tälchen zwischen den Weidehöckern breiten sich *Nardeta* aus.

Die Dehydrogenaseaktivität der vom Vieh nicht betretenen Böden des *Loiseleurietum* ist etwas höher als die der *Nardeta* in den Tälchen. Die durchschnittliche GD der Böden des *Loiseleurietum* der Nudeltratte beträgt 358, während das Profil eines dazwischensliegenden *Nardetum*-Bodens $GD = 297$ aufweist.

Große Unterschiede zeigen die Aktivitäten der Böden des *Ericetum carneae*: die Gesamtdehydrogenasewerte liegen in den untersuchten Profilen zwischen 769 und 4660. Die bearbeiteten *Erica*-Bestände wurden nach AICHINGER 1956 b als folgende Entwicklungstypen bestimmt:

Profil 20: *Caricetum firmae* ↗ *ERICETUM carneae*

Profil 63: *Dryadetum octopetalae* ↗ *ERICETUM carneae*

Profil 37: *Pinetum mugi* ↘ *ERICETUM carneae*

Profil 38 und 48: *Piceetum excelsae* ↘ *ERICETUM carneae*

Der Vergleich mit den Werten für die Gesamtdehydrogenase zeigt, daß die höchsten Aktivitäten von den sekundären *Ericeten*, die Verwüstungsstadien des Legföhrenbuschwaldes bzw. Fichtenwaldes darstellen, erreicht werden (Profil 37, 38, 48).

Ein ähnliches Ergebnis bringt der Vergleich der Aktivitätswerte des *Rhododendretum hirsuti*, das in folgenden Entwicklungstypen (AICHINGER 1957 a) vorlag:

Profil 14: *Laricetum deciduae* ↘ *RHODODENDRETUM hirsuti*

Profil 25: *Dryadetum octopetalae* ↗ *RHODODENDRETUM hirsuti*

Profil 39: *Rhodothamnetum chamaecisti* ↘ *RHODODENDRETUM hirsuti*

Profil 41: *Piceetum excelsae* ↘ *RHODODENDRETUM hirsuti*

Auch hier ist die Dehydrogenaseaktivität der sekundären *Rhododendreten* größer als die der primären Entwicklungsstadien.

Im *Vaccinietum uliginosi* wurde ein *Terra-fusca*-Profil untersucht. Seine Gesamtdehydrogenase (908) liegt weit über der des umliegenden *Nardetums* mit $GD = 164$ (Profil 36).

7.3. Legföhrenbuschwald

Der Legföhrenbuschwald bewächst die mullartige Rendsina, die Tangelrendersina, die Pechrendersina und die Pseudorendrina.

Das Pinetum mugii silicicolum kann auf allen diesen Bodentypen gefunden werden, während das P. mugii calcicolum auf den Pechmodervarietäten der Rendsina nicht vorkommt.

Ermittelte Werte für die Gesamtdehydrogenase:

Pinetum mugii calcicolum		Pinetum mugii silicicolum	
Profil 13	4916	Profil 15	3741
Profil 18	1478	Profil 16	3040
Profil 22	1855	Profil 19	3457
Profil 23	1286	Profil 51	4304
Profil 24	2624	Profil 57	3519
		Profil 58	4340

Das reifere Entwicklungsstadium des Legföhrenbuschwaldes, das Pinetum mugii silicicolum (AICHINGER 1933), weist demnach höhere Dehydrogenaseaktivitäten auf als der Legföhrenbuschwald mit basiphiler Krautschicht. Die Aktivitätswerte des P. mugii calcicolum sind im Durchschnitt niedriger als die der sekundären Zwergstrauchheiden, die aus dem Legföhrenbuschwald hervorgegangen sind.

Der Legföhrenbuschwald der Südabdachung der Villacher Alpe hat sich meist aus dem Ericetum carnea entwickelt. Diese Succession wurde an einem Beispiel untersucht. Die bearbeitete Fläche liegt in der Brunnleite am Rande einer Schuttrinne in 1750 m Seehöhe. Die Vegetationsentwicklung wird hier von *Silene vulgaris* subsp. *prostrata* und *Linaria alpina* im Ruhschutt eingeleitet.

Die Spaliere von *Dryas octopetala* dringen teppichartig in die Rohbodenfläche ein. Horste von *Erica carnea* treten in der Nähe der Rinne nur vereinzelt auf, bilden jedoch in einiger Entfernung davon größere Flecken, in denen einzelne Legföhrenbüsche stocken. Der geschlossene Legföhrenbuschwald beginnt erst 15 m von der Rinne entfernt. An seinem Rande finden sich basiphile und neutrophile Arten, wie *Erica carnea*, *Rhododendron hirsutum*, *Ranunculus hybridus* und *Laserpitium peucedanoides*, während im Inneren des Bestandes azidiphile Arten, wie *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Rhododendron ferrugineum* und *Oxalis acetosella* vermehrt auftreten. Nach AICHINGER 1933 stellt dieser Legföhrenbuschwald nicht den Vegetationsklimax der Brunnleite dar, sondern ist das Stadium einer Succession, die nach ehemals erfolgtem Kahlschlag und Beweidung zu einem Fichtenwald führt.

Die Werte für die Gesamtdehydrogenase werden in Richtung der Succession höher:

Dryadetum octopetalae GD = 136, Ericetum carnea GD = 589, Pinetum mugii calcicolum GD = 2624, Pinetum mugii silicicolum GD = 3457.

7.4. Lärchenwald

Die Krautschicht des bodenbasischen Lärchenwaldes weist eine ähnliche Artenzusammensetzung auf wie das Rhododendretum hirsuti, aus dem er sich entwickelt hat. Der bodensaure Lärchenwald

hat sich aus dem *Pinetum mugii silicicolum* abgeleitet. Die Artenzusammensetzung seiner Krautschicht entspricht etwa der des *Rhodoreto-Vaccinietum*.

Meßergebnisse (GD):

Bodenbasischer Lärchenwald GD = 3652 (Profil 14)

Bodensaurer Lärchenwald GD = 4700 (Profil 43)

Die Gesamtdehydrogenase des untersuchten bodensauren Lärchenwaldes ist nach diesem Ergebnis höher als die des bodenbasischen. Da nur zwei Profile untersucht wurden, sind die Ergebnisse nicht allgemein gültig. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die Dehydrogenaseaktivität der bodensauren Lärchenwälder der des *Pinetum mugii silicicolum* entspricht und die bodenbasischen Lärchenwälder dem *Rhododendretum hirsuti* ähnliche Aktivitäten aufweisen.

7.5. Fichtenwald

Die Fichtenwaldböden des Gipfelgebietes der Villacher Alpe sind mullartige Rendsinen und Pseudorendsinen. Es wurden die wichtigsten Ausbildungsformen des Fichtenwaldes getrennt untersucht (Vegetationsaufnahmen siehe bei ZAWORKA 1970).

Hohe Dehydrogenaseaktivitäten weist der kräuterreiche Fichtenwald auf:

Profil 11	4964
Profil 62	4435

Ähnlich hohe Aktivitäten wurden für den hochstaudenreichen Fichtenwald ermittelt:

Profil 12	4108
Profil 42	5132

Der heidelbeerreiche Fichtenwald ist nach AICHINGER 1933 das Reifestadium des Fichtenwaldes. Im bearbeiteten Gebiet kommen jedoch nur stark weidedegradierte Formen vor, in deren Krautschicht *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis idaea* vorherrschen.

Die Gesamtdehydrogenase ist gering:

Profil 45	1218
Profil 46	687

Ebenfalls durch übermäßige Waldweide geprägt ist der aposerische Fichtenwald. *Aposeris foetida*, *Oxalis acetosella*, *Euphorbia amygdaloides* und *Mycelis muralis* sind die häufigsten Arten der Krautschicht.

Auch hier erwies sich die GD als niedrig:

Profil 44	1121
Profil 49	980

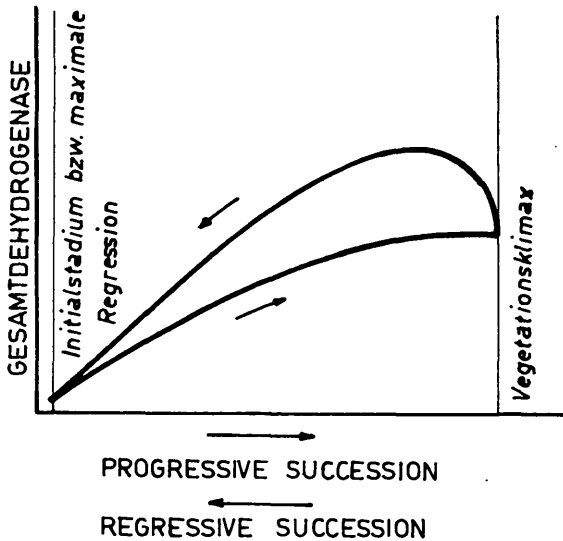


Abbildung 6: Veränderung der Gesamtdehydrogenase innerhalb einer progressiven und einer regressiven Sukzession (schematische Darstellung).

7.6. Dehydrogenaseaktivität und Vegetationsentwicklung

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß die Gesamtdehydrogenase innerhalb einer Sukzession in Richtung der höher entwickelten Assoziationen ansteigt und im Boden der Klimaxgesellschaft ihr Maximum erreicht (Abb. 6). Nach Kahlschlag und nachfolgender Beweidung wird die Dehydrogenaseaktivität erhöht, um dann bei fortschreitender Degradierung wieder rasch abzusinken. So ist es erklärlich, daß Böden sekundärer Gesellschaften meist eine höhere Gesamtdehydrogenase aufweisen als unter entsprechenden primären Vegetationseinheiten.

8. Saccharaseaktivität

Nach HOFMANN & HOFMANN 1955 sollen folgende Bodeneigenschaften und Faktoren den Enzymgehalt eines Bodens beeinflussen:

1. die Bodenart,
2. der Humusgehalt,
3. der Kalkgehalt bzw. der Reaktionszustand,
4. die Art der Bebauung, die Bearbeitung und die Vegetation,
5. die Nährstoffversorgung bzw. Düngung.

JAGNOW 1958 führt den unterschiedlichen Enzymgehalt der Böden auf die Bodenart zurück: Die schweren Böden mit mehr absorbierenden Bestandteilen zeigen höchste Aktivitäten. BERGER-LANDEFELDT 1965 hingegen konnte in humus-

reichen Horizonten die höchsten Saccharasewerte messen. HOFMANN & KESSEBA 1962 fanden keinen Zusammenhang zwischen Humusgehalt und Saccharaseaktivität. MALICKY-SCHLATTE & MALICKY 1967 führen den unterschiedlichen Enzymgehalt der Böden auf den verschiedenen Bewuchs und die Art der Bearbeitung zurück, während die Untersuchungen JAGNOWS 1958 keine Abhängigkeit des Saccharasegehaltes von der Vegetation aufzeigen.

In vorliegender Arbeit wurde die Saccharaseaktivität von Proben aus 26 Böden der vorhandenen Bodentypen bestimmt.

Die Rendsinen erreichen in ihren oberen Horizonten ($A_{00} + A_0$ -Horizont) die höchsten Aktivitäten. Wie die Ergebnisse der Dehydrogenaseuntersuchungen zeigen, ist der Mikroorganismenbesatz in diesen Profilbereichen verhältnismäßig gering. Er wird erst im A_1 -Horizont mit zunehmender Tiefe größer. Es ist daher anzunehmen, daß die im A_{00} - und A_0 -Horizont aktive Saccharase zum großen Teil aus pflanzlichem Detritus stammt. An Böden auf Erosionssedimenten und Erosionssedimentresten wurden die höchsten Aktivitätswerte in Proben aus dem AE-Mischhorizont gemessen. Die molkenpodsolige Terra fusca weist im gesamten Profil gleichmäßig hohe Werte auf. Die höchste Aktivität wurde im Staukörper (ASE-Horizont) festgestellt. Die untersuchten ökologischen Einzelfaktoren (Wasserstoffionenkonzentration, Karbonatgehalt, Gehalt an organischer Substanz) üben nach vorliegenden Ergebnissen keinen Einfluß auf die Saccharaseaktivität der Böden aus (vgl. Tabelle im Anhang).

9. Zusammenfassung

1. Aus bestimmten Bodentypen und Pflanzengemeinschaften wurden Bodenproben entnommen und ihre Dehydrogenase- und Saccharaseaktivität bestimmt.

2. Bei der Auswertung der Ergebnisse wurden die Tiefe der belebten Bodenschicht berücksichtigt und ihre Gesamtdehydrogenase berechnet.

3. Die Gesamtdehydrogenase der Rendsinen steigt mit fortschreitender Humusentwicklung. Die molkenpodsolige Terra fusca weist eine etwa zehnmal höhere Gesamtdehydrogenase auf als die erdige Terra fusca, aus der sie sich entwickelt hat.

4. Der Vergleich der Dehydrogenaseaktivitäten verschiedener Pflanzengemeinschaften zeigt, daß die Gesamtdehydrogenase innerhalb einer Succession in Richtung der höher entwickelten Assoziationen ansteigt und im Boden der Klimaxgesellschaft ihr Maximum erreicht. Kahlschlag und nachfolgende Beweidung bewirken eine Steigerung der Dehydrogenaseaktivität. Sie sinkt bei fortschreitender Degradierung rasch ab. Sekundäre Assoziationen weisen demnach höhere Gesamtdehydrogenasewerte auf als vergleichbare primäre Gesellschaften.

5. Beim Vergleich der Saccharaseaktivitäten konnten keine gerichteten Unterschiede festgestellt werden. Die Aktivität scheint von der Menge des vorhandenen sorptionsfähigen Substrates abhängig zu sein.

L I T E R A T U R

- AICHINGER, E. (1933): Vegetationskunde der Karawanken. — Pflanzensoz. 2. Jena.
- (1952 a): Die Rotbuchenwälder als Waldentwicklungstypen. — In: AICHINGER, E., Angewandte Pflanzensoz. 5.
- (1952 b): Rotföhrenwälder als Waldentwicklungstypen. — In: AICHINGER, E., Angewandte Pflanzensoz. 6.
- (1952 c): Fichtenwälder und Fichtenforste als Waldentwicklungstypen. — In: AICHINGER, E., Angewandte Pflanzensoz. 7.
- (1956 a): Exkursionsführer für die 9. internationale pflanzengeographische Exkursion durch die Ostalpen. — In: AICHINGER, E., Angewandte Pflanzensoz. Sonderheft Kärnten.
- (1956 b): Die *Calluna*-Heiden (*Callunetum vulgaris*) und die *Erica-carnea*-Heiden (*Ericetum carnea*). — In: AICHINGER, E., Angewandte Pflanzensoz. 12.
- (1957 a): Die Zwergstrauchheiden als Vegetationsentwicklungstypen. — In: AICHINGER, E., Angewandte Pflanzensoz. 13.
- (1957 b): Die Zwergstrauchheiden als Vegetationsentwicklungstypen. — In: AICHINGER, E., Angewandte Pflanzensoz. 14.
- BERGER-LANDEFELDT, U. (1965): Über die Aktivität einiger Bodenfermente unter verschiedenen Pflanzengesellschaften. — *Flora* 155:452—473.
- CASIDA, L. E., & KLEIN, D. A., & SANTORO, T. (1964): Soil dehydrogenase activity. — *Soil Science* 98:371—376.
- EHRENDORFER, F., & al. (1967): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. — Graz.
- FRANZ, H. (1960): Feldbodenkunde. — Wien.
- FRIEDEL, H. (1952): Gesetze der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge. — *Wetter und Leben*, 4:73—86.
- (1961): Schneedeckenandauer und Vegetationsverhältnisse. — *Mitt. forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn*, 59:317—369.
- GAMS, H. (1957): Kleine Kryptogamenflora, 4. Moos- und Farnpflanzen. 4. Aufl. — Stuttgart.
- (1967): Kleine Kryptogamenflora, 3. Flechten. — Stuttgart.
- HOFMANN, E., & BRÄUNLICH, K. (1955): Der Saccharasegehalt der Böden unter dem Einfluß verschiedener Faktoren der Bodenfruchtbarkeit. — *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd.*, 70:114—123.
- & HOFFMANN, G. (1955): Über Herkunft, Bestimmung und Bedeutung der Enzyme im Boden. — *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd.*, 70:9—16.
- & KESSEBA, A. (1962): Untersuchungen über Enzyme in ägyptischen Böden. — *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd.*, 99:9—20.
- & SEEGERER, A. (1951): Die Enzyme im Boden als Faktoren seiner Fruchtbarkeit. — *Naturwiss.*, 38:141—142.
- JAGNOW, G. (1958): Untersuchungen über Keimzahl und biologische Aktivität von Wiesenböden. — *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd.*, 82:50—67.
- JENNY, H. (1930): Gesetzmäßige Beziehungen zwischen Bodenhumus und Klima. — *Naturwiss.* 18:859—866.

- JUNG, L. (1953): Zur Frage der Nomenklatur erodierter Böden. — Mitt. Inst. Raumforsch., 20:61—72.
- KISS, S. (1957): Die Wirkung des spezifischen Enzymsubstrates (Saccharose) auf die Produktion der Bodensaccharase. — Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde., 76:119—122.
- KOEPE, H. (1954): Experimenteller Beitrag zur Bodenbeurteilung mittels biochemischer Reaktionen. — Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde., 67:263—270.
- KOZLOV, K. A. (1965): Über die Rolle der Bodenfauna bei der Anreicherung von Fermenten im Boden. — Pedobiol., 5:140—145.
- KRASIUK, A. A. (1929): Böden und ihre Untersuchung im Gelände. 2. Aufl. — Leningrad & Moskau (russ., zit. n. FRANZ 1960).
- KUBIENA, W. L. (1948): Entwicklungslehre des Bodens. — Wien.
- (1953): Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. — Madrid.
- KÜHNELT, W. (1950): Bodenbiologie. — Wien.
- LENHARD, G. (1956): Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für die Mikroorganismen-tätigkeit im Boden. — Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde., 73:1—11.
- (1957): Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für die Menge an mikrobiell abbaubaren Humusstoffen. — Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde., 77:193—198.
- (1962): Bestimmung der verfügbaren Pflanzennährstoffe durch Ermittlung der Dehydrogenaseaktivität des Bodens. — Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde., 99:182—190.
- MALICKY-SCHLATTE, G. (1966): Zur Enzymaktivität in einer subalpinen Bodenserie mit abnehmender Windexposition. — Mitt. naturwiss. Ver. Kärnten, 76:45—50.
- & MALICKY, H. (1967): Enzymgehalt und Wassergehalt einiger pannonischer Alluvial-Schotter-Böden. — Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde., 116:190—199.
- MOSER, M., & GÖBL, F. (1961): Die Fermentwirkungen von Wald- und Aufforstungsböden und ihre Bedeutung für die forstliche Praxis. — Mitt. forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn, 59:411—423.
- MUNSEL (nn) (1954): Soil color cards. — Baltimore.
- SCHAEFER, R. (1963): L'activité déshydrogénasique comme mesure de l'activité biologique globale des sols. — Ann. Inst. Pasteur, 105:326—331.
- SEEGERER, A. (1953): Saccharasegehalt des Bodens als Maßstab seiner biologischen Aktivität. — Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde., 61:251—260.
- SOLAR, E. (1964): Zur Kenntnis der Böden auf dem Raxplateau. — Mitt. österr. Bodenkdl. Ges., 8.
- STEBING, L. (1965): Pflanzenökologisches Praktikum. — Berlin & Hamburg.
- STEVENSON, I. L. (1959): Dehydrogenase activity in soils. — Canad. J. Microbiol., 5:229—235.
- (1962): The effect of decomposition of various crop plants on the metabolic activity of the soil microflora. — Canad. J. Microbiol., 8:501—509.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1951): Soil survey manual. — Zit. n. FRANZ 1960.
- ZAWORKA, G. (1970): Vegetationskundliche und bodenenzymologische Untersuchungen auf der Villacher Alpe. — Phil. Diss. Graz.

Anschrift des Verfassers: Dr. Gerd ZAWORKA, A-9530 Bleiberg bei Villach.

SA = Saccharaseaktivität, DA = Dehydrogenaseaktivität, GD = Gesamtdehydrogenase

Nr.	Tiefe cm	Horizont	organ. Subst. %	CaCO ₃ %	pH	SA	DA	GD	Vegetation	Ort
<u>Protorendsina</u>										
1	0-2	A ₀₀ +A ₀	61	0,2	7,2	1,90	8		Carex firma- Horst	Bärental
	2-4	A ₁ C ₁	17	21,1	7,5	0,65	22	60		
2	0-5	A ₀₀ +A ₀ + A ₁ /C ₁	12	16,4	7,0	1,20	21	105	Dryas octo- petala-Spalier	Bärental
3	0-2	A ₀₀ +A ₀	52	1,2	7,5	1,50	11		Dryadetum	Brunnleite
	2-5	A ₁ +A ₁ C	8	13,7	7,8	0,60	28			
	5-10	A ₁ C	5	32,0	7,8	0,40	6	136		
4	0-2	A ₀₀ +A ₀	71	1,8	7,0	1,80	9		Carex firma- Horst	Brunnleite
	2-4	A ₁ C	22	9,5	7,6	1,20	22	62		
5	0-2	A ₀₀ +A ₀	67	2,4	7,0	-	6		Carex firma- Horst	Brunnleite
	2-4	A ₁ C	13	15,6	7,5	-	18	48		
6	0-2	A ₀₀ +A ₀	57	2,4	6,9	-	11		Dryadetum	Höhenrain
	2-6	A ₁	18	6,8	7,4	-	32	150		
7	0-2	A ₀	58	3,2	6,8	-	15		Dryas octo petala-Spalier	Bärental
	2-5	A ₁	21	14,1	7,7	-	28	114		
8	0-5	A ₀₀ +A ₀ + A ₁ C	17	12	7,2	-	30	150	Globularia cordifolia	Höhenrain
9	0-2	A ₀₀ +A ₀	44	0,8	7,0	-	5		Globularia cordifolia	Höhenrain
	2-5	A ₁ C	5	16,9	7,5	-	30	100		
10	0-20	C ₁							Silene alpina	Brunnleite
	20-40	AC ₁	31	32	8,2	-	31			
	40-60	C ₂						240		
<u>Mullartige Rendsina</u>									Kräuterei- cher Fichten- wald	Kessel- lahner
11	3-10	A	75	0,0	5,8	2,60	120			
	10-14	A	62	0,4	6,2	2,80	132			
	14-36	A	54	1,5	6,4	1,20	118			
	36-46	AC	31	21	6,9	1,00	100	4964		
12	2-8	A ₀₀ +A ₀	78	0,0	5,9	-	102		hochstauden reicher Fich- tenwald	Weg zur Scharte, nord- östl. der Drasch- wände
	8-15	A ₁	66	0,6	6,1	-	128			
	15-25	A ₁	62	0,6	6,5	-	140			
	25-35	A ₁ C	14	1,2	6,8	-	120	4108		
13	2-10	A ₀₀ +A ₀	69	0,0	5,5	3,20	112		Pinetum mugi calcicolum	Brunnleite
	10-20	A ₁ C ₁	54	0,2	5,9	2,80	128			
	20-30	A ₁ C ₁	48	0,4	6,4	2,55	134			
	30-40	A ₁ C ₁	20	2,2	7,0	1,90	140	4916		
14	2-10	A ₀₀ +A ₀	81	0,0	6,8	2,10	104		Rhododendretum hirsuti	Alpenlahner
	10-30	A ₁	54	0,6	7,0	1,20	141	3652		
15	3-7	A ₁	42	0,0	6,3	1,95	179		Pinetum mugi silicicolum	Kessellahner
	7-14	A ₁	35	0,8	6,5	0,75	119			
	14-30	A ₁	14	2,8	6,8	0,60	137	3741		
16	0-3	A ₀	77	10	5,2	-	25		Pinetum mugi silicicolum	Kessellahner
	3-9	A ₀ +A ₁	71	13	5,5	-	39			
	9-30	A ₁	22	15	6,3	-	111			
	30-40	A ₁ C	12	26	7,1	-	40	3040		
<u>Tangelrendsina</u>										
17	3-7	A ₀₀	85	0,0	4,8	3,10	18		Rhododendron ferrugineum	Bärental
	7-14	A ₀	78	4	4,9	2,70	78			
	14-25	A ₁	49	11	6,4	1,95	180	2325		
18	4-7	A ₀₀	84	0,0	5,2	2,00	20		Pinetum mugi cacicolum	Bärental
	7-15	A ₀	61	0,4	5,4	0,80	31			
	15-20	A ₁	42	15	6,7	0,65	234	1478		
19	3-8	A ₀₀	89	0,0	4,8	-	19		Pinetum mugi silicicolum	Brunnleite
	8-20	A ₀	71	0,0	4,8	-	26			
	20-30	A ₀ +A ₁	68	0,5	5,8	-	79			
	30-40	A ₁	50	1,6	6,3	-	180			
	40-60	A ₁ C ₁	20	25	7,0	-	23	3457		
20	2-10	A ₀₀ +A ₀	79	2,4	4,2	1,85	22		Ericetum carneae	Brunnleite
	10-15	A ₀	62	3,6	4,7	0,65	68			
	15-20	A ₁	38	21	6,6	0,60	172	1376		
21	4-10	A ₀	77	0,0	5,2	-	16		Rhododendron ferrugineum	Bärental
	10-20	A ₀	68	0,0	5,4	-	34			
	20-30	A ₁	54	4,2	5,9	-	105			
	30-42	A ₁	48	11	6,3	-	163	3442		
22	5-10	A ₀₀ +A ₀	75	0,4	5,3	2,20	15		Pinetum mugi calcicolum	Bärental rechts
	10-20	A ₀	72	6,3	6,4	1,90	70			
	20-30	A ₁	62	19	7,1	1,90	108	1855		
23	2-4	A ₀₀	84	6,7	5,4	-	148		Pinetum mugi calcicolum	Bärental rechts
	4-7	A ₀	77	8,5	6,2	-	134			
	7-14	A ₁ C	23	24	7,4	-	84	1286		
24	3-9	A ₀₀	72	0,0	4,8	-	19		Pinetum mugi calcicolum	Brunnleite
	9-19	A ₀	65	4,2	4,8	-	48			
	19-30	A ₁	42	13	6,2	-	130			
	30-40	A ₁ C	18	22	6,9	-	18	2624		
25	0-4	A ₀₀	67	0,0	5,0	-	21		Rhododendretum hirsuti	Brunnleite
	4-20	A ₀ +A ₁	38	12	6,7	-	95			
	20-30	A ₁	30	24	7,5	-	130	2904		
<u>Terra fusca</u>										
26	0-6	A ₀ +A ₁	37	0,0	5,1	-	41		Loiseleuria procumbens	Nudeltratte
	6-10	A ₁ E	28	0,0	5,3	-	25			
	10-15	E	5	0,0	5,5	-	11			
	15-20	E	4	0,0	5,5	-	0			
	20-25	E	0	0,0	5,6	-	0	401		
27	0-3	A ₀₀ +A ₀	41	0,0	5,0	-	32		Nardetum	Nudeltratte
	3-8	A ₁ E	15	0,0	5,2	-	21			
	8-14	E	2	0,0	5,3	-	10			
	14-20	E	2	0,2	5,7	-	6	297		
28	0-4	A ₀₀ +A ₀	22	0,0	4,9	-	35		Nardetum	Roßtratte
	4-8	A ₁ E	12	0,0	4,9	-	34			
	8-13	E	5	0,0	5,1	-	16			
	13-18	E	5	0,0	5,1	-	8			
	18-25	E	4	0,0	5,4	-	0			
	25-30	E	4	0,0	5,5	-	0	396		
29	3-5	AE	19	0,0	5,0	-	40		Nardetum	Roßtratte
	5-7	AE	12	0,0	5,4	-	35			
	7-10	E	7	0,0	5,4	-	16			
	10-14	E	7	0,0	5,7	-	10	238		
30	3-8	A	21	0,0	4,8	-	35		Loiseleuria procumbens	Nudeltratte
	8-12	AE+E	17	0,0	4,9	-	21			
	12-15	E	11	0,0	4,9	-	14			
	15-18	E	6	0,0	5,3	-	6	319		
31	0-4	A ₀₀ +A ₀ +A ₁	35	0,0	5,1	-	42		Loiseleuria procumbens	Nudeltratte
	4-8	A ₁ E	22	0,0	5,4	-	28			
	8-12	AE+E	16	0,0	5,4	-	17			
	12-14	E	4	0,0	5,6	-	8			
	14-18	E	4	0,0	5,6	-	5	384		
32	0-4	A ₀₀ +A ₀ +A ₁	28	0,0	4,9	2,30	38		Loiseleuria procumbens	Nudeltratte
	4-8	A ₁ E	21	0,0	5,0	2,45	22			
	8-12	A ₁ E+E	8	0,0	5,2	1,95	18			
	12-14	E	2	0,0	5,6	1,20	9	330		
33	0-2	A ₀ +A ₁	19	0,0	5,0	-	38		Nardetum	Grassackkopf Roßtratte
	2-5	A ₁ E	12	0,0	5,4	-	24			
	5-9	E	5	0,0	5,5	-	13			
	9-17	E	1	0,0	5,5	-	6	248		
34	0-3	A	27	0,0	4,9	1,35	42		Nardetum	Roßtratte
	3-4,5	AE	16	0,0	5,0	2,40	24			
	4,5-7	E	7	0,0	5,2	3,20	15			
	7-14	E	2	0,0	5,6	2,90	8			
	eine Probe aus 20 cm				5,7			256		
35	1-4	A	29	0,0	4,9	1,20	50		Vaccinetum uliginosi	Bärental
	4-15	AE	11	0,0	5,0	2,60	58			
	15-30	E	2	0,0	5,3	1,00	8	908		
36	0-1,5	A ₀₀ +A ₀	62	0,0	4,4	1,00	6		Nardetum	Bärental
	1,5-2,5	A ₁	39	0,0	4,6	1,30	26			

Pseudorendsina									
37	1-7	A	61	0,2	5,2	1,70	119	Erica carnea + Daphne striata	Weg vom Zwölfer ins Barental
	7-18	AE	19	1,0	6,8	2,40	212		
	18-25	EC	8	8,4	7,0	1,85	21	3193	
38	2-9	A	45	0,0	5,4	1,20	102	Erica carnea + Daphne striata	Höhenrain
	9-15	AE	14	0,5	5,9	1,95	192		
	15-30	AEC	12	12,3	7,1	2,00	18	2136	
39	3-8	A	39	0,2	4,9	1,90	100	Rhododendron hirsutum	Draschwände
	8-12	A+AE	12	0,8	5,8	2,05	160		
	12-26	AE+EC	6	9,8	7,2	1,70	102	2568	
40	2-5	A _{oo} +A _o	76	0,0	4,9	1,90	64	Rhododendron ferrugineum	Höhenrain
	5-15	A ₁	51	0,0	5,6	2,35	115		Nordabhang
	15-20	A ₁ E	22	0,4	5,9	3,00	180		
	20-25	EC	9	11	6,9	2,55	81	2647	
41	3-10	A	42	1,2	5,2	-	102	Rhododendron hirsutum	Höhenrain
	10-20	A+AE	15	0,8	5,7	-	182		
	20-30	AE+EC	6	16	6,8	-	108	3614	
42	4-10	A _{oo} +A _o	68	0,0	4,7	-	92	hochstaudenreicher Fichtenwald	Schartensteig
	10-20	A ₁	45	0,0	5,2	-	104		
	20-30	A ₁ E	22	0,0	6,0	-	192		
	30-45	A ₁ E+EC	11	4,8	7,2	-	108	5132	
43	3-8	A _o	61	0,0	4,7	-	104	Lärchenwald mit Rhodoreto-Vaccinietum	Nördl. Höhenrain
	8-18	A ₁	42	0,0	5,4	-	109		
	18-25	A ₁	42	0,6	5,4	-	202		
	25-31	A ₁ E	18	0,5	6,5	-	142		
	31-40	EC	7	14	7,0	-	91	4700	
44	2-4	A _{oo} +A _o	55	0,0	5,1	-	46	Aposersreicher Fichtenwald	Marienstein
	4-10	A ₁	50	0,0	5,3	-	54		
	10-25	A ₁ E	18	0,0	6,6	-	36		
	25-40	EC	9	7,6	7,1	-	11	1121	
45	1-2	A _{oo} +A _o	71	0,0	5,0	-	44	Vacciniumreicher Fichtenwald	Zwischen Marienstein und Roter Wand
	2-6	A ₁	54	0,0	5,0	-	58		
	6-20	A ₁ E	13	0,4	5,9	-	32		
	20-50	EC	10	5,7	6,8	-	10	1218	
46	2-4	A _{oo} +A _o	68	0,0	4,7	-	29	Vacciniumreicher Fichtenwald	Nördl. der Roten Wand
	4-10	A ₁	49	0,0	5,2	-	19		
	10-15	A ₁ E	19	0,0	6,0	-	31		
	15-45	A ₁ E+EC	10	4,3	7,2	-	12	687	
47	1-3	A _{oo} +A _o	62	0,0	5,9	-	88	Poa alpina	Roßstratte
	3-7	A ₁	48	0,0	6,1	-	83	Potentilla erecta P. aurea	neben Almweg
	7-27	A ₂ EC ₁	20	0,0	6,9	-	42	Homogyne discolor Geum montanum	
	27-60	A ₂ EC ₁ +EC ₁	19	9,3	7,1	-	8	Leonodon hispidus Salix retusa	
48	1-6	A _o	49	0,0	7,5	-	212	Erica carnea-Horst	Höhenrain
	6-12	A ₁	40	0,0	6,9	-	217		
	12-30	A ₁ E	22	0,0	6,2	-	111		
	30-45	A ₁ E+EC	17	5,1	5,5	-	20	4660	
49	1-2	A _o	55	0,0	5,2	-	44	Oxalisreicher Fichtenwald	Zwischen Roter Wand u. Quarzgrübel
	2-5	A ₁ E	16	0,0	5,3	-	67		
	5-11	A ₁ E+E	10	0,0	5,6	-	75		
	11-30	E	5	0,0	5,4	-	15	980	
50	1-2	A _o	60	1,2	5,3	-	84	Nardus stricta	Zehnermulde
	2-7	A ₁	47	2,5	5,3	-	176	Poa annua, P. alpina	
	7-30	A ₁ E+E	30	16	6,7	-	110	Homogyne discolor Scabiosa lucida Helianthemum grandiflorum Salix retusa Trifolium repens	
51	3-6	A _o	67	0,0	5,5	-	64	Pinetum mugi silicicolum	Barentalboden
	6-12	A ₁	28	0,5	6,0	-	83		
	12-14	A ₁	25	0,5	6,7	-	207		
	14-30	A ₁ E	12	0,3	6,7	-	200		
	30-40	EC	9	8,7	5,0	-	25	4304	
Molkenpodsolige Terra fusca									
52	2-10	A _o +A ₁	68	0,0	5,1	2,85	148	Faxrasen	Roßstratte
	10-15	A ₁ PE	30	0,0	5,1	3,00	205		
	15-20	ASE	5	0,0	5,2	3,05	92		
	20-25	E	4	0,0	5,2	2,90	48		
	25-45	E	2	0,0	5,4	2,55	11	3499	
53	2-8	A _o +A ₁	45	0,0	6,0	2,55	132	Faxrasen	Roßstratte
	8-15	A ₁ +A ₁ PE	28	0,0	6,0	2,60	198		
	15-30	ASE	16	0,0	6,5	3,00	60		
	30-40	E	7	2,6	6,7	2,90	29	4868	
54	0-10	A _o +A ₁	59	0,0	6,2	2,55	129	Faxrasen	Roßstratte
	10-20	A ₁ +A ₁ PE	37	0,0	6,2	2,60	171		
	20-30	ASE	11	0,0	5,9	2,60	145		
	30-40	E	3	5,2	5,7	2,20	30	4750	
55	0-3	A _o	61	0,0	5,5	-	115	Faxrasen + Rumex alpina	Zehnermulde
	3-10	APE	54	0,0	5,9	-	241		
	10-16	ASE	32	0,0	6,2	-	28		
	16-30	E	9	0,0	5,6	-	19	3066	
56	4-10	A	49	0,0	7,1	-	147	Faxrasen	Kaserin
	10-15	AEP	35	0,0	7,0	-	212		
	15-20	ASE	20	0,0	6,7	-	151		
	20-40	E	4	0,0	6,7	-	19	3077	
Pechrendsina									
57	0-4	A _o +A ₁	72	0,0	4,1	1,95	91	Pinetum mugi silicicolum	Kessellahner
	4-9	A ₁	51	0,0	4,5	0,70	115		
	9-14	A ₂	42	0,0	6,4	0,60	131		
	14-25	A ₂ C	16	30	7,0	0,60	175	3519	
58	0-3	A _{oo} +A _o	68	0,0	4,9	1,75	80	Pinetum mugi silicicolum	Brunnlahner 1900 m
	3-6	A _o +A ₁	54	0,0	4,9	1,00	134		
	6-20	A ₁	42	0,0	6,6	0,85	142		
	20-30	A ₂ C	20	22	7,0	0,65	171	4340	
59	0-1	A _o +A ₁	70	0,0	4,2	-	20	Caricetum ferruginei	Nordabhang des Zwölfers
	1-3	A ₁	56	0,0	4,4	-	140		
	3-10	A ₂	31	2,6	6,9	-	198		
	10-25	A ₂ C	9	25	6,9	-	210	4836	
60	0-4	A _o +A ₁	65	0,0	5,1	-	110	Carex ferruginea	Barental
	4-11	A ₂	41	0,0	6,4	-	135		
	11-25	A ₂ C	17	14	7,1	-	140	3345	
61	0-5	A _o	81	0,0	4,3	-	80	Rhododendretum ferruginei	Nordabhang des Zwölfers
	5-15	A ₁	48	0,0	5,0	-	122		
	15-25	A ₂	40	0,0	5,8	-	152		
	25-30	A ₂ C	20	31	6,7	-	170	3990	
Pseudogley									
62	0-3	A _{oo} +A _o	81	3,5	6,9	1,95	11	Fichtenwald	Touristensteig, oberhalb der Aloisihütte
	3-18	A ₁	56	5,4	7,3	2,00	128		
	18-36	A ₂ EC ₁	45	13	7,7	2,45	102		
	36-70	(B)PC ₂	5	0,2	7,5	3,05	19		
	70-90	(B)SC ₂	1	2,5	7,5	0,65	0	4435	
Übergangsbildung zwischen mullartiger Rendsina und Tangelrendsina									
63	0-3	A _{oo} +A _o	61	1,4	5,4	-	12	Ericetum carnea	Brunnleite
	3-5	A ₁	23	13	6,3	-	34		
	5-10	A ₁	11	29	6,9	-	97		
	10-20	A ₁ C	9	41	7,0	-	18	769	

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1972

Band/Volume: [162_82](#)

Autor(en)/Author(s): Zaworka Gerd

Artikel/Article: [Dehydrogenase- und Saccharaseaktivität einiger Böden und Pflanzengesellschaften der Villacher Alpe. \(Mit 6 Abbildungen und einer Tabelle\)- Herrn Univ.Prof.Dr.Otto HÄRTEL zu seinem 60. Geburtstag gewidmet 157-178](#)