©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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.

KOEPF 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-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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 Profilgenese hin (JUNG 1953, SOLAR 1964).

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

Die Humusformen wurden nach KUBIENA 1953 bestimmt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Gefügeform wurde nach den Anweisungen des Soil Survay 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 H_2 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 Extainktionswert des mit Methanol aus 10 g lufttrockenem 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. Gesamtdehydrogenase

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

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

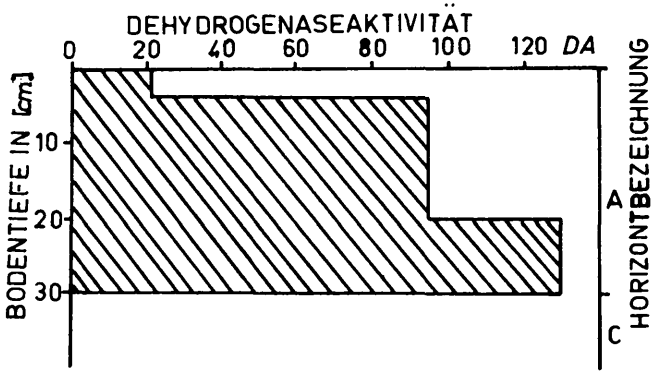

Abbildung 1: Dehydrogenaseaktivität einer Rendsina in verschiedenen Bodentiefen. Weitere Erläuterungen siehe im Text.

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:	Bärental
Seehöhe:	1760 m
Exposition:	Süd, windausgesetzte Kuppe

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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, strukturlos verschlämmt, 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_1C—C-Boden
Humusform:	Rendsinamoder mit äolisch eingebrachten Silikat- und Kalksplittern. Humus durch Kleintiere (Milben) geformt. Bei stärkerer Wasserzufuhr strukturlos.

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 mugi 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_1C_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_1C_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 mugi 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 Losungsstückchen, 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 strukturlos und verschlämmbar, schwach sauer, übergehend

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

A_1C_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_1C_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 mugi 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_2C	20 bis 30 cm, schwarz (10 YR 2/1), Pechmoder, sehr stark humos, zwischen Schuttplatten und Karren eingeschlämmt, 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_2C—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:	Roßtratte, neben Almweg
Seehöhe:	1690 m
Exposition:	Eben
Vegetation:	*Poa alpina, Potentilla erecta, P. aurea, Homogyne discolor, Geum montanum, Leontodon hispidus*
$A_{00}+A_0$	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_2EC_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

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

EC_1	Ab 30 cm, Schutt und Grus in Terra fusca eingepackt
Charakteristik:	$A_{00}+A_0$—A_1—A_2EC_1—EC_1-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*
$A_{00}+A_0$	0 bis 3 cm, Fichtennadelstreu
A_1	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
A_2EC_1	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 tonhältiger Regenwurmkot (Geruch!), gut durchwurzelt, basisch, scharf absetzend
$(B)PC_2$	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
$(B)SC_2$	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
C_2	Cardita-Schiefer, plattig auswitternd, auf den Schieferungsflächen häufig Pyritkristalle
Charakteristik:	$A_{00}+A_0$—A_1—A_2EC_1—$(B)PC_2$—$(B)SC_2$—C_2-Profil, Rumpf eines Pseudogleys, den eine Pseudorendsina überdeckt. Der Zusammenhang in der Dynamik zwischen den beiden Profilabschnitten ist im A_2EC_1-Horizont sichtbar: Durch Wurmtätigkeit wird Tonmaterial aus dem $(B)PC_2$-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:	Bärental
Seehöhe:	1830 m
Exposition:	Eben
Vegetation:	Nardetum strictae
A_0+A_1	0 bis 3 cm, schwarz (10 YR 2/1), stark humos, verstaubt, feinkrümelig, sauer, karbonatarm (unter 1 %), übergehend

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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-grobblockige 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, verschlämmt, 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-grobblockige Aggregate zerfallend, vereinzelt Wurzeln, schwach sauer, karbonatfrei, scharf absetzend
D	Ab 60 cm, Wettersteinkalk
Charakteristik:	A—AEP—SE—D-Profil mit Tagwasserstau. Sesquioxyd- und Kolloidanreicherung führt zur Ausbildung eines Staukörpers. Die oberen Partien des Profiles sind stark humos. Organische Säuren wirken reduzierend.

6.2. Dehydrogenaseaktivität der Eurendsinen

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

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

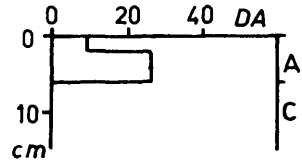

Abbildung 2: Dehydrogenaseaktivität der Protorendsina in verschiedenen Tiefen. Die angegebenen Werte sind aus dem Durchschnitt aller untersuchten Protorendsinen gebildet.

Menge mit der Tiefe zunimmt. Dieser an Losung 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 Fraßtätigkeit der Rendsinamoder in mullartigen Rendsinamoder umgesetzt (KUBIENA 1948). Es werden Kalkhumate gebildet, zwischen deren Aggregaten Kalzit- und Dolomitkörner 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

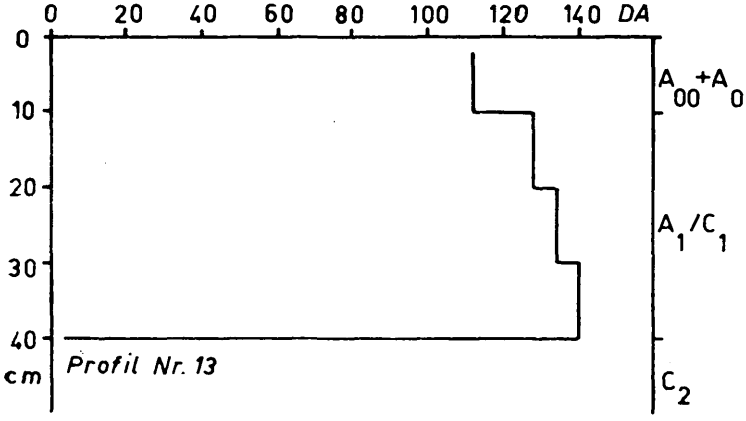

Abbildung 3: Dehydrogenaseaktivität des A-Horizontes einer mullartigen Rendsina in verschiedenen Tiefen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

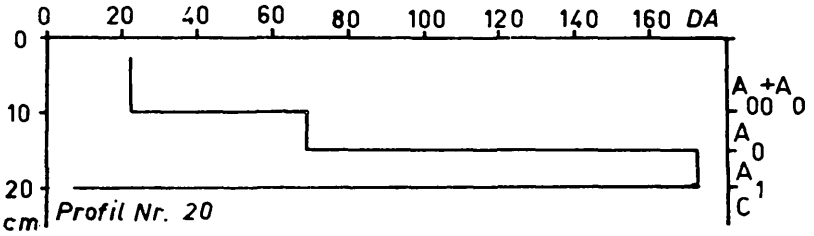

Abbildung 4: Dehydrogenaseaktivität einer Tangelrendsina in verschiedenen Tiefen.

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 A_1-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 A_{00}- und A_0-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

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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.

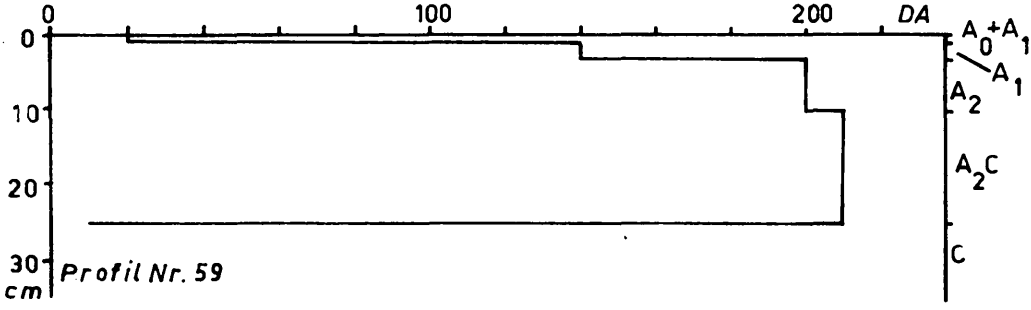

Abbildung 5: Dehydrogenaseaktivität einer Pechrendsina in verschiedenen Tiefen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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 A_1-Horizont ihre höchste Intensität (128). Im Staukörper [(B)SC_2-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 firmae 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 azidiphil ist, beschränkt

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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 Roßtratte wurden im Nardetum strictae vier Böden (Profil 28, 29, 33, 34), im Bärental und auf der Nudeltratte je ein Profil untersucht (Profil 36 bwz. 27).

Die Bodenproben aus dem Faxrasen stammen von der Roßtratte (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 carneae:	
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

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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

Die niedrigsten Dehydrogenaseaktivitäten wurden in den Protorendsinen des Dryadentum 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 dazwischenliegenden 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).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

7.3. Legföhrenbuschwald

Der Legföhrenbuschwald bewächst die mullartige Rendsina, die Tangelrendsina, die Pechrendsina und die Pseudorendsina.

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

Ermittelte Werte für die Gesamtdehydrogenase:

Pinetum mugi calcicolum		Pinetum mugi 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 mugi silicicolum (AICHINGER 1933), weist demnach höhere Dehydrogenaseaktivitäten auf als der Legföhrenbuschwald mit basiphiler Krautschicht. Die Aktivitätswerte des P. mugi 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 carneae 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 carneae GD = 589, Pinetum mugi calcicolum GD = 2624, Pinetum mugi 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

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

hat sich aus dem Pinetum mugi 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 mugi 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 aposerisreiche 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

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

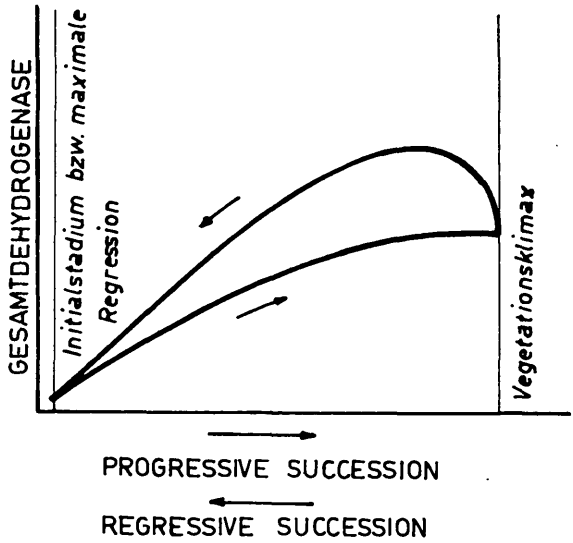

Abbildung 6: Veränderung der Gesamtdehydrogenase innerhalb einer progressiven und einer regressiven Succession (schematische Darstellung).

7.6. Dehydrogenaseaktivität und Vegetationsentwicklung

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß die Gesamtdehydrogenase innerhalb eine Succession 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 & HOFFMANN 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-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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

LITERATUR

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 carneae). — 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. Bodenkde., *70*:114—123.

— & HOFFMANN, G. (1955): Über Herkunft, Bestimmung und Bedeutung der Enzyme im Boden. — Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde., *70*:9—16.

— & KESSEBA, A. (1962): Untersuchungen über Enzyme in ägyptischen Böden. — Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkde., *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. Bodenkde., *82*:50—67.

JENNY, H. (1930): Gesetzmäßige Beziehungen zwischen Bodenhumus und Klima. — Naturwiss. *18*:859—866.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

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.

KOEPF, 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 Mikroorganismentätigkeit 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 Kennntnis der Böden auf dem Raxplateau. — Mitt. österr. Bodenkdl. Ges., *8*.

STEUBING, 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.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

SA = Saccharaseaktivität, DA = Dehydrogenaseaktivität, GD = Gesamtdehydrogenase

Nr.	Tiefe cm	Horizont	organ. Subst. %	$CaCO_3$ %	pH	SA	DA	GD	Vegetation	Ort
Protorendsina										
1	0-2	$A_{oo}+A_o$	61	0,2	7,2	1,90	8		Carex firma-Horst	Bärental
	2-4	A_1C_1	17	21,1	7,5	0,65	22	60		
2	0-5	$A_{oo}+A_o+A_1/C_1$	12	16,4	7,0	1,20	21	105	Dryas octo-petala-Spalier	Bärental
3	0-2	$A_{oo}+A_o$	52	1,2	7,5	1,50	11		Dryadetum	Brunnleite
	2-5	A_1+A_1C	8	13,7	7,8	0,60	28			
	5-10	A_1C	5	32,0	7,8	0,40	6	136		
4	0-2	$A_{oo}+A_o$	71	1,8	7,0	1,80	9		Carex firma-Horst	Brunnleite
	2-4	A_1C	22	9,5	7,6	1,20	22	62		
5	0-2	$A_{oo}+A_o$	67	2,4	7,0	-	6		Carex firma-Horst	Brunnleite
	2-4	A_1C	13	15,6	7,5	-	18	48		
6	0-2	$A_{oo}+A_o$	57	2,4	6,9	-	11		Dryadetum	Höhenrain
	2-6	A_1	18	6,8	7,4	-	32	150		
7	0-2	A_o	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	$A_{oo}+A_o+A_1C$	17	12	7,2	-	30	150	Globularia cordifolia	Höhenrain
9	0-2	$A_{oo}+A_o$	44	0,8	7,0	-	5		Globularia cordifolia	Höhenrain
	2-5	A_1C	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		
Mullartige Rendsina									Kräutereicher Fichtenwald	Kessellahner
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	$A_{oo}+A_o$	78	0,0	5,9	-	102		hochstauden reicher Fichtenwald	Weg zur Scharte, nordöstl. der Draschwände
	8-15	A_1	66	0,6	6,1	-	128			
	15-25	A_1	62	0,6	6,5	-	140			
	25-35	A_1C	14	1,2	6,8	-	120	4108		
13	2-10	$A_{oo}+A_o$	69	0,0	5,5	3,20	112		Pinetum mugi calcicolum	Brunnleite
	10-20	A_1C_1	54	0,2	5,9	2,80	128			
	20-30	A_1C_1	48	0,4	6,4	2,55	134			
	30-40	A_1C_1	20	2,2	7,0	1,90	140	4916		
14	2-10	$A_{oo}+A_o$	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_o	77	10	5,2	-	25		Pinetum mugi silicicolum	Kessellahner
	3-9	A_o+A_1	71	13	5,5	-	39			
	9-30	A_1	22	15	6,3	-	111			
	30-40	A_1C	12	26	7,1	-	40	3040		
Tangelrendsina										
17	3-7	A_{oo}	85	0,0	4,8	3,10	18		Rhododendron ferrugineum	Bärental
	7-14	A_o	78	4	4,9	2,70	78			
	14-25	A_1	49	11	6,4	1,95	180	2325		
18	4-7	A_{oo}	84	0,0	5,2	2,00	20		Pinetum mugi cacicolum	Bärental
	7-15	A_o	61	0,4	5,4	0,80	31			
	15-20	A_1	42	15	6,7	0,65	234	1478		
19	3-8	A_{oo}	89	0,0	4,8	-	19		Pinetum mugi silicicolum	Brunnleite
	8-20	A_o	71	0,0	4,8	-	26			
	20-30	A_o+A_1	68	0,5	5,8	-	79			
	30-40	A_1	50	1,6	6,3	-	180			
	40-60	A_1C_1	20	25	7,0	-	23	3457		
20	2-10	$A_{oo}+A_o$	79	2,4	4,2	1,85	22		Ericetum carneae	Brunnleite
	10-15	A_o	62	3,6	4,7	0,65	68			
	15-20	A_1	38	21	6,6	0,60	172	1376		
21	4-10	A_o	77	0,0	5,2	-	16		Rhododendron ferrugineum	Bärental
	10-20	A_o	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	$A_{oo}+A_o$	75	0,4	5,3	2,20	15		Pinetum mugi calcicolum	Bärental rechts
	10-20	A_o	72	6,3	6,4	1,90	70			
	20-30	A_1	62	19	7,1	1,90	108	1855		
23	2-4	A_{oo}	84	6,7	5,4	-	148		Pinetum mugi calcicolum	Bärental rechts
	4-7	A_o	77	8,5	6,2	-	134			
	7-14	A_1C	23	24	7,4	-	84	1286		
24	3-9	A_{oo}	72	0,0	4,8	-	19		Pinetum mugi calcicolum	Brunnleite
	9-19	A_o	65	4,2	4,8	-	48			
	19-30	A_1	42	13	6,2	-	130			
	30-40	A_1C	18	22	6,9	-	18	2624		
25	0-4	A_{oo}	67	0,0	5,0	-	21		Rhododendretum hirsuti	Brunnleite
	4-20	A_o+A_1	38	12	6,7	-	95			
	20-30	A_1	30	24	7,5	-	130	2904		
Terra fusca										
26	0-6	A_o+A_1	37	0,0	5,1	-	41		Loiseleuria procumbens	Nudeltratte
	6-10	A_1E	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	$A_{oo}+A_o$	41	0,0	5,0	-	32		Nardetum	Nudeltratte
	3-8	A_1E	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	$A_{oo}+A_o$	22	0,0	4,9	-	35		Nardetum	Roßtratte
	4-8	A_1E	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	$A_{oo}+A_o+A_1$	35	0,0	5,1	-	42		Loiseleuria procumbens	Nudeltratte
	4-8	A_1E	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	$A_{oo}+A_o+A_1$	28	0,0	4,9	2,30	38		Loiseleuria procumbens	Nudeltratte
	4-8	A_1E	21	0,0	5,0	2,45	22			
	8-12	A_1E+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_o+A_1	19	0,0	5,0	-	38		Nardetum	Grassachkopf Roßtratte
	2-5	A_1E	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	$A_{oo}+A_o$	62	0,0	4,4	1,00	6		Nardetum	Bärental
	1,5-2,5	A_1	39	0,0	4,6	1,30	26			

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Pseudorendsina										
37	1-7	A	61	0,2	5,2	1,70	119		Erica carnea + Daphne striata	Weg vom Zwölfer ins Bärental
	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 Nordabhang
	5-15	A_1	51	0,0	5,6	2,35	115			
	15-20	A_1E	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		hochstauden-reicher Fichtenwald	Schartensteig
	10-20	A_1	45	0,0	5,2	-	104			
	20-30	A_1E	22	0,0	6,0	-	192			
	30-45	A_1E+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_1E	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		Aposerisreicher Fichtenwald	Marienstein
	4-10	A_1	50	0,0	5,3	-	54			
	10-25	A_1E	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_1E	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		Vaccinium-reicher Fichtenwald	Nördl.der Roten Wand
	4-10	A_1	49	0,0	5,2	-	19			
	10-15	A_1E	19	0,0	6,0	-	31			
	15-45	A_1E+EC	10	4,3	7,2	-	12	687		
47	1-3	$A_{oo}+A_o$	62	0,0	5,9	-	88		Poa alpina Potentilla erecta P.aurea Homogyne discolor Geum montanum Leontodon hispidus Salix retusa	Roßtratte neben Almweg
	3-7	A_1	48	0,0	6,1	-	83			
	7-27	A_2EC_1	20	0,0	6,9	-	42			
	27-60	$A_2EC_1+EC_1$	19	9,3	7,1	-	8	1612		
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_1E	22	0,0	6,2	-	111			
	30-45	A_1E+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_1E	16	0,0	5,3	-	67			
	5-11	A_1E+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 Poa annua,P.alpina Homogyne discolor Scabiosa lucida Helianthemum grandiflorum Salix retusa Trifolium repens	Zehnermulde
	2-7	A_1	47	2,5	5,3	-	176			
	7-30	A_1E+E	30	16	6,7	-	110	3494		
51	3-6	A_o	67	0,0	5,5	-	64		Pinetum mugi silicicolum	Bärentalboden
	6-12	A_1	28	0,5	6,0	-	83			
	12-14	A_1	25	0,5	6,7	-	207			
	14-30	A_1E	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	Roßtratte
	10-15	A_1PE	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	Roßtratte
	8-15	A_1+A_1PE	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	Roßtratte
	10-20	A_1+A_1PE	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_2C	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_2C	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_2C	9	25	6,9	-	210	4836		
60	0-4	A_o+A_1	65	0,0	5,1	-	110		Carex ferruginea	Bärental
	4-11	A_2	41	0,0	6,4	-	135			
	11-25	A_2C	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_2C	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_2EC_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 carneae	Brunnleite
	3-5	A_1	23	13	6,3	-	34			
	5-10	A_1	11	29	6,9	-	97			
	10-20	A_1C	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 & Abbildungen und einer Tabelle)- Herrn Univ.Prof.Dr.Otto HÄRTEL zu seinem 60. Geburtstag gewidmet 157-178