

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

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ENZYMAKTIVITÄT EINIGER SALZ- BÖDEN DES SEEWINKELS (BURGENLAND).

Von Gudrun Malicky-Schlatter.

Inhaltsverzeichnis.

- A. Einleitung
- B. Material
- C. Methoden
- D. Ergebnisse
 - I. Boden-pH und Enzymaktivität
 - II. Vergleich der Meßwerte von Frühjahr und Herbst
 - III. Einfluß des Gehaltes der Feinerde an organischer Substanz auf die Enzymaktivität
 - IV. Bodentiefe und Enzymaktivität
 - V. Korngröße und Enzymaktivität
 - VI. Enzymaktivität und Vegetation.
- E. Zusammenfassung
- F. Literatur

A. Einleitung

Über die Entstehung und Beschaffenheit der Salzböden des Seewinkels liegen zahlreiche Arbeiten vor (z. B. FRANZ & HUSZ 1961, BERNHAUSER 1962, HUSZ 1962, 1965). In mikrobiologischer Hinsicht wurden burgenländische und ungarische Salzböden von FEHÉR & BOKOR 1930, 1931, BOKOR 1933 und WENZL 1934 a und b untersucht. Sie fanden sowohl in Solontschak- als auch in Solonetz-Böden eine spezifische Mikroflora, die sich durch hohe Actinomycetenzahlen auszeichnet. Die Organismenzahlen sind verhältnismäßig gering und einer jahreszeitlichen Periodizität unterworfen (Minimum im Dezember, Maximum im August). Stickstoffbindende Organismen (*Azotobacter chroococcum*) und Zellulosezerersetzer fehlen fast ganz.

HOFMANN & SEEGERER 1951, HOFMANN & HOFFMANN 1955 u. a. versuchten die biologische Aktivität von Böden nicht durch deren

Mikroorganismenzahlen, sondern durch die Aktivität der in ihnen enthaltenen Enzyme zu charakterisieren. Man unterscheidet Endoenzyme, die nur innerhalb der Organismen wirken, und Ektoenzyme, die auch frei im Boden vorhanden sind. Diese werden von den Mikroorganismen abgegeben oder durch Autolyse frei. In geringerem Ausmaß werden sie auch von den Wurzeln höherer Pflanzen und durch die Bodenfauna abgeschieden (HOFFMANN 1959, KOZLOV 1965). Die Ektoenzyme werden an etwa vorhandene Tonteilchen adsorbiert und dann kaum mehr abgebaut (PINCK & ALLISON 1951, McLAREN & ESTERMANN 1956, ESTERMANN, PETERSON & McLAREN 1959, DURAND 1964).

Im Seewinkel sind sowohl lehmige, als auch sandige Böden vorhanden. Es soll festgestellt werden, wieweit der Tongehalt die Enzymaktivität der Böden beeinflusst.

Weiter wird untersucht, ob die biologische Aktivität der Salzböden tatsächlich so gering ist, wie man es auf Grund der Keimzahlen erwarten kann, oder ob die Anhäufung von an Tonteilchen adsorbierten Enzymen die geringen Bakterienzahlen ausgleichen kann.

Die Enzymaktivitäten von Böden unter einigen halophilen Pflanzengesellschaften werden miteinander verglichen.

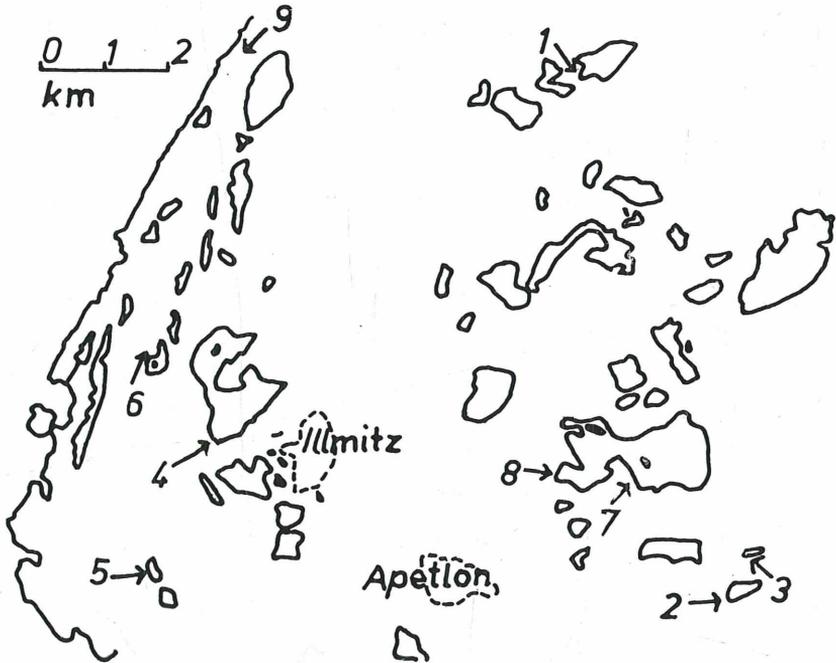


Abb. 1
Karte des Seewinkels mit den Orten der Probenentnahme (1—9). Erklärung im Text.

Die Bodenproben wurden zu zwei Terminen, und zwar nach Regen und zum Hochwasserstand am 20. — 21. 3. 1967 und zur Trockenzeit am 14. 10. 1967 entnommen. Die Orte der Probenentnahme sind aus Abb.1 ersichtlich. Die chemischen Eigenschaften der an sie angrenzenden Gewässer lassen sich nach LÖFFLER 1957, die quartären Sedimente des jeweiligen Gebietes nach der Bodenkarte in SAUERZOPF & TAUBER 1959 wie folgt angeben:

1. Birnbaumlacke: sehr elektrolytreich (Na^+ , SO_4^-); Gebiet der gelben und braunen See- und Zicktonmergel
2. Schwarze Lacke: schwach salzig; gelbe, meist sandige und kiesige Lößlehme
3. Szerdahelyer Lacke: schwach salzig; gelbe, meist sandige und kiesige Lößlehme
4. Illmitzer Zicksee: elektrolytreich; Sande und Kiese (Seewinkelschotter)
5. Herrnsee: sehr elektrolytreich (Cl^- , SO_4^- , Na^+ , Mg^{++}); graue Seemergel, teilweise auch Sande und Kiese
6. Albersee: sehr elektrolytreich (Na^+); Sande und Kiese (Seewinkelschotter)
7. Lange Lacke: elektrolytreich; gelbe und braune See- und Zicktonmergel
8. Lange Lacke: elektrolytreich; gelbe, meist sandige und kiesige Lößlehme
9. Neusiedler See: elektrolytreich; graue Seemergel

In dieser Arbeit werden folgende Bodentypen erfaßt (Einteilung nach BERNHAUSER 1962):

Subhydrischer Solontschak oder Salzgyttia: dauernd submers;

Solontschake: Böden mit Salzausblühungen, die nur von extremen Halophyten besiedelt sind;

Kryptosolontschak-Böden und Übergänge zwischen Solontschak und Solonetz: Die Salzausblühungen erreichen die Oberfläche nicht mehr; Vorkommen von *Aster tripolium*.

Solonetz-Böden werden in dieser Arbeit nicht behandelt. Die Solontschake sind öfter erodiert. Texturmäßig reichen sie von kiesigen Sanden bis zu schweren Lehmen.

C. Methoden

Alle angeführten Bodeneigenschaften wurden an der Feinerdefraktion lufttrockener Böden untersucht.

Der pH-Wert und die Ionenleitfähigkeit wurden an wässrigen Bodenaufschwemmungen mit einem Beckman-pH-Meter Mod. H 2 mit Glas-

elektrode bzw. mit einem Metrohm-Konduktometer Type E 182 gemessen. Die Leitfähigkeit wird in $\kappa \cdot 10^6$ angegeben.

Der Gehalt der Feinerde an organischer Substanz wurde durch Glühen ermittelt. Die durch den Karbonatgehalt verursachten Fehler können vernachlässigt werden. REPP 1939 fand in den von ihr untersuchten Böden, daß der Gesamtsalzgehalt immer unter 1% beträgt.

Die Böden wurden mit der Fingerprobe nach KRASIUK (in FRANZ 1960) in folgende Texturklassen eingeteilt: Lehme, Sandige Lehme, Leh-mige Sande und Sande.

Die Dehydrogenase, ein Endoenzym, wurde nach der Vorschrift in STEUBING 1965 kolorimetrisch durch die Bildung von Formazan aus Triphenyltetrazoliumchlorid bestimmt. Da im Gegensatz zur ursprünglichen Methode von LENHARD 1956 kein Substrat hinzugefügt wurde, wurde die „aktuelle“ Dehydrogenaseaktivität erfaßt. Wegen der stark basischen Reaktion der Böden wurde auf eine Kalkzugabe verzichtet. Als Maß der Aktivität dient der Extinktionswert des mit Methanol aus 10 g Boden hergestellten Auszuges (Beckmann-Spektralphotometer Mod. B, 1 cm Küvetten).

Die Saccharaseaktivität wurde aus dem Spaltungsvermögen des Bodens für Saccharose mit einem Zeiß-Kreispolariometer 0,05⁰ festgestellt. Als Maß dient die Differenz der Drehwinkel vor und nach der Inkubation (KISS 1957). Die Aktivität wurde nicht nur im gepufferten, sondern auch im ungepufferten Medium bestimmt. Es sollte dadurch ein Wert gefunden werden, der die Basizität der Böden berücksichtigt.

Unter der Ureasezahl versteht man die Stickstoffmenge, die 100 g Boden während der Inkubationszeit aus Harnstofflösung freisetzen. Sie wurde nach HOFFMANN & TEICHER 1961 kolorimetrisch durch den aus dem freigesetzten Ammoniak, aus Phenol und Hypochlorit gebildeten blauen Indophenolfarbstoff an Hand einer Eichkurve festgestellt.

Die Abhängigkeit der Enzymaktivität vom Gehalt des Bodens an organischer Substanz überdeckt oft andere Einflüsse. Man kann, um diese auszuschalten, die Enzymaktivität auf 1 g organische Substanz beziehen und erhält so die relative Aktivität (HOFMANN & KESSEBA 1962).

D. Ergebnisse

I. Boden-pH und Enzymaktivität

Die pH-Werte der untersuchten Böden bewegen sich zwischen 8,2 und 10,3, sind also sehr hoch. Böden mit verhältnismäßig niederm pH fanden sich an der Schwarzsee-Lacke. Die höchsten Werte hatten Böden aus der Hölle am Ostufer des Neusiedler Sees (Abb. 1, 9), von der Birnbaum-Lacke (Abb. 1, 1) und der Langen Lacke (Abb. 1, 7 u. 8). Die rela-

tive Leitfähigkeit bewegt sich zwischen 164 und $3310 \mu \cdot 10^6$ und geht mit dem pH ungefähr konform.

Da die Böden bei der Untersuchung auf Urease auf pH 6,7 und auf Saccharase auf pH 5,5 gepuffert werden, erhält man Aktivitäten, die die am Standort tatsächlich vorhandenen übersteigen. Um das Ausmaß der Unterschiede abschätzen zu können, wurde die Saccharaseaktivität auch im ungepufferten Medium gemessen. Dabei werden die Relativwerte meist auf weniger als 70% der Aktivität bei pH 5,5 vermindert (Abb. 2). Über pH 9,0 ist die Aktivität höchstens halb so groß wie bei pH 5,5.

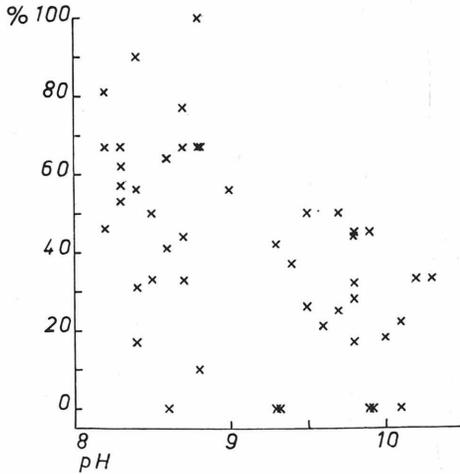


Abb. 2

Einfluß der pH-Werte auf die Höhe der relativen Saccharaseaktivität im ungepufferten Medium. Abszisse: pH, Ordinate: Saccharaseaktivität in Prozenten der Aktivität bei pH 5,5.

Bezüglich der Abhängigkeit der Saccharaseaktivität (gepuffert) vom pH-Wert kann nur gesagt werden, daß die Aktivität bei einem pH über 9,0 den Wert 1,0, und über pH 10 0,4 nicht überschreitet.

Die Urease läßt bei zunehmendem pH keine eindeutige Abnahme erkennen. Ihr Optimum soll sich nach DURAND 1964 durch Adsorption an Ton etwas ins basische verschieben (von pH 7,1 auf pH 7,7).

Auch die Dehydrogenase nimmt mit zunehmendem pH nicht deutlich ab. LENHARD 1957 fand in zwei lehmigen Salzböden Südafrikas praktisch keine Dehydrogenase mehr. In den burgenländischen Salzböden werden noch verhältnismäßig hohe Werte erreicht (z.B. 0,80 bei pH 8,3 oder 0,68 bei pH 9,8).

II. Vergleich der Meßwerte von Frühjahr und Herbst

Der auffallendste Unterschied zwischen dem Frühlings- und dem Herbstaspekt des Seewinkels besteht im Fallen des Grundwasserspiegels gegen den Herbst hin. Ein Einfluß auf die Enzymaktivität war bei den betroffenen Böden aber nicht festzustellen.

Die pH-Werte ändern sich gegen den Herbst zumeist nur um $\pm 0,1$ — $0,2$ (max. $\pm 0,5$) Einheiten.

Die Dehydrogenaseaktivität beträgt bei 11 verschiedenen Böden im Frühjahr $0,46$ — $0,80$, im Herbst $0,14$ — $0,66$. Sie nimmt um $0,06$ — $0,66$ ab (mittlere Abnahme $0,27$). Dieses Ergebnis widerspricht dem von SCHAEFER 1963, der eine Aktivitätserhöhung durch Austrocknen sowohl bei terrestrischen, als auch bei subaquatischen Böden findet. Ein derartiger Anstieg dürfte aber wohl nur bei kurzdauernden Trockenperioden zu beobachten sein, denn SCHAEFER 1963 gibt an, daß die Dehydrogenaseaktivität von der Keimzahl und diese von der vorherigen Feuchtigkeit abhängt. Länger dauernde Trockenperioden dürften die Keimzahl verringern. Im Gegensatz zur Dehydrogenase nimmt die Saccharaseaktivität im Herbst nicht immer ab, sondern in ungefähr der Hälfte der Böden zu. Tab. 1 zeigt, daß dieses Verhalten vom pH-Wert bedingt ist. Bei Zunahme des pH sinkt die Saccharaseaktivität, bei unverändertem pH bleibt auch sie gleich.

Tab. 1: Einfluß der pH-Änderungen auf das jahreszeitliche Verhalten der Saccharaseaktivität (S).

	III = März			X = Oktober					
a) pH									
III	9,3	8,3	9,9	8,4	8,7	9,0	8,3	8,4	
X	9,7	8,8	10,0	8,2	8,4	8,8	8,3	8,4	
Differenz	+0,4	+0,5	+0,1	-0,2	-0,3	-0,2	—	—	
b) S									
III	1,00	1,20	1,03	0,83	0,78	0,75	0,70	1,00	
X	0,70	1,05	0,95	1,05	1,05	1,10	0,75	0,95	
Differenz	-0,30	-0,15	-0,08	+0,22	+0,27	+0,35	+0,05	-0,05	

Die Saccharaseaktivität des Bodens ist nicht wie die der Dehydrogenase von der momentanen Zahl der Mikroorganismen abhängig, weil die Saccharase nach SEEGERER 1953 an Bodenkolloide adsorbiert wird.

III. Einfluß des Gehaltes der Feinerde an organischer Substanz auf die Enzymaktivität

Der Gehalt an organischer Substanz beträgt bei den meisten unter-

suchten Böden zwischen 0 und 10%, nur in der Bodenserie vom Herrnsee wurden Werte von 17 — 26,5% gefunden.

Nach HOFMANN & KESSEBA 1962 u. a. steigt die Enzymaktivität mit zunehmendem Gehalt an organischer Substanz an. Nach SCHEFFER & TWACHTMANN 1953 wird sie vom Gehalt an leicht zersetzbarer organischer Substanz bestimmt. Es wundert deshalb nicht, daß die Böden von Herrnsee durchwegs hohe Enzymaktivitäten aufweisen. Böden mit weniger als 10% organischer Substanz lassen sich nicht nach dieser ordnen; wohl weil die Differenz gering und die Böden verschieden sind.

IV. Bodentiefe und Enzymaktivität

Tab. 2 zeigt die Unterschiede in Enzymaktivität und pH, die die Salzböden zwischen Proben aus 0 — 5 cm und 5 — 10 cm Tiefe aufweisen. Tab. 2: Veränderungen von pH und der Aktivität von relativer Dehydrogenase (rD), relativer Saccharase (rS) und relativer, ungepufferter Saccharase (rSu) zwischen 0—5 cm und 5—10 cm Tiefe bei einigen Böden.

pH		rD		rS		rSu	
0—5	5—10	0—5	5—10	0—5	5—10	0—5	5—10 cm
8,3	8,4	0,18	0,01	0,27	0,03	0,12	0,00
8,8	9,9	0,36	0,03	0,63	0,11	0,20	0,02
10,1	10,2	0,12	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00
8,2	8,7	0,09	0,05	0,09	0,11	0,06	0,08
8,5	9,8	0,14	0,00	0,18	0,02	0,06	0,00
9,4	9,8	0,06	0,01	0,08	0,06	0,03	0,01
8,6	8,9	0,04	0,00	0,14	0,01	0,09	0,01

Der pH-Wert steigt in der Tiefe oft beträchtlich an. Die Ursache liegt wohl darin, daß in den untersuchten Bodentypen — Übergängen zwischen Solontschank und Solonetz — der Salzanreicherungshorizont die Oberfläche nicht mehr erreicht. Die Aktivitätsabnahme der Enzyme mit der Tiefe wird sicher zum Teil durch die pH-Erhöhung verursacht. Eine regelmäßige Abnahme der organischen Substanz mit der Tiefe konnte nicht festgestellt werden.

Bei einigen Proben wurde auch die oberste Bodenschicht (0—3 cm) auf ihre Aktivität geprüft. Es ergab sich eine Abnahme, die wohl durch die starken Schwankungen von Temperatur und Feuchtigkeit in dieser Schicht bedingt ist. Genauer wird auf die Abnahme der Enzymaktivität mit der Tiefe nicht eingegangen, weil sich schon mehrere Autoren damit beschäftigt haben (z. B. POSCHENRIEDER & BECK 1960, HOFMANN & KESSEBA 1962, BERGER-LANDEFELDT 1965).

SEEGERER 1953 und KISS 1958 weisen eine Adsorption von Saccharase an Bodenkolloide nach. Nach HOFFMANN 1959 wird Saccharase an Schluff, Urease dagegen an Ton gebunden. Mit der Adsorption von Enzymen, vor allem der Urease, beschäftigen sich u. a. PINCK & ALLISON 1951, McLAREN & ESTERMANN 1956, ESTERMANN & McLAREN 1959 und DURAND 1964. Sie stellen fest, daß die gebildeten Ton-Protein-Komplexe sehr stabil sind und kaum von Mikroorganismen angegriffen werden, ihre Enzymfunktion aber behalten.

Nach HOFMANN & KESSEBA 1962 fördert ein Anstieg des Feinanteils die Enzymaktivität nur bis zu mittelschweren Böden. In schweren Böden herrschen schlechte physikalische Bedingungen, die die Förderung durch die Adsorption der Enzyme wieder aufheben. HOFMANN & BRÄUNLICH 1955 finden, daß die Saccharaseaktivität von Böden erst sinkt, wenn der abschlämmbare Bodenanteil 70 % übersteigt. Sie führen das auf die schlechte Durchlüftung zurück.

Nach ESTERMANN & McLAREN 1959 werden auch Bakterien nach einer Optimumkurve an Ton adsorbiert. Hohe pH-Werte mindern diese Adsorption allerdings. *Azotobacter chroococcum* bevorzugt im burgenländischen Salzgebiet lehmige, dichte Böden gegenüber sandigen (WENZL 1934 a).

POSCHENRIEDER & BECK 1960 vergleichen Ton- und Sandböden in Bezug auf Atmungsintensität, Zahl der Mikroorganismen und Enzymaktivität. Die schweren Tonböden stimmen in Bezug auf Zahl und Aktivität ihrer Mikroflora im Gegensatz zu den Sandböden durchaus mit den übrigen Mineralböden überein.

Abb. 3 zeigt die Bereiche der relativen Enzymaktivität von burgenländischen Salzböden verschiedener Texturklasse. Die relative Ureaseaktivität steigt vom Lehm über den sandigen Lehm zu lehmigen Sand stark an und fällt zum Sand wieder ab. Die Saccharase zeigt die gleiche Tendenz. Ähnlich, wenn auch durch den Einfluß der hohen pH-Werte gedrückt, sind auch die Werte für die ungepufferte Saccharase. Die Dehydrogenase erreicht ihre höchste Aktivität ebenfalls im lehmigen Sand.

Man kann dieses Ergebnis wohl so deuten, daß im lehmigen Sand noch genug Ton als Adsorbens vorhanden ist, und andererseits für ein Bakterienleben günstige physikalische Bedingungen herrschen.

VI. Enzymaktivität und Vegetation

Die Bodenproben wurden aus verschiedenen Vegetationseinheiten entnommen. Diese sind schwer einzuordnen, da zur Zeit der Entnahme viele Pflanzen schon oder noch nicht vorhanden waren. Wo typische Ge-

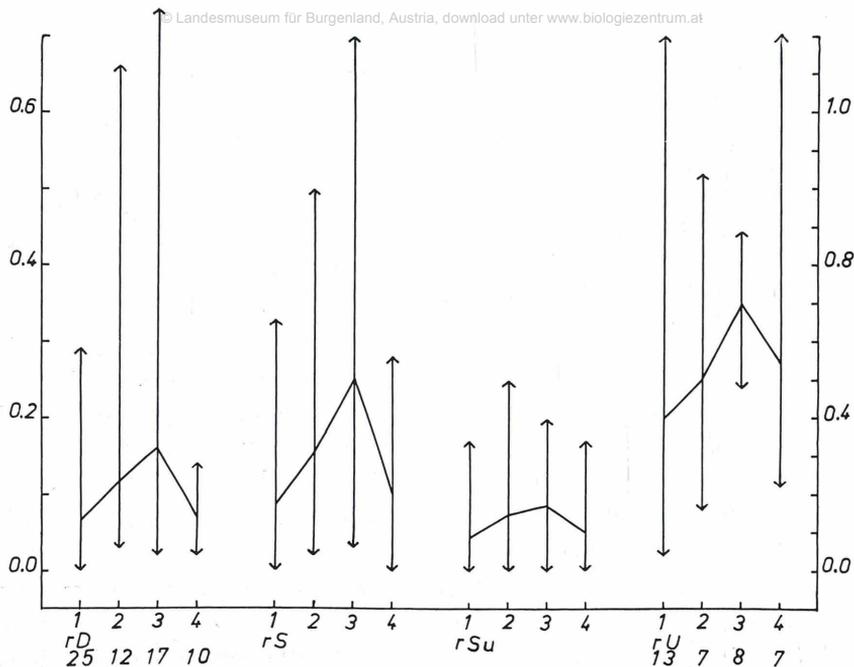


Abb. 3

Einfluß der Korngrößen auf die relative Aktivität von Dehydrogenase (rD), Saccharase (rS), ungepufferter Saccharase (rSu) und Urease (rU).

1 — Lehm, 2 — sandiger Lehm, 3 — lehmiger Sand, 4 — Sand. Linke Ordinaten-skala: Aktivität von Dehydrogenase und Saccharase, rechte Skala: Ureaseaktivität. Die arithmetischen Mittel sind verbunden. Die Pfeile geben den Streubereich an. Die unteren Ziffern an der Abszisse geben die Zahl der Messungen an (gleich für rD, rS und rSu).

sellschaften gefunden wurden, wurden sie nach WENDELBERGER 1950 bezeichnet. Die den Gesellschaften vorangestellten Nummern beziehen sich auf Abb. 4.

1. vegetationslos, dauernd subquatisch
 2. *Scirpetum maritimi*, Fazies von *Phragmites communis*
 3. vegetationslos, feucht (zur Vegetationszeit wahrscheinlich von Thero-phyten besiedelt)
 4. vegetationslos, trocken
 5. *Puccinellieto-Lepidietum*, Fazies von *Lepidium cartilagineum*
 6. fast reine Bestände von *Aster tripolium* subsp. *pannonicus*
 7. *Puccinellieto-Asteretum*
 8. *Festuca pseudovina-Centaurea pannonica*-Assoziation
- 2 — 7 liegen in der Überschwemmungszone.

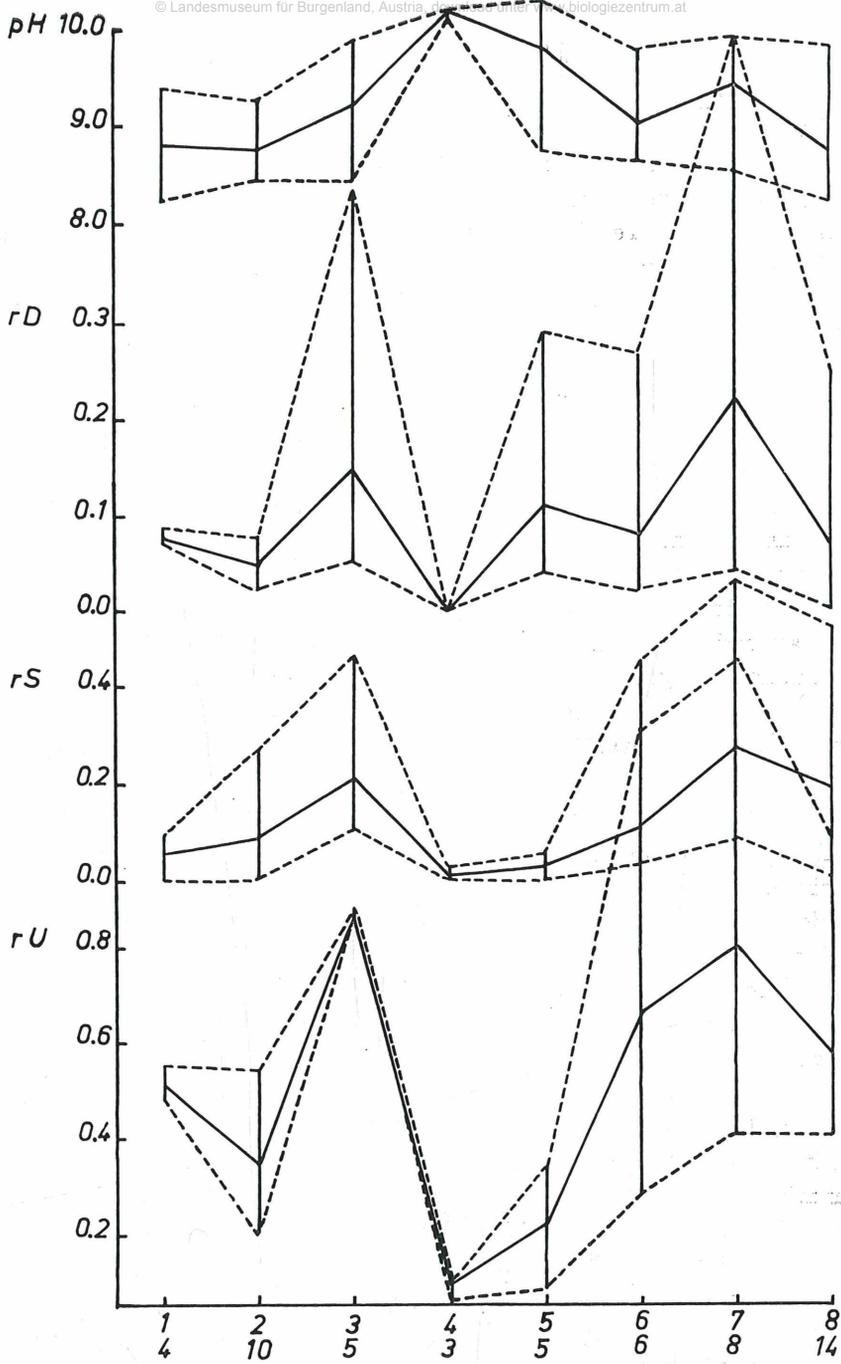


Abb. 4

pH und relative Enzymaktivitäten unter einigen Salzpflanzengesellschaften. Für jede Gesellschaft werden der gefundene Maximal-, der Minimal- und der Mittelwert angegeben und verbunden. Erklärung der Gesellschaften (1—8) im Text.

rD, rS, rU siehe Erläuterung zu Abb. 3. Unter der Abszissenskala ist die Anzahl der Messungen angegeben.

Abb. 4 zeigt die relativen Enzymaktivitäten und die pH-Werte unter diesen Vegetationseinheiten, die mit Feuchtigkeit und Salinität zorniert sind. Die pH-Werte sind in den dauernd oder zumindest meist submersen Böden von 1 und 2 verhältnismäßig niedrig. Sie steigen dann zu 4 (Salzausblühungen) und fallen wieder mit Zunahme von Bewuchs und Feuchtigkeit. Niedere Werte werden erst wieder in der geschlossenen Vegetationsdecke von 8 erreicht.

Die relativen Aktivitäten von Dehydrogenase, Saccharase und Urease verlaufen im wesentlichen gleich. Alle drei Enzyme zeigen ein Aktivitätsmaximum in der feuchten vegetationslosen Zone (3), ein Minimum im trockenen Ufergebiet (4-5) und ein zweites Maximum im *Pucinellieto-Asteretum* (7). Die höchste Aktivität wird also nicht, wie zu erwarten, im nur schwach halischen Boden unter der geschlossenen Vegetationsdecke der *Festuca pseudovina-Centaurea pannonica*-Assoziation erreicht. Dies hängt damit zusammen, daß den Böden unter 2—7 durch die alljährliche Überschwemmung leicht zersetzbare organische Substanz zugeführt wird, die als Substrat für die Enzyme dient. Dieses leicht zersetzbare Material wird dauernd umgesetzt, so daß es sich nicht in einem höheren Gehalt des Bodens an organischer Substanz ausdrückt. FARAHAT & NOPP 1966 finden an wenig überfluteten Teilen des Schilfgürtels des Neusiedler Sees einen höheren Sauerstoffverbrauch des Bodens als an dauernd überfluteten und schließen daraus auf einen höheren Gehalt des Bodens an leicht zersetzbarem Material im Schilfgürtel.

Die niedrige Enzymaktivität bei 4 wird wohl durch die Trockenheit der oberen Bodenschicht und durch das hohe pH (10,2) hervorgerufen. Erst der mit abnehmendem pH zunehmende Bewuchs schützt den Boden vor der Austrocknung und ermöglicht so die Entfaltung eines besseren Bakterienlebens.

Die in submersen Böden vorhandenen Enzyme stammen sicher zum Teil von den im freien Wasser lebenden Organismen. Nach STUNDL 1938 soll die Zahl der Bakterien in den Lacken des Seewinkels ziemlich hoch sein. Nach OVERBECK & BABENZIEN 1963 kommen freie Enzyme auch im Wasser vor. Die flachen Lacken werden dauernd bis zum Grund durchmischt und die Enzyme kommen so mit den adsorbierenden Tonteilchen in Berührung. SCHIEMER & FARAHAT 1966 stellen fest, daß die Durchmischung im Schilfgürtel unterbunden wird. Dadurch entstehen hier an der Bodenoberfläche durch die schlechte Belüftung für Organismen ungünstige Bedingungen. Darauf ist es wohl zurückzuführen, daß die Enzymaktivität im Schilf gering ist.

Abschließend sei noch festgestellt, daß zwischen dem Versalzungstyp der einzelnen Gewässer und der Enzymaktivität im Boden ihres Uferbereiches keine Zusammenhänge gefunden werden konnten.

- PETERSON G. H. & Mc LAREN A. D., 1959: Digestion of Clay-Protein, Lignin-Protein and Silica-Protein Complexes by Enzymes and Bacteria. *Soil Sci. Proc.* 23: 31—36.
- FARAHAT A. Z. & NOPP H., 1966: Über die Bodenatmung im Schilfgürtel des Neusiedler Sees. *S. B. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. Abt. 1.* 175: 237—255.
- FEHÉR D. & BOKOR R., 1930: Untersuchungen über wichtige biologische Eigenschaften der solonecartigen Alkaliböden (Szikböden) der Hortobágyer Steppe mit Rücksicht auf ihre Fruchtbarmachung. *Wiss. Archiv Landwirtschaft. Abt. A. 3:* 561—594.
- 1931: Untersuchungen über einige wichtige biologische Eigenschaften der solonecartigen Alkaliböden (Szikböden) der Hortobágyer Steppe mit Rücksicht auf ihre Fruchtbarmachung. *Math.-Naturwiss. Ber. Ungarn* 38: 80—134.
- FRANZ H., 1960: *Feldbodenkunde.* Wien & München.
- & HUSZ G., 1961: Die Salzböden und das Alter der Salzsteppe im Seewinkel. *Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges.* 6: 67—75.
- HOFFMANN G., 1959: Verteilung und Herkunft einiger Enzyme im Boden. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 85: 97—104.
- & TEICHER K., 1961: Ein kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Ureaseaktivität in Böden. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 95: 55—63.
- 1955: Über Herkunft, Bestimmung und Bedeutung der Enzyme im Boden. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 70: 9—16.
- & KESSEBA A., 1962: Untersuchungen über Enzyme in ägyptischen Böden. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 99: 9—20.
- & SEEGERER A., 1951: Die Enzyme im Boden als Faktoren seiner Fruchtbarkeit. *Naturwiss.* 38: 141—142.
- HOFMANN E. & BRÄUNLICH K., 1955: Der Saccharasegehalt der Böden unter dem Einfluß verschiedener Faktoren der Bodenfruchtbarkeit. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 70: 114—123.
- HUSZ G., 1962: Untersuchungen über die Entstehung von Salzböden im Seewinkel (Burgenland) als erste Grundlage ihrer Melioration *Diss. Wien.*
- 1965: Zur Kenntnis der quartären Sedimente des Seewinkelgebietes (Burgenland-Österreich). *Wiss. Arbeiten Burgenland* 32: 147—205.
- KISS S., 1957: Die Wirkung des spezifischen Enzymsubstrates (Saccharose) auf die Produktion der Bodensaccharase. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 76: 119—122.
- 1958: Untersuchungen über die Produktion von Saccharase im Boden. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 81: 117—125.
- KOZLOV K. A., 1965: Über die Rolle der Bodenfauna bei der Anreicherung von Fermenten im Boden. *Pedobiologia* 5: 140—145.
- LENHARD G., 1956: Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für die Mikroorganismen-tätigkeit im Boden. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 73: 1—11.
- 1957: Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für die Menge an mikrobiell abbaubaren Humusstoffen. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 77: 193—198.

- LÖFFLER H., 1957: Vergleichende limnologische Untersuchungen an den Gewässern des Seewinkels (Burgenland). 1. Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien 97: 27—52.
- Mc LAREN A. D. & ESTERMANN E. F., 1956: The Adsorption and Reactions of Enzymes and Proteins on Kaolinite. III. Arch. Biochem. Biophys. 61: 158—173.
- OVERBECK J. & BABENZIEN H.-D., 1963: Nachweis von freien Phosphatasen, Amylase und Saccharase im Wasser eines Teiches. Naturwiss. 50: 571—572.
- PINCK L. A. & ALLISON F. E., 1951: Resistance of a Protein-Montmorillonite Complex to Decomposition by Soil Microorganisms. Science 114: 130—131.
- POSCHENRIEDER H. & BECK T., 1960: Mikrobiologisch-biochemische Charakterisierung von schweren Tonböden. Bayer. Landwirtschaftl. Jb. 37 Sonderheft 4: 86—98.
- REPP G., 1939: Ökologische Untersuchungen im Halophytengebiet am Neusiedlersee. Jb. wiss. Bot. 88: 554—632.
- SAUERZOPF F. & TAUBER A. F., 1959: Landschaft Neusiedlersee. Wiss. Arbeiten Burgenland 23.
- SCHAEFER R., 1963: L'Activité déshydrogénasique comme mesure de l'activité biologique globale des sols. Ann. Inst. Pasteur 105: 326—331.
- SCHEFFER F. & TWACHTMANN R., 1953: Erfahrungen mit der Enzymmethode nach Hofmann. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 62: 158—171.
- SCHIEMER F. & FARAHAT A. Z., 1966: Redoxpotential und Sauerstoffverbrauch von Böden einiger Salzwässer im Gebiet des Neusiedler Sees (Österreich). S. B. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl. Abt. 1. 175: 143—157.
- SEEGERER A., 1953: Der Saccharasegehalt des Bodens als Maßstab seiner biologischen Aktivität. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 61: 251—260.
- STEUBING L., 1965: Pflanzenökologisches Praktikum. Berlin & Hamburg.
- STUNDL K., 1938: Limnologische Untersuchung von Salzwässern im Burgenland (Niederdonau). Arch. Hydrobiol. 34: 81—104.
- WENDELBERGER G., 1950: Zur Soziologie der kontinentalen Halophytenvegetation Mitteleuropas. Denkschr. Österr. Akad. Wiss. Math.-Naturwiss. Kl. 108 Abh. 5.
- WENZL H., 1934 a: Bodenbakteriologische Untersuchungen auf pflanzensoziologischer Grundlage I. Beih. Bot. Cbl. 52 A: 73—147.
- 1934 b: Bodenbakteriologische Untersuchungen auf pflanzensoziologischer Grundlage. II. Zbl. Bakteriol., Parasitenkunde, Infektionskrankh. Abt. 289: 353—369.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland](#)

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: [044](#)

Autor(en)/Author(s): Malicky-Schlatte Gudrun

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Enzymaktivität einiger Salzböden des Seewinkels \(Burgenland\). 94-107](#)