

TELMA	Band 3	Seite 119-136	3 Abb., 3 Taf.	Hannover, 30. Oktober 1973
-------	--------	---------------	----------------	----------------------------

Wurzeluntersuchungen auf Moorböden

von JÜRGEN SCHWAAR *)

ZUSAMMENFASSUNG

Grünland auf kultiviertem Hoch- und Niedermoor wurde auf seine unterirdische Pflanzenmasse (Wurzeln, Rhizome) untersucht. Dabei zeigte sich insgesamt gesehen eine sehr geringe Durchwurzelungsintensität bei allen untersuchten Arten (*Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Holcus lanatus*, *Juncus effusus*, *Ranunculus acer*), die 1% nicht überschreitet. Eine Ausnahme macht nur die oberste Schicht (0-2 cm) des Hochmoorgrünlandes, in dem Wurzelvolumina von 9,6% erreicht werden. Mögliche Ursachen dieses Phänomens werden diskutiert.

SUMMARY

The underground biomass (roots, rhizomes) of grassland situated in a fen and a bog was investigated. Only few roots were found. The content was generally less than 1%. An exception made the surface layer (0-2 cm) of the bog-grassland. There the root content was 9,6%. Possible reasons of this phenomenon were discussed.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. J. SCHWAAR, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Außeninstitut für Moorforschung und angewandte Bodenkunde, 28 Bremen, Friedrich-Mißler-Str. 46/48

EINLEITUNG

Zum Verständnis von Ökosystemen ist die quantitative Erfassung der Pflanzenmassen notwendig. Dabei lassen sich für die oberirdischen Teile mühelos Angaben machen, da diese allen Beobachtungen leicht zugänglich sind. Untersuchungen der unterirdischen Anteile (Wurzeln, Rhizome u.ä.) erfordern dagegen aufwendige Vorbereitungen. Als Modell für derartige Untersuchungen eignet sich besonders die Vegetation der Moore, da hier das Fehlen größerer mineralischer Anteile eine rasche Herstellung von Mikrotomschnitten (Bodendünnschnitten) erlaubt. In zwei vorangegangenen Arbeiten (SCHWAAR 1971, 1972) wurde bereits über die Durchwurzelung unkultivierter Moore berichtet. Hier sollen nun Angaben über die Volumina lebender, unterirdischer Pflanzenteile auf Moorgrünland folgen.

Arbeiten zu diesem Problem erfolgten bereits von METSÄVAINO (1930), KUTSCHERA (1960), KAHNE (1960), BABEL (1965, 1967) und KOPECKY (1967). Aus landwirtschaftlicher Sicht wurde dieses Thema von KLAPP (1951, 1955), GLIEMEROTH (1952, 1953), KMOCH (1952, 1957, 1960), KÖNEKAMP (1953, 1955), KUNTZE und NEUHAUS (1960), v. ROCHOW (1956) sowie SPEIDEL und WEISS (1972) bearbeitet.

UNTERSUCHUNGSGEBIET

Die Proben wurden im Niedermoorgebiet südlich des Sellstedter Sees (Top. Karte 1:25 000, Nr. 2418) und auf der Hochmoorversuchswirtschaft Königsmoor (Top. Karte 1:25 000, Nr. 2723) genommen. Die untersuchten Niedermoorstandorte werden von einem *Senecioni-Brometum racemosi* (Wassergreiskrautwiese) besiedelt. Die Nutzung ist extensiv (einschürig). Hier untersuchten wir *Poa trivialis*, *Holcus lanatus* und *Juncus effusus*.

Auf dem intensiv genutzten Hochmoor-Grünland (Mähweide) in Königsmoor wurde die Durchwurzelung von *Poa pratensis* und *Ranunculus acer* ermittelt. Die pflanzensoziologische Zuordnung dieses Bestandes ist noch problematisch. Wir fassen ihn vorläufig als eine verarmte Ausbildungsform der *Arrhenatheretalia* auf.

Die untersuchten Arten sind typisch für das nordwestdeutsche Moorgrünland und bilden oft den Hauptanteil der Grasnarbe.

UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Über die Methoden (PUFFE und GROSSE-BRAUCKMANN 1963, 1965, GROSSE-BRAUCKMANN und PUFFE 1964, SCHWAAR 1971, 1972) wurde bereits berichtet. Nur das Wichtigste soll noch einmal wiederholt werden.

Die im Frühsommer 1969 entnommenen Bodenmonolithe kamen zur Vorratshaltung in eine Tiefkühltruhe. Die tiefgefrorenen Ausstiche gelangten acht Wochen in eine Cremolanschmelze von 65°C. Nach erfolgter Infiltration geschah eine Vorratshaltung in einem Exsikkator. Durch die Anwendung der Tesafilmmethode (ROMEIS 1968) konnten mit dem Mikrotom einwandfreie Bodendünnschnitte erzielt werden. Mit einem Integration-Strichplattenrevolver der Fa. Zeiss wurde die Bodendurchwurzelung (nur lebende Anteile) in % des Gesamtvolumens ermittelt. Die Untersuchung erfolgte an parallel zur Oberfläche verlaufenden Horizontalschnitten und senkrecht dazu verlaufenden Vertikalschnitten. Abweichungen zwischen Horizontal- und Vertikalschnitten sind in den großen Streuungen und einem stereologischen Problem begründet.

UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Senecioni-Brometum racemosi (Poa trivialis)

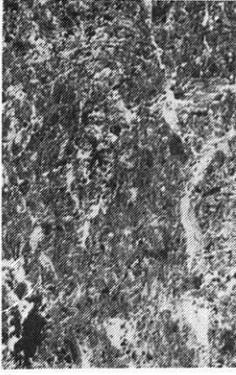
(Tafel I und Abb. 1)

Bei *Poa trivialis* wird die geringe Durchwurzelungsintensität von Gräsern auf Niedermoor-Grünland deutlich. Wir erkennen nur geringe Wurzelvolumina, die sich allerdings bis 18 cm Tiefe nachweisen lassen. Sie schwanken bei den Horizontalschnitten zwischen 0,07 und 0,5%. In der oberflächennahen Lage (0-2 cm) werden 0,25% erreicht, die dann über 0,45% (2-4 cm) auf den Höchstwert 0,5% in 4-6 cm Tiefe ansteigen. Mit zunehmender Tiefe fallen die Werte über 0,3% (6-8 cm) und 0,2% (8-10 cm) auf ein Minimum von

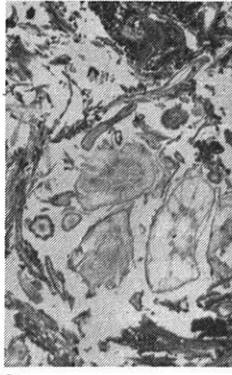
B i l d t a f e l I

- I/1 stark zersetzter Torf ohne Reste der torfbildenden Vegetation; am rechten Bildrand längs und quer geschnittene Wurzeln von *Poa trivialis*; unten links ein in Zersetzung befindliches Sklerotium (3 x, 2-4 cm, V).¹⁾
- I/2 Lebende und abgestorbene quer und längs geschnittene Ausläufer und Wurzeln von *Poa trivialis* (25 x, 0-2 cm, H).
- I/3 Quer geschnittene Wurzel von *Poa trivialis* (25 x, 4-6 cm, H).
- I/4 Am oberen Bildrand und links der Bildmitte in Zersetzung befindliche Reste (Wurzeln und Rhizome) der torfbildenden Vegetation; rechts der Bildmitte längs geschnittene Wurzel von *Poa trivialis* (3 x, 8-10 cm, V).
- I/5 In Zersetzung befindliche Reste (Rhizome von *Phragmites*) der torfbildenden Vegetation; keine rezenten Wurzeln (6 x, 8-10 cm, V).
- I/6 Stark zersetzter Torf; am oberen Bildrand längs geschnittene Wurzel von *Poa trivialis*; in der unteren Bildhälfte quer und schräg geschnittene Wurzeln von *Poa trivialis* (3 x, 4-6 cm, H).
- I/7 Stark zersetzter Torf; in der linken Bildhälfte längs geschnittene Wurzeln von *Poa trivialis*; am linken Bildrand quer geschnittene Wurzeln von *Poa trivialis* (3 x, 10-12 cm, V).
- I/8 Ausschnitt aus I/7; längs geschnittene Wurzeln von *Poa trivialis* (25 x, 8-10, V).
- I/9 Längs geschnittene Wurzel von *Poa trivialis* (25 x, 8-10 cm, V).
- I/10 Stark zersetzter Torf; am rechten Bildrand Reste der torfbildenden Vegetation; in der Bildmitte quer geschnittene Wurzeln von *Poa trivialis* (3 x, 16-18 cm, H).
- I/11 Stark zersetzter Torf; in der linken oberen Bildhälfte quer und längs geschnittene Wurzeln von *Poa trivialis* (6 x, 10-12 cm, V).
- I/12 Stark zersetzter Torf; in der linken unteren Bildhälfte längs geschnittene Wurzeln von *Poa trivialis*; in der rechten oberen Bildhälfte in Zersetzung befindliche Wurzeln (6 x, 16-18 cm, V).

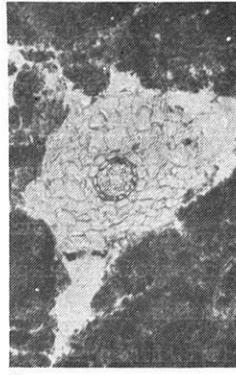
¹⁾ cm-Angaben = Tiefe im Profil; V = Vertikalschnitt; H = Horizontalschnitt; 3 x, 6 x, 25 x = Vergrößerung



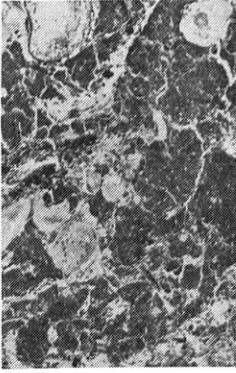
1



2



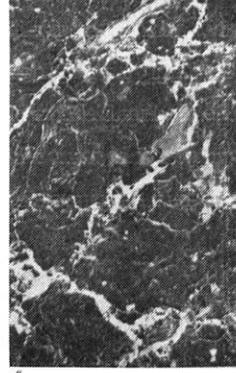
3



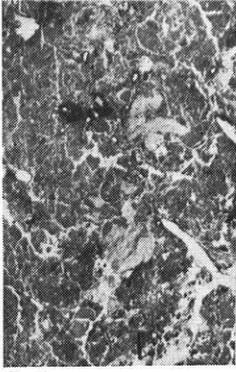
4



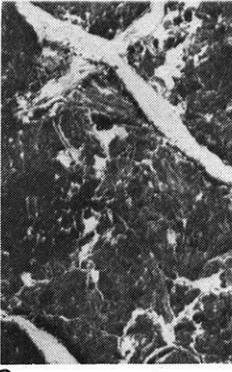
5



6



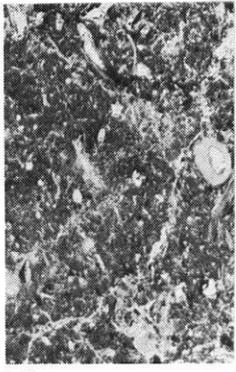
7



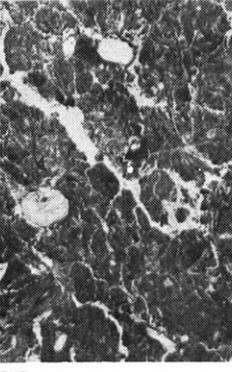
8



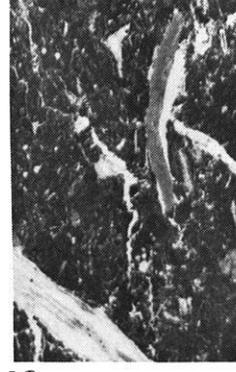
9



10



11



12

Intensität der Bodendurchwurzelung in Vol. %
Senecioni-Brometum racemosi

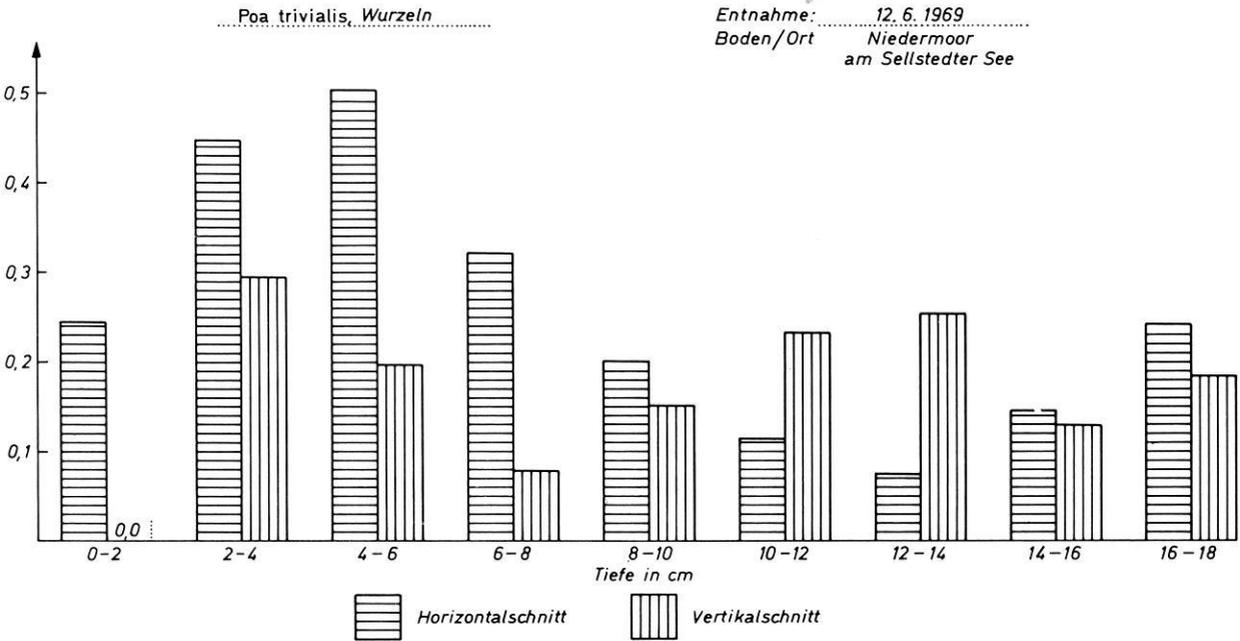
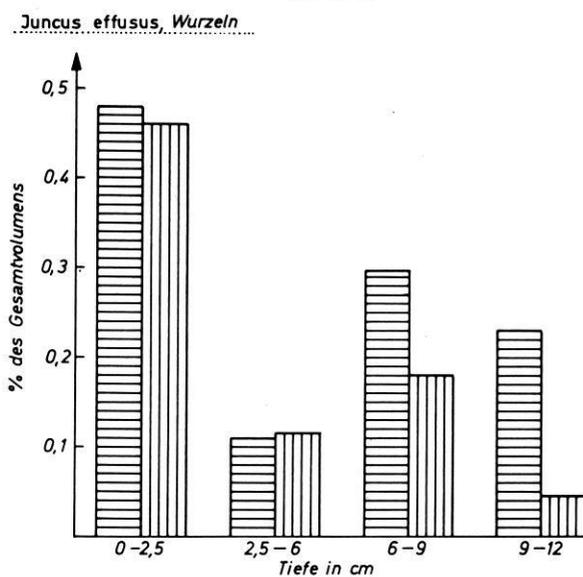
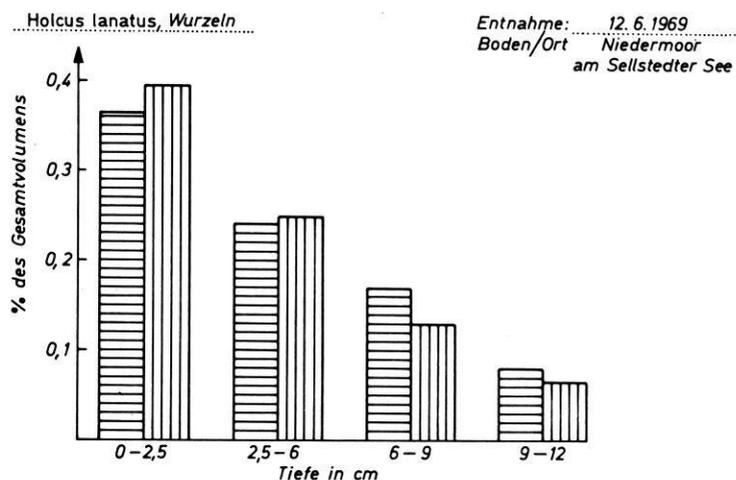


Abb. 1

0,07% in 12-14 cm Tiefe. Darunter erfolgt eine erneute Zunahme auf 0,15% in 14-16 cm und 0,24% in 16-18 cm Tiefe. Ab 18 cm waren keine Wurzeln mehr festzustellen. Die Volumina der Vertikalschnitte verhalten sich anders. Die oberste Schicht ist hier frei von Wurzeln. Dieses zeigt an, daß die Wurzeln in den tieferen Schichten seitlich eingewachsen sein müssen. In 2-4 cm Tiefe wird das Maximum mit 0,30% erreicht. Darauf folgt ein Abfall über 0,2% (4-6 cm) auf ein Minimum mit 0,07% in 6-8 cm Tiefe. Eine Zunahme erreicht über 0,15% (8-10 cm) und 0,23% (10-12 cm) den Wert 0,25% in 12-14 cm Tiefe. Einer erneuten Abnahme auf 0,13% (14-16 cm) folgt wiederum eine Zunahme auf 0,18% in 16-18 cm Tiefe. Auch hier konnten ab 18 cm Tiefe keine Wurzeln mehr festgestellt werden. Eine kontinuierliche Abnahme der unterirdischen Pflanzenmasse mit zunehmender Tiefe ist demnach bei dieser Art auf diesem Standort nicht gegeben.

Intensität der Bodendurchwurzelung in Vol. %
Senecione – Brometum racemosi



 Horizontalschnitt
  Vertikalschnitt

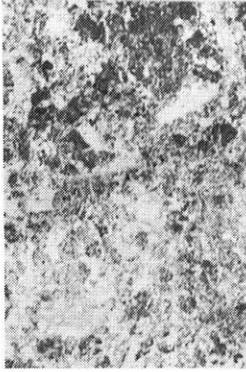
Abb. 2

Senecioni-Brometum racemosi (*Holcus lanatus* und *Juncus effusus*)
(Tafel II und Abb. 2)

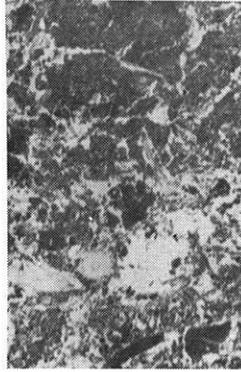
Beide Arten zeigen geringe Wurzelvolumina. *Holcus lanatus* weist in beiden Schnittrichtungen eine kontinuierliche Abnahme von oben nach unten auf. Bei den Horizontalschnitten wird in der obersten Schicht (0-2,5 cm) 0,4% erreicht. Darunter (2,5-

B i l d t a f e l II

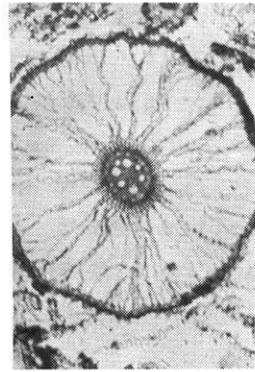
- II/1 Stark zersetzter Torf; in der rechten oberen Bildhälfte schräg geschnittene Wurzel von *Juncus effusus* (3 x, 0-2,5 cm, H).
- II/2 Stark zersetzter Torf; in der linken unteren Bildhälfte quer und schräg geschnittene Wurzeln von *Juncus effusus* (3 x, 0-2,5 cm, V).
- II/3 Quer geschnittene Wurzel von *Juncus effusus* (25 x, 0-2,5 cm, H).
- II/4 Stark zersetzter Torf; in der linken oberen Bildhälfte quer geschnittene Wurzeln von *Juncus effusus*; daran nach rechts anschließend längs geschnittene Wurzeln von *Holcus lanatus*; links unten quer und schräg geschnittene Wurzeln von *Juncus effusus* (3 x, 0-2,5 cm, H).
- II/5 Stark zersetzter Torf; in der Bildmitte schräg geschnittene Wurzel von *Juncus effusus* (6 x, 6-9 cm, H).
- II/6 Quer geschnittene Wurzel von *Holcus lanatus* (25 x, 0-2,5 cm, H).
- II/7 Stark zersetzter Torf; links der Bildmitte quer geschnittene Wurzel von *Juncus effusus* (3 x, 2,5-6,0 cm, H).
- II/8 Stark zersetzter Torf; etwas unterhalb und links der Bildmitte eine in Zersetzung befindliche Wurzel von *Juncus effusus*; am unteren Bildrand Reste der torfbildenden Vegetation (6 x, 6-9 cm, V).
- II/9 Quer geschnittene Wurzel von *Holcus lanatus* (50 x, 0-2,5 cm, H).
- II/10 Stark zersetzter Torf; am unteren und oberen Bildrand und in der linken mittleren Bildhälfte schräg geschnittene Wurzeln von *Juncus effusus* (3 x, 0-2,5 cm, H).
- II/11 Schräg geschnittene Wurzel von *Juncus effusus* (25 x, 0-2,5 cm, H).
- II/12 Quer geschnittene Wurzel von *Holcus lanatus* (25 x, 0-2,5 cm, H).



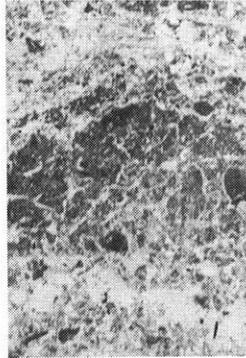
1



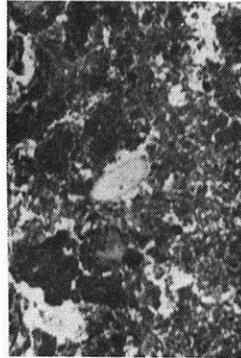
2



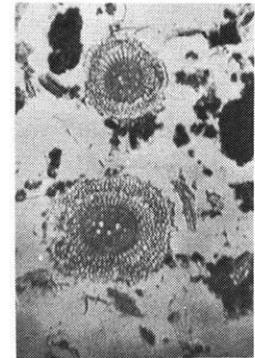
3



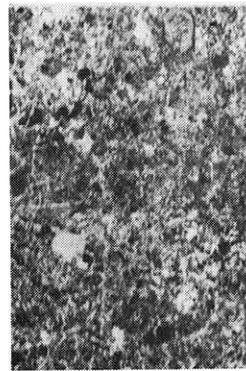
4



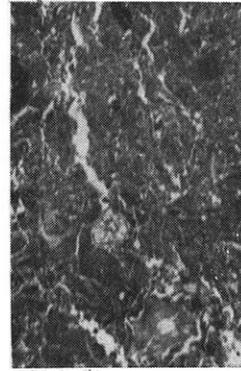
5



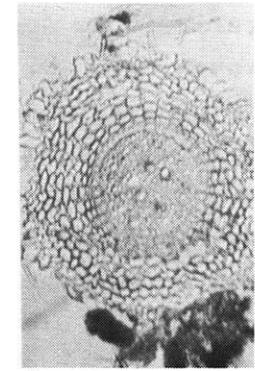
6



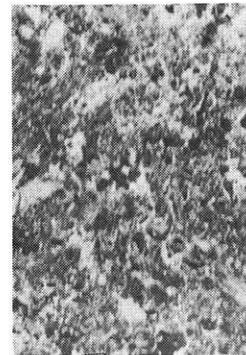
7



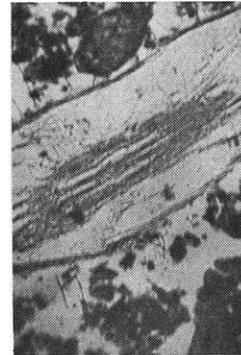
8



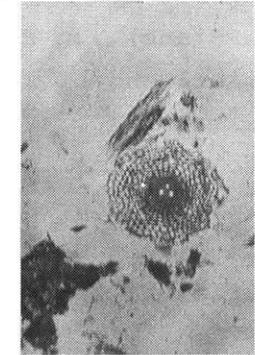
9



10



11



12

6,0 cm) beträgt der Wurzelanteil nur noch 0,3%, in 6-9 cm Tiefe nur noch 0,2%. Die unterste Schicht (9-12 cm) zeigt Werte von 0,08%. Eine gleichsinnige und sehr ähnliche Abnahme der Wurzelvolumina kann bei den Vertikalschnitten festgestellt werden. *Juncus effusus* beginnt bei den Horizontalschnitten (0-2,5 cm) mit Anteilen von 0,5%. Die darauffolgende Zone (2,5-6,0 cm) weist nur noch 0,1%, steigt jedoch in 6-9 cm geringfügig wieder auf 0,2% an. Die Vertikalschnitte verhalten sich ähnlich.

Arrhenatheretalia (*Poa pratensis* und *Ranunculus acer*)
(Tafel III und Abb. 3)

Den zuvor beschriebenen Niedermoorstandorten stellen wir ein Hochmoor-Grünland gegenüber. Die Untersuchungsfläche ist eine im Jahr 1913 hergerichtete Deutsche Hochmoorkultur. Ein eigentümliches Verhalten wird deutlich. Die oberste Schicht (0-2 cm) ist äußerst stark durchwurzelt, während alles darunterliegende nur spärliche Wurzelanteile zeigt. Dabei nehmen die Wurzeln von *Poa pratensis* in den oberflächennahen Lagen nur die geringsten Volumina ein. Die Hauptmasse entfällt auf die Rhizome (unterirdische Ausläufer) von *Poa pratensis* und die Wurzeln von *Ranunculus acer*. Die gesamte unterirdische Pflanzenmasse erreicht hier 4,8% (Horizontalschnitte) und 9,6% (Vertikalschnitte). In der folgenden Schicht (2-4 cm) sind keine unterirdischen Ausläufer von *Poa pratensis* mehr vorhanden. Die Wurzeln von *Ranunculus acer* gehen bis 6 cm Tiefe. Dabei werden in der obersten Schicht Anteile von 7,5% erreicht. Darunter sinken sie unter 1% ab. Die Anteile der unterirdischen Ausläufer von *Poa pratensis* betragen (0-2 cm) bei den Horizontalschnitten 4,5% und bei den Vertikalschnitten 2,8%. Die Wurzelvolumina (im engeren Sinne) von *Poa pratensis* nehmen von oben nach unten kontinuierlich ab. In der obersten Schicht (0-2 cm) erscheinen die Maxima mit 0,3% (Horizontalschnitte) und 0,4% (Vertikalschnitte). Weiter tiefer liegen die Werte um 0,1%, teilweise haben wir noch geringere Wurzelanteile. Hier wird deutlich, daß typische Grünlandgräser bei Intensivnutzung nur eine geringe Durchwurzlung zeigen.

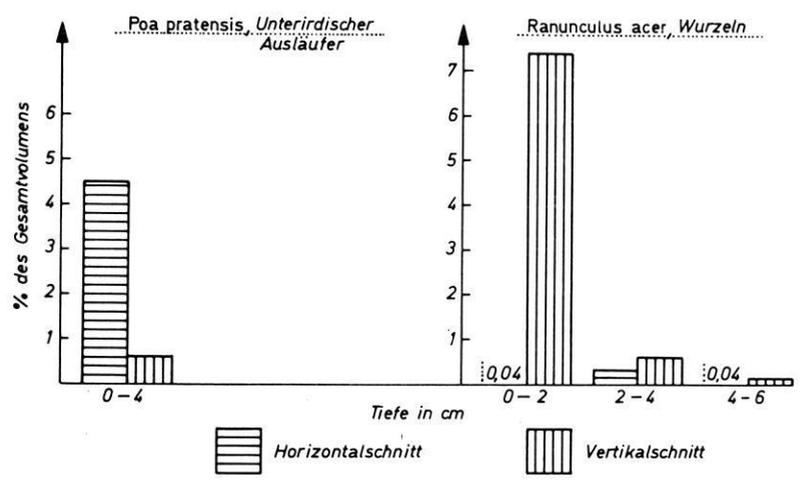
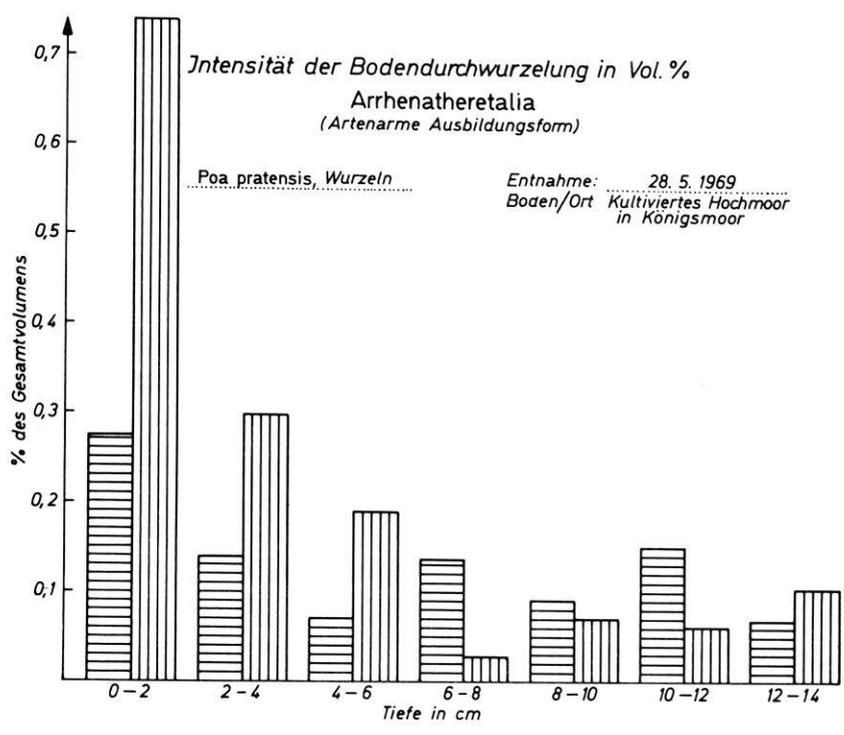


Abb. 3

In den Schichten unterhalb von 14 cm konnten keine Wurzeln mehr festgestellt werden. Dafür werden hier Reste der torfbildenden Vegetation wie Sphagnen und Ericaceen sichtbar. Auch Milbenlosung wurde nachgewiesen. Der eben angedeutete Wechsel zwischen einem stark zersetzten durchwurzelten Abschnitt und einem sich anschließenden wurzelfreien Teil ist das Ergebnis eines Bodenbildungsprozesses auf kultiviertem Hochmoor.

B i l d t a f e l III

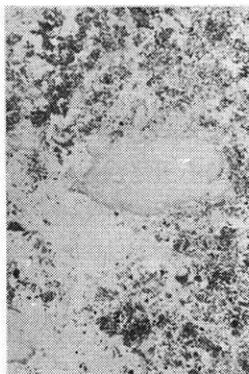
- III/1 Stark zersetzter Torf mit quer geschnittenen unterirdischen Ausläufern von *Poa pratensis* (3 x, 0-2 cm, H).
- III/2 Stark zersetzter Torf mit längs geschnittenen unterirdischen Ausläufern von *Poa pratensis* (6 x, 0-2 cm, H).
- III/3 Stark zersetzter Torf; links unten längs geschnittener unterirdischer Ausläufer von *Poa pratensis*; rechts oben quer geschnittene Wurzel von *Poa pratensis* (25 x, 0-2 cm, V).
- III/4 Stark zersetzter Torf mit vereinzelt quer und längs geschnittenen Wurzeln von *Poa pratensis* (3 x, 6-8 cm, H).
- III/5 Stark zersetzter Torf mit längs geschnittenem unterirdischen Ausläufer von *Poa pratensis* (6 x, 0-2 cm, V).
- III/6 Stark zersetzter Torf mit längs geschnittener Wurzel von *Poa pratensis* (25 x, 2-4 cm, V).
- III/7 Grenze zwischen (sekundär) stark zersetztem und unzersetztem Torf; im letzteren deutlich strukturierte Pflanzenreste der torfbildenden Vegetation (Sphagnen) (3 x, 10-12 cm, V).
- III/8 Ausschnitt aus III/7; (6 x, 10-12 cm, V).
- III/9 Längs geschnittene Wurzel von *Poa pratensis* in stark zersetztem Torf (25 x, 6-8 cm, H).
- III/10 Sphagnen der torfbildenden Vegetation (6 x, 16-18 cm, H).
- III/11 Ausschnitt aus III/10 (12 x, 16-18 cm, H).
- III/12 Blattrest der torfbildenden Vegetation (*Calluna vulgaris*) (25 x, 14-16 cm, H).

DISKUSSION

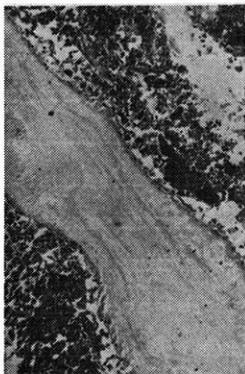
Das Ergebnis unserer Untersuchungen zeigt die geringe Durchwurzelungsintensität einiger Arten des Moorgrünlandes. Sie liegt im allgemeinen unter 1%. Nur der Hochmoorstandort macht mit seiner obersten Schicht (0-2 cm) eine Ausnahme und zeigt hohe Anteile unterirdischer Pflanzenmasse, die bei 9% liegen. Demgegenüber stehen Pflanzenarten mehr oder minder natürlicher Pflanzengesellschaften, die Wurzelvolumina zwischen 1-5% aufweisen. Hierzu zählen (SCHWAAR 1972) *Glyceria maxima*, *Deschampsia caespitosa*, *Carex gracilis* und *Phalaris arundinacea*. Im extrem armen Ökotyp des unkultivierten Hochmoores werden bei *Narthecium ossifragum* sogar Werte um 20% erreicht.

Unsere Ergebnisse stimmen gut mit denen von KMOCH (1952)

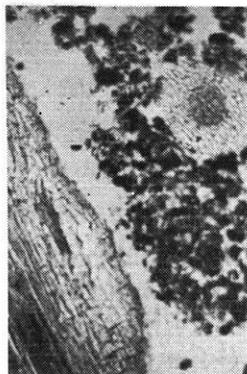
Tafel III



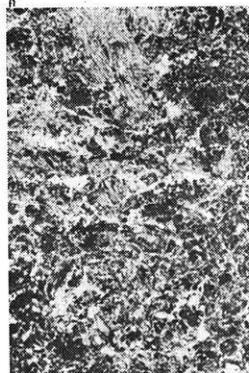
1



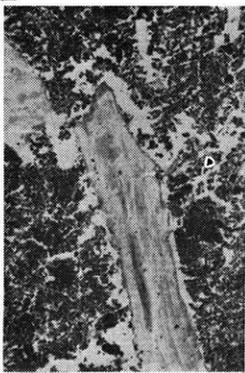
2



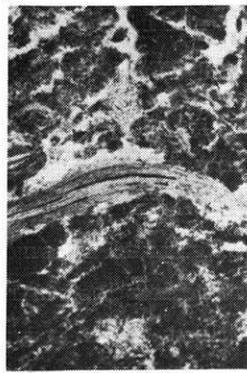
3



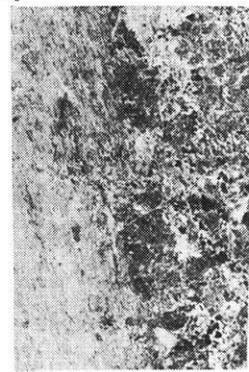
4



5



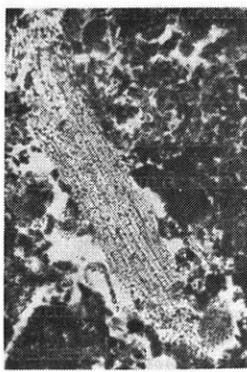
6



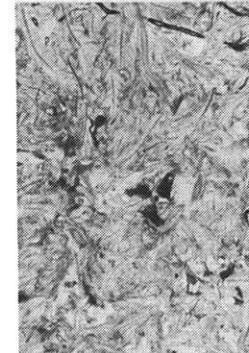
7



8



9



10



11



12

überein. KMOCH fand auf extrem trockenen und nassen Standorten hohe Anteile unterirdischer Pflanzenmasse, während er auf Örtlichkeiten mit mittleren Feuchteverhältnissen - also auf Intensivgrünland - die geringste Durchwurzelung feststellte. Da es damals noch keine Methode gab, lebende und abgestorbene Wurzeln quantitativ zu trennen, beziehen sich die Angaben von KMOCH auf die Gesamtwurzelmasse.

KLAPP (1965) kommt zu demselben Ergebnis. Er nimmt dabei eine Anhäufung von toten Wurzeln auf extrem nassen, trockenen und armen Standorten durch eine Zersetzungshemmung an. Da wir aber bei unseren Untersuchungen lebendes und abgestorbenes Material im Mikroskop unterscheiden konnten und auch hohe Anteile lebender unterirdischer Pflanzenmasse auf nassen Standorten nachgewiesen haben bzw. niedrige Anteile auf Intensivgrünland mit mittleren Feuchteverhältnissen, müssen noch andere Mechanismen für die Ausbildung der Wurzelmasse auf Moorböden verantwortlich sein. Sieht man zunächst einmal von dem genetisch bedingten, arteigenen Wurzelbild ab, so bieten sich verschiedene Deutungsmöglichkeiten an.

Nährstoffarmut des Substrates bzw. schlecht verfügbare Pflanzennährstoffe zwingen die Pflanzen zur Ausbildung eines starken Wurzelwerkes, um mit ihnen dem Boden alle verfügbaren Nährstoffe entziehen zu können. Auf Standorten mit einem reichlichen Vorrat an pflanzenverfügbaren Nährstoffen - also auf Intensivgrünland - erweist sich eine starke Durchwurzelung als unnötig. Die starke Durchwurzelung von *Nartheccium ossifragum* auf dem nährstoffarmen unkultivierten Hochmoor und die geringe Wurzelmenge der Gräser auf intensiv genutztem Grünland können so gedeutet werden.

Niedrige pH-Werte und hoher Wassergehalt des Bodens in den tieferen Schichten beschränken die Durchwurzelung der typischen Grünlandarten, die unter natürlichen Bedingungen meistens auf trockeneren Standorten gedeihen, auf die obersten (trockeneren) Bodenschichten. Dabei werden die Werte für die Gesamtdurchwurzelung herabgesetzt. Die geringe Durchwurzelungstiefe von *Poa*

pratensis und *Ranunculus acer* auf Deutscher Hochmoorkultur wird hierdurch erklärlich.

Auf kultiviertem Hochmoor (Deutsche Hochmoorkultur) existiert ein großes Gefälle der Pflanzennährstoffe zwischen oberen und tieferen Schichten (SCHWAAR 1973). Diesen Wechsel ertragen die meisten Grünlandpflanzen schlecht. Die Folge davon könnte eine Beschränkung der Durchwurzelung auf die obersten Schichten sein.

Auf kultiviertem Hochmoor läuft eine Bodenbildung ab, bei der das wenig zersetzte Ausgangsmaterial mit noch strukturierten Resten der torfbildenden Vegetation - nämlich der Torf - in stärker zersetzte humifizierte Substanz überführt wird. Dabei werden Verbindungen von wuchsstoffartigem Charakter frei (NAUCKE 1968, 1971 und FLAIG 1968). Diese können, im Übermaß gebildet, zu Hemmungen der Wurzelbildung führen. Die beiden letzten Gründe könnten für die geringe Durchwurzelung - zumindestens in tieferen Schichten - bei *Poa pratensis* und *Ranunculus acer* mitverantwortlich sein. Ältere Hochmoorkulturen weisen ungünstige bodenphysikalische Strukturen auf; auch diese können für die geringe Durchwurzelung verantwortlich sein.

Phänotypische Abweichungen machen Vergleiche mit Mineralböden deutlich. Da wir ab 14 cm Tiefe bei *Poa pratensis* auf Deutscher Hochmoorkultur keine Wurzeln mehr fanden, KUTSCHERA (1960) uns aber Durchwurzelungstiefen von maximal 213 cm angibt, kann bei dieser Art auf eine phänotypische Veränderung des Wurzelbildes durch die ebengenannten Faktoren bzw. deren Zusammenwirken geschlossen werden. Zusätzlich erkennen wir bei dieser Art noch einen genotypischen Effekt. Die oberflächennahen, unterirdischen Ausläufer von *Poa pratensis* sind genetisch bedingt und werden daher immer zu höheren Anteilen unterirdischer Pflanzenmasse in diesen Schichten führen, gleichgültig wie die Umweltfaktoren auch sein mögen. Unsere Untersuchungsergebnisse machen dieses recht deutlich. Eine phänotypische Abweichung könnte auch bei *Ranunculus acer* vorliegen. METSÄVAINO (1930) gibt für diese Art in nährstoffreichen finnischen Mooren eine maximale Durchwurze-

lungstiefe von 25 cm an, während sie bei uns nur 6 cm erreichte. Die bessere Nährstoffversorgung der tieferen Schichten durch austretendes Quellwasser dürfte bei dem finnischen Beispiel die Ursache für die größere Durchwurzelungstiefe sein. *Holcus lanatus* geht nach unseren makromorphologischen Untersuchungen auf trockeneren Böden tiefer als die festgestellten 12 cm auf Niedermoor. Für *Poa trivialis* und *Juncus effusus* sind die Durchwurzelungstiefen auf Mineralböden (makromorphologisch festgestellt) nicht wesentlich größer als die von uns mikromorphologisch auf Niedermoor festgestellten.

Das Problem von genotypischer und phänotypischer Wurzelausbildung wird weiter verfolgt. Dazu untersuchen wir nach der gleichen mikromorphologischen Methode die Wurzelvolumina von drei völlig verschiedenen Moorstandorten: Nordwestdeutsches Altmoränengebiet, Mittelgebirge (Eifel) und Schweizer Alpenrandgebiet. In Kürze wird darüber gerichtet werden.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für finanzielle Unterstützung (Ku 224/8) herzlich gedankt. Meinen Mitarbeiterinnen Frau E. Frahmann und Frä. W. Moormann danke ich für sorgfältige technische Assistenz.

LITERATUR

- BABEL, U.: Die Ansprache von Pflanzenresten im mikroskopischen Präparat von Humusbildungen.- Z. Pflanzenernährg., Düng., Bodenkde., 109, S. 17-26, Weinheim 1965.
- : Vergleich von Mikrogefügemerkmalen einiger Humusbildungen mit Hilfe einer Schätzmethode.- Geoderma, 1, S. 347-357, Amsterdam 1967.
- FLAIG, W.: Ziele des Forschungsvorhabens 1456 über technische Möglichkeiten zur Beeinflussung physiologisch wirksamer Inhaltsstoffe des Torfes.- Vortrag des Arbeitskreises Torfwirtschaft in Bremervörde, Anlage 1 zum 1. Jahresbericht für 1968 zum obengenannten Forschungsvorhaben, Braunschweig 1968.
- GLIEMEROTH, G.: Wasserhaushalt des Bodens in Abhängigkeit von der Wurzelausbildung einiger Kulturpflanzen.- Z. Acker- und Pflanzenbau, 95, S. 21-46, Berlin u. Hamburg 1952.
- : Bearbeitung und Düngung des Bodens in ihrer Abhängigkeit auf Wurzelentwicklung, Stoffaufnahme und Pflanzenleistung.-

- Z. Acker- und Pflanzenbau, 96, S. 1-44, Berlin und Hamburg 1953.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. und D. PUFFE: Untersuchungen an Torfdünnschnitten aus einem Moorprofil vom Teufelsmoor bei Bremen.-Soil micromorphology, S. 83-93, Symposiumsbericht, Amsterdam, London, New York 1964.
- KAHNE, A.: Die vorderpfälzischen Steppenheidegesellschaften mit besonderer Berücksichtigung ihrer Bewurzelungsverhältnisse.-Mitt. Pollichia, III. Reihe, 13, S. 11-82, Bad Dürkheim 1960.
- KLAPP, E.: Leistung, Bewurzelung und Nachwuchs einer Grasnarbe unter verschieden häufiger Mahd und Beweidung.-Z. Acker- und Pflanzenbau, 93, S. 269-286, Berlin u. Hamburg 1951.
- : Flächen- und Ertragsschätzung auf Grünland.-Z. Acker- und Pflanzenbau, 100, S. 26-30, Berlin u. Hamburg 1955.
- : Grünlandvegetation und Standort.-Verlag Paul Parey, Berlin u. Hamburg 1965.
- KMOCH, H.G.: Über den Umfang einiger Gesetzmäßigkeiten der Wurzelbildung unter Grasnarben.-Z. Acker- und Pflanzenbau, 95, S. 112-126, Berlin u. Hamburg 1952.
- : Die Wurzelarbeiten J.E. Weavers und seiner Schule.-Z. Acker- und Pflanzenbau, 105, S. 275-288, Berlin u. Hamburg 1957.
- Die Herstellung von Wurzelprofilen mit Hilfe des UTAH-Erdbohrers.-Z. Acker- und Pflanzenbau, 110, S. 249-254, Berlin u. Hamburg 1960.
- KÖNEKAMP, A.: Teilergebnisse von Wurzeluntersuchungen.-Z. Pflanzenernährg., Düng., Bodenkde., 60, S. 113-124, Weinheim 1953.
- : Ergebnisse der Wurzeluntersuchungen in Völkenrode 1949-1953.-Z. Pflanzenernährg., Düng., Bodenkde., 68, S. 158-169, Weinheim 1955.
- KOPECKY, K.: Einfluß langdauernder Überflutungen auf die Stoffproduktion von Glanzgraswiesen.-Folia Geobotanica-Phytotaxinomica, 4, S. 347-382, Prag 1967.
- KUNTZE, H. und H. NEUHAUS: Die landeskulturelle Bedeutung der Pflanzenwurzeln.-Kulturtechniker, 48, S. 60-76, Berlin 1960.
- KUTSCHERA, L.: Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen.-DLG-Verlag, Frankfurt (Main) 1960.
- METSÄVAINO, K.: Untersuchung über das Wurzelsystem der Moorpflanzen.-Ann.Bot.Soc.Zool.-Bot.Fenn.Vanamo Tom 1, Nr. 1, Helsinki 1930.
- NAUCKE, W.: Die Untersuchung des Naturstoffes Torf und seiner Inhaltsstoffe.-Chemiker-Zeitung/Chemische Apparatur, 92, H. 8, S. 261-280, Heidelberg 1968.
- : Botanische und chemische Untersuchungsmethoden als Grundla-

- ge zur Beurteilung der physiologischen Aktivität von Torfen.-Telma, 1, S. 63-72, Hannover 1971.
- PUFFE, D. und G. GROSSE-BRAUCKMANN: Mikromorphologische Untersuchungen an Torfen.-Z. Kulturtechn. und Flurbereinigung., 4, S. 159-188, Berlin u. Hamburg 1963.
- : Gefügeuntersuchungen an Torfen.-Z. Kulturtechn. und Flurbereinigung., 6, S. 50-64, Berlin u. Hamburg 1965.
- v. ROCHOW, M.: Wurzeluntersuchungen an subalpinen Grasnarben.-Ber. über d. Geobotanisches Forschungsinstitut Rübel für das Jahr 1955, S. 50-64, Zürich 1956.
- ROMEIS, B.: Mikroskopische Technik.-R. Oldenbourg Verlag, München-Wien 1968.
- SCHWAAR, J.: Wurzeluntersuchungen aus Niedermooren.-Ber. Dtsch. Bot. Ges., 84, H. 12, S. 745-757, Stuttgart 1971.
- : Lebende Wurzeln in Hoch- und Niedermooren.-Telma, 2, S. 73-82, Hannover 1972.
- : Hochmoorgrünland, seine pflanzensoziologische und ökologische Zuordnung.-Z. Kulturtechnik und Flurbereinigung., 3, S. 197-203, Berlin u. Hamburg 1973.
- SPEIDEL, B. und A. WEISS: Zur ober- und unterirdischen Stoffproduktion einer Goldhaferwiese bei verschiedener Düngung.-Z. Angewandte Botanik, 46, S. 75-93, Stuttgart 1972.