Zeitschrift: Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Forschungsinstitut Zürich
Band: - (1955)

Artikel: Wurzeluntersuchung an subalpinen Grasnarben
Autor: Rochow, Margita von
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377556

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Literatur

Brockmann, H. und Rübel, E.: Die Einteilung der Pflanzengesellschaften nach ök.-physiogn. Gesichtspunkten. 1912.
Corner, E. I. H.: The Durian Theory. Phytomorphology **3** 1955.
Dansereau, P.: Description and recording of vegetation upon a structural basis. Ecology **32** 1951.
Du Rietz, G. E.: Life-forms of terrestrial flowering plants. Acta Phytogogr. Suecica **3** 1931.
Küchler, A. W.: A physiognomic classification of vegetation. Ann. Ass. Americ. Geogr. **39** 1949.
Meusel, H.: Über Wuchsformen, Verbreitung und Phylogenie einiger mediterran-mitteleuropäischen Angiospermen-Gattungen. Flora **139** 1952.
Volkens, G.: Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen. Berlin 1912.
Warming, E.: Ecology of plants. London 1909.

WURZELUNTERSUCHUNG AN SUBALPINEN GRASNARBEN

Von Margita von Rochow, Zürich

Im Sommer und Herbst 1955 hatte ich Gelegenheit, unter Führung von Herrn Dr. W. Lüdi die Versuchsweide auf der Schinigeplatte im Berner Oberland kennenzulernen. Die vielen kleinen Versuchsquadrate, die in der zweiten Julihälfte voll in Blüte standen, boten ein sehr eindrucksvolles Bild. Insbesondere zeichneten sich die Unterschiede in der Rasenzusammensetzung zwischen dem ungedüngten Borstgrasrasen („Sieversii-Nardetum strictae") und den durch Volldüngung in eine Rotschwingel-Frischwiese („Crepideto-Festucetum rubrae commutatae" Lüdi 1948) umgewandelten Versuchsquadraten recht scharf ab. Während die mittlere Rasenhöhe im subalpinen Nardetum nur 5–10 cm betrug, erreichten die mit NPKCa-Volldüngung behandelten Frischwiesen-Flächen gewöhnlich 30–35 cm, ihre Halmlängen 80 cm und mehr. Über die ganze Versuchsanlage, die verschiedenartige Behandlung der sehr zahlreichen Dauerbeobachtungsflächen und ihre bedeutenden Ertragsunterschiede liegen die Arbeiten von Lüdi 1940, 1941, 1942, 1950, und Frey, Ochsner und Lüdi 1947 vor; die Veröffentlichung weiteren umfangreichen statistischen Materials von nunmehr 25 Beobachtungsjahren wird Dr. Lüdi später vornehmen.

Ausgangspunkt meiner Untersuchung war die Frage, wie sich die Wurzelverhältnisse in Rasen mit so verschiedener Stoffproduktion unterscheiden, ob die ertragreichen, hochwüchsigen Frischwiesenflächen auch eine größere Wurzelmasse bilden und bis zu welcher Bodentiefe ihr Hauptwurzelhorizont

hinabreicht. Es wurden deshalb in ausgewählten Versuchsflächen Rasensoden und Bodenstücke zur Gewichtsbestimmung des Wurzelwerks ausgestochen und einige erste Beobachtungen über die Bewurzelung wichtiger Arten, besonders im Sieversii-Nardetum, gemacht, die im Juni 1956 an drei größeren Bodeneinschlägen ergänzt werden konnten.

Die Versuchsweide auf der Schinigeplatte liegt bei 1915–1920 m Meereshöhe auf mäßig geneigtem Südhang. Der Gesteinsuntergrund besteht aus Schiefer und kalkig-sandigen Schichten des Unteren Doggers, die relativ tiefgründige, lehmige, saure Böden bilden, deren physikalische, chemische und biologische Eigenschaften von Lüdi (1948) vielseitig und eingehend beschrieben worden sind. Danach stocken die Rasen des Sieversii-Nardetums auf podsoliger Braunerde. Der Humusgehalt ist, verglichen mit subalpinen Zwergstrauchgesellschaften und gewissen alpinen Rasen, nicht groß, die Wasserkapazität erreicht in den höheren Bodenschichten rund 60 Volumenprozent, und die Bodendurchlüftung kann nur als mäßig bezeichnet werden. Die oberen 3–4 cm des Bodens sind schwarzbraun, humos und von einem sehr dichten Wurzelgeflecht durchzogen; darunter folgen 20 cm brauner Lehm mit einzelnen Steinen, der in 25–30 cm Bodentiefe in die feinerdearme Gesteinsverwitterungsschicht übergeht. Bei 50 cm trifft man auf kompakten Fels. Die tiefsten Felsspalten, in denen noch feinste Würzelchen (Nardus? Arnica?) festgestellt werden konnten, reichten bis 58 cm Bodentiefe. Bei zwei am Hang ergrabenen Bodenprofilen wurden mit bloßem Auge keine Spuren von Podsolierung wahrgenommen.

Im Festucetum ist der Nährstoffhaushalt des Bodens wesentlich günstiger. Durch NPKCa-Volldüngung resp. Kalkdüngung wurde der Säuregrad des Bodens herabgesetzt, und da der Boden reich an absorbierenden Tonmineralien ist, ist er auch gut gepuffert. Kalkdüngung bewirkte hier eine tiefgreifende Standortsänderung und nachhaltige Bodenverbesserung, worauf Lüdi mehrfach hingewiesen hat. Das Bodenprofil zeigt einen ziemlich gleichmäßig humosen, dicht durchwurzelten A_1-Horizont von 8–12 cm Mächtigkeit, darunter folgen Lehm, Gesteinsverwitterungsschicht und Fels wie im Nardetum. Vereinzelte feinste Wurzeln auf Spalten wurden bis 50 cm Tiefe gefunden, doch konnte ihre Artzugehörigkeit nicht ermittelt werden, und es ist möglich, daß es sich um eine Art aus dem benachbarten Nardetum handelte.

In ihrer Artengarnitur unterscheiden sich Nardetum und Festucetum heute stark voneinander, beide Gesellschaften haben nur wenige Arten gemeinsam und diese kümmern gewöhnlich in einer der beiden. Die Artenlisten des Nardetums und des Festucetum rubrae commutatae aus dem benachbarten Alpengarten Schinigeplatte (Lüdi 1936, Tab. 1, 4, 5, 8–10) gelten auch für unsere Versuchsweide. Die Flächen des Nardetums enthalten auf 1 m² über

30 Arten, und die Rasen sind recht homogen; dagegen wachsen in den Frischwiesen des Festucetums auf gleicher Fläche nur etwa 20 Arten, und die Bestände sind oft etwas unausgeglichen, indem bald Kleearten, bald Gräser größere Flecken bedecken.

Alle Rasen liegen auf altem Weideland, werden aber seit Versuchsbeginn im Jahre 1931 nicht mehr beweidet, sondern nur noch durch Mähen während der ersten Augusthälfte genutzt. Eine Anzahl Nardetum-Pflanzen, insbesondere Zwergsträucher, sind durch die Mahd in ihrer Sproßentwicklung und ihrem Deckungsgrad reduziert.

I. Bewurzelung einzelner Arten

Der Rhizom- und Wurzelverlauf wurde jeweils von mehreren Individuen der gleichen Art verfolgt und skizziert. In erster Linie sollten Größe und Tiefenlage der Hauptwurzelmasse ermittelt werden. Die folgenden Angaben der häufigsten Spitzentiefen bedürfen weiterer sorgfältiger Beobachtungen, und das Auspräparieren feiner Würzelchen aus steinigen Horizonten glückte nur auf kurze Strecken. Mit N bezeichnete Arten wurden im Sieversii-Nardetum, mit F bezeichnete im Crepideto-Festucetum untersucht. Die morphologische Terminologie folgt H. Weber 1953.

Die untersuchten Arten lassen sich nach ihrer „Normaltiefe der Bewurzelung" (K. Linkola und A. Tiirikka 1936, p. 139ff.) etwa in folgende Gruppen einteilen:

1. Bewurzelung sehr seicht, häufigste Spitzentiefen zwischen 0–5 cm:

a) Hierzu gehören Arten mit weit streichenden Ausläufern, Rhizomen und Wurzeln, flachem, mehr oder weniger scheibenförmigem Wurzelraum aber im Verhältnis zum oberirdischen Sproß großer Wurzelmasse. Gewebe großteils verholzt, deshalb im Trockengewicht der gesamten Wurzelmasse ein wenig überrepräsentiert.

Polygala chamaebuxus (N): Kleine Luftsprosse einzeln am Ende des weit streichenden, ästig verzweigten Rhizoms und der langen Ausläufer.

Vaccinium myrtillus (N): Oberirdische Sprosse meist einzeln, durch Mahd stark reduziert; aber mit verhältnismäßig großer Wurzelmasse, Spitzen selten bis 8 cm tief.

Homogyne alpina (N): Verzweigter, nicht verholzter Erdstock mit rund 1 cm Jahreszuwachs und dichtbewurzelten Knoten (Abb. 1). Stauden kleinblättrig, etwas reduziert, meist nicht blühend.

Calluna vulgaris (N): Die verholzten Hauptwurzeln erreichen über 5 mm Durchmesser, alle Wurzeln verlaufen stark gewunden und biegen zusammen mit der Hauptwurzel in die oberen Bodenschichten ab. Luftsprosse durch Mahd klein, wenig deckend.

Potentilla aurea (N): Wurzelstock in 0–2 cm Bodentiefe schräg verlaufend mit wenigen sproßbürtigen, nicht weit streichenden Wurzeln, von denen nur selten eine tiefer als 5 cm reicht (Abb. 1). Die Pflanzen in unserem Nardetum sind kleinblättrig und reduziert, der Erdstock bleibt dünn mit wenig über 2 mm Durchmesser und ist gewöhnlich nicht verzweigt.

b) Arten ohne oder mit kurzem Erdsproß und kleinem, glockenförmigem Wurzelraum sowie kleiner Wurzelmasse:

Avena versicolor (N): Dünne Wurzeln allseitig flach abwärts streichend, wenig verzweigt (Abb. 1).

Ranunculus montanus (N): Kurzer Erdstock mit kräftigen, dicht stehenden sproßbürtigen Wurzeln, die zumeist in 5–7 cm Bodentiefe enden. Die Pflanzen sind im Sieversii-Nardetum etwas reduziert (Abb. 1).

In die Gruppe 1 gehören ferner:

Trifolium repens (F), *Luzula multiflora* (N), *Viola calcarata* (N).

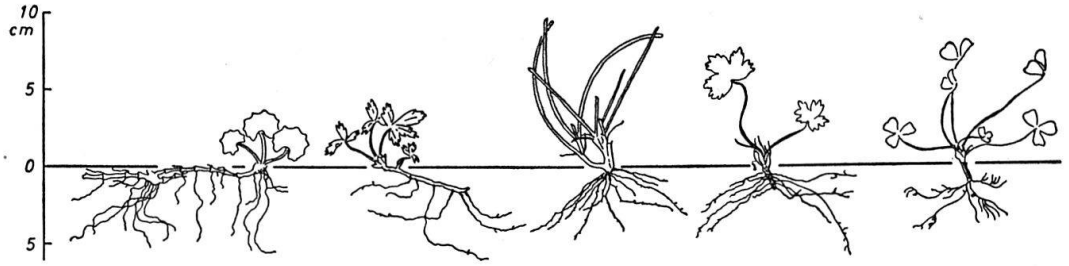

Abb. 1. Von links nach rechts: Homogyne alpina, Potentilla aurea, Avena versicolor, Ranunculus montanus, Jungpflanze von Trifolium pratense. ($^1/_6$ nat. Größe)

2. Bewurzelung seicht, häufigste Spitzentiefen zwischen 6–15 cm:

a) mit kräftigem, waagerecht kriechendem Rhizom, ziemlich großem Wurzelraum in seitlicher Erstreckung:

Alchemilla pratensis (F): Rhizom dicht unter der Bodenoberfläche, bis 5 mm Durchmesser, sproßbürtige Wurzeln flach ausstreichend mit feinen Saugwurzeln auf ihrer ganzen Länge.

b) Arten ohne oder mit kurzem Erdstock und kleinerem Wurzelraum und kleiner Wurzelmasse:

Trifolium pratense (F): Den ausgegrabenen Individuen fehlt eine verlängerte Pfahlwurzel, auch den jungen Pflanzen (Abb. 1), mehrere gleichstarke verholzte Wurzeln ersetzen diese, einige verlaufen sehr seicht und enden schon in 2–4 cm Bodentiefe, einige reichen bis 12 cm. Sehr viele feine Würzelchen mit kleinen Knöllchen bilden ein dichtes Nest unter dem Stock, die größte Wurzelmasse und viele Spitzen liegen schon bei 2–5 cm, die Art steht deshalb der Gruppe 1 nahe.

Trifolium badium (F): An zahlreichen untersuchten Pflanzen ist die Pfahlwurzel vorhanden, aber nicht kräftig ausgebildet, sehr stark verzweigt, mit zum Teil verholzten Seitenästen. Die stärkste Pfahlwurzel war an der Basis 4 mm dick und schon in 10 cm Tiefe nur 1 mm stark. Viele feine Wurzeln enden zwischen 3 und 12 cm Bodentiefe.

In die Gruppe 2 gehören ferner:

Gentiana kochiana (N), *Phleum alpinum* (N, F), *Crocus albiflorus* (N, F).

3. Bewurzelung mitteltief, häufigste Spitzentiefe bei 15–25 cm:

a) Arten mit kräftigem, horizontalem Rhizom, großer Wurzelmasse und großem Wurzelraum:

Sieversia montana (N): Die kräftigen Rhizome zeigen einen Jahreszuwachs von 1–1,5 cm bei einer Gesamtlänge von rund 8 cm, die hinteren 3 cm sind abgestorben. An der Unterseite des flach unter der Bodenoberfläche liegenden Erdstockes befinden sich sehr viele feine kurze Saugwürzelchen und ziemlich viele kräftige lange sproßbürtige Senkwurzeln, die von der Basis bis zur Spitze gleichmäßig verteilt kurze, dünne, einmal verzweigte Seitenwurzeln tragen (Abb. 2).

Solidago virga aurea (N): Das verholzte Rhizom verläuft im Boden leicht schräg und entwickelt eine Anzahl kräftiger sproßbürtiger Wurzeln von 6–16 cm Länge, von denen einige seicht verlaufen, weiter vorn am Rhizom entspringende dagegen fast senkrecht abwärts. Nur eine besonders kräftige, nahe am Rhizomende entspringende Wurzel weist auf ihrer ganzen Länge feine Verzweigungen auf („adventive Hauptwurzel"?) (Abb. 2).

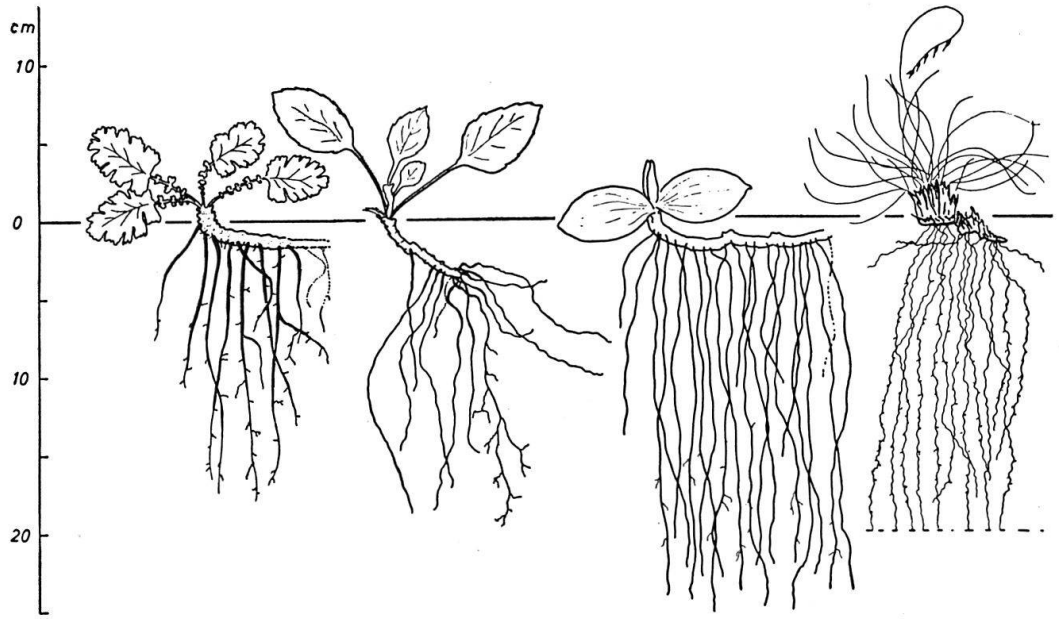

Abb. 2. Von links nach rechts: Sieversia montana, Solidago virga aurea, Arnica montana, Nardus stricta. Bei Arnica und Nardus Wurzellängen unvollständig. ($^1/_6$ nat. Größe)

b) Arten mit dicker orthotroper Pfahlwurzel und nur dünnen, ziemlich kurzen Seitenwurzeln:

Campanula barbata (N): Das kurze senkrechte Rhizom mit sehr feinen kurzen Saugwürzelchen liegt in 1–4 cm Bodentiefe und geht in die knollig verdickte Pfahlwurzel über, die nur nahe ihrer Basis und Spitze kaum verdickte, kurze, wenig verzweigte Seitenwurzeln aufweist (Abb. 3).

In die Gruppe 3 gehört ferner:

Festuca rubra commutata (F).

4. Bewurzelung tief, Spitzentiefe über 25 cm:

a) Arten mit horizontalem Rhizom und kräftigen sproßbürtigen Wurzeln, großem Wurzelraum und großer Wurzelmasse:

Arnica montana (N): Kräftige Rhizome mit 2–2,5 cm Jahreszuwachs in 3 cm Bodentiefe, viele sehr kräftige, fast ganz unverzweigte, gleichstarke Wurzeln treibend, die schräg abwärts bis senkrecht in die Tiefe laufen und vereinzelt noch in 43 (> 50?) cm Bodentiefe angetroffen wurden. Die längste in einem Stück freigelegte sproßbürtige Wurzel maß 42 cm. Noch am dreijährigen Rhizomabschnitt befinden sich zahlreiche lebende Senkwurzeln (Abb. 2).

Nardus stricta (N): Die Rhizome entwickeln hier nur sehr wenige Flachwurzeln. Die meisten Wurzeln sind Senkwurzeln und erreichen 45 (> 50?) cm Spitzentiefe, genaue Werte wurden nicht ermittelt. Sehr kurze, fast unverzweigte Wurzeln 2. Ordnung verteilen sich auf ihre ganze Länge und Bodentiefe, solche höherer Ordnung fehlen fast ganz (Abb. 2). Die langen Senkwurzeln sind außerdem dicht mit kurzen Wurzelhaaren bedeckt, die die absorbierende Oberfläche sehr vergrößern.

b) Arten mit tiefreichender orthotroper Pfahlwurzel und spärlichen Seitenwurzeln, Spitzentiefe der Hauptwurzel unter 25 cm:

Gentiana purpurea (N): Die dicken, mehrköpfigen Rhizome enden in 5–6 cm Bodentiefe und sind oft schon an ihrer Basis verzweigt. Die kräftige Pfahlwurzel entwickelt nur wenige, ziemlich kräftige Seitenwurzeln (Abb. 3) und biegt in 30–35 cm Tiefe horizontal ab. Die längste ausgegrabene Wurzel war 60 cm lang.

Crepis conyzifolia (N): Die ziemlich schlanken, wenig verzweigten Pfahlwurzeln gabeln sich unter 30 cm Bodentiefe (Abb. 3), Seitenwurzeln sind spärlich. Diese im Nardetum hochwüchsige Art erreicht auch eine verhältnismäßig große Wurzeltiefe, ihre Wurzelmasse ist aber im Vergleich zur Sproßgröße nicht groß.

Plantago alpina (N): 4–6jährige Pflanzen mit mehrköpfigem Rhizom und Pfahlwurzeln bis 40 cm Bodentiefe. Die längste ausgegrabene Pfahlwurzel war 55 cm lang. Seitenwurzeln wenig zahlreich, kurz, dünn und gleichmäßig über die ganze Länge der Pfahlwurzel verteilt (Abb. 3).

Im subalpinen Nardetum wurden somit einige extreme Flachwurzler und zahlreiche Rhizompflanzen mit mittleren Wurzeltiefen nebst wenigen tiefer gehenden Pfahlwurzlern angetroffen, und an bestandbildenden Arten des Crepideto-Festucetums ein ziemlich seichter Wurzelverlauf festgestellt. Im Vergleich zu trockenen Wiesentypen des Tieflandes, insbesondere solchen auf leichten Böden, aber auch verglichen mit gewissen Rhizompflanzen nasser Wiesen, ist die Wurzeltiefe in beiden Rasentypen wegen der Felsunterlage gering; würde man die von H. Ellenberg (1952, p. 101) vorgeschlagene Einteilung der Wurzeltiefen, die sämtliche Grünlandstandorte berücksichtigt, hier anwenden, so gehörten fast alle Arten zu den „Oberflächen"- und

Abb. 3. Von links nach rechts: Crepis conyzifolia, Gentiana purpurea, Campanula barbata, Plantago alpina. Bei Crepis, Gentiana und Plantago Wurzellängen unvollständig. ($^1/_6$ nat. Größe)

„Flachwurzlern“ und wohl kaum eine Art zu den „Tief“- oder gar „Untergrundwurzlern“. Es ist besonders hervorzuheben, daß die flache Bewurzelung nicht auf die sauren Böden des Nardetums beschränkt ist (vgl. S. 58).

Selbst bei ausgesprochen flacher Bewurzelung kann das durchwurzelte Bodenvolumen groß sein und wird im Nardetum bei einigen häufigen Arten durch Ausläufer oder wandernde Rhizome alljährlich erweitert bzw. verlegt. Im Verhältnis zur oberirdischen Sproßgröße begnügen sich die meisten Arten des Crepideto-Festucetums mit einem kleineren Wurzelraum als eine Reihe charakteristischer Nardetum-Pflanzen, von denen einige bemerkenswerte Wurzellängen aufweisen. Somit steht vielen Pflanzen des ärmeren Bodens ein größerer Wurzelraum zur Verfügung.

Sehr bezeichnend für unser subalpines Nardetum ist die Stoffspeicherung im Boden in Wurzeln und Rhizomen und das Fehlen von Gräsern mit „intensivem Wurzelsystem“ mit gleichmäßig stark verzweigten Faserwurzelbüscheln. Auch *Nardus* bildet in dieser Hinsicht eine Ausnahme unter den Gräsern und wurde deshalb schon von Linkola und Tiirikka (1936, p. 130) als besonderer morphologischer Typus beschrieben, der einige Ähnlichkeit mit gewissen dikotylen Rhizompflanzen hat. – Im Crepideto-Festucetum ist dagegen der Normaltypus der Wiesengräser durch *Festuca rubra commutata* u. a. mengenmäßig reichlich vertreten und oft vorherrschend, und unterirdische Speicherorgane sind selten, hingegen ist die Anzahl mittelfeiner und feiner Wurzeln auch bei den Dikotylen groß, und es kommt so eine größere absorbierende Oberfläche zustande (vgl. hierzu W. M. Ponjatoskaja 1956, p. 104). Auch die untersuchten *Trifolium pratense*- und *T. badium*-Pflanzen verhalten sich so, indem sie anstelle einer wenig verzweigten Pfahlwurzel in größerer Zahl feinere Wurzeln bilden.

II. Bestimmung der Wurzelmasse

Zur Probenentnahme wurden drei Dauerflächen von je einem Quadratmeter im ungedüngten Sieversii-Nardetum und sechs im gedüngten Crepideto-Festucetum ausgewählt. Auf drei gedüngten Flächen hat sich die Bestandesumwandlung des Altrasens ohne weitere Eingriffe in die Konkurrenz der Arten allmählich vollzogen, während die anderen drei gedüngten Flächen vor Beginn der ersten Düngung flach (2–3 cm tief) geschält und gehackt worden waren, wobei Rhizome und Wurzeln entfernt worden waren. Die Neubildung der Rasen erfolgte spontan ohne Einsaat und ohne Verunkrautung. Auch auf diesen Flächen haben sich inzwischen normale Gesellschaften rekonstruiert, die sich derzeit mit dem durch Düngung veränderten Bodenzustand im Gleichgewicht befinden und ein Crepideto-Festucetum tragen.

Im einzelnen sind die Quadrate nach folgendem Plan gedüngt und behandelt worden (nach Lüdi, unveröff.):

Nardetum. Fläche 79: 1931 Altrasen durch Schälen ohne Umgraben entfernt, der spontan gebildete Neurasen blieb ungedüngt. Einmal jährlich gemäht von 1934–1946 und 1950, 1954, 1955.

Fläche 235: Altrasen belassen, nicht gedüngt. Einmal jährlich gemäht von 1935–1946 und 1953.

Fläche 127: Altrasen bis 1946 ungedüngt und unverändert. Seit 1947 mit Ammonsulfat gedüngt, jetzt Nardus fleckenweise dominierend. Seit 1932 regelmäßig einmal jährlich gemäht.

Festucetum. Fläche 154 und 158: Natürlicher Nardetum-Altrasen, von 1931–1936 NPKCa-Volldüngung, 1936–1946 jedes Jahr eine Mahd ohne Düngung, von 1946–1954 alle zwei Jahre Volldüngung und Mahd.

Fläche 160: Natürlicher Nardetum-Rasen. 1931–1936 Kalkdüngung, 1936–1946 jährliche Mahd ohne Düngung, 1946–1954 alle 2 Jahre Volldüngung und Mahd.

Fläche 71, 73 und 74: 1931 Altrasen flach abgeschält, Boden umgegraben und Wurzeln entfernt. Neubildung der Grasnarbe durch Selbstberasung. Bis 1946 alljährlich Volldüngung und Mahd: 6 Jahre NPKCa, dann 9 Jahre Stallmist. Seit 1946 Fläche 71 und 73 alle 2 Jahre NPKCa und Mahd, Fläche 74 alljährlich NPKCa und Mahd.

Tabelle 1 verzeichnet die Arten, deren oberirdische Sprosse auf den für die Wurzelbestimmung ausgestochenen 200 cm² großen Rasensoden gefunden wurden. Im Festucetum wurden absichtlich möglichst reine Flecken verschiedener Arten ausgewählt, vier kleereiche und zwei grasreiche, um die arteigenen Bewurzelungsunterschiede und damit eine möglichst große Schwankungsbreite der Wurzelmassen zu erfassen.

Die Versuchsflächen, aus denen die Rasensoden entnommen wurden, weisen beträchtliche Ertragsunterschiede auf: Nach unveröffentlichtem Zahlenmaterial von Lüdi betragen die mittleren jährlichen Heumengen (bei 105° getrocknet) im ungedüngten Nardetum der Flächen 235 und 79 4,8 bzw. 8,4 q/ha und werden von den Festuca rubra commutata-Frischwiesen rund 5–10fach übertroffen. An der Spitze steht Fläche 154 mit einem auf die Hektar berechneten Jahresdurchschnitt von 56,6 q Trockensubstanz, einem Wert, der zwar nicht an die Erträge bester zweischüriger Niederungswiesen heranreicht (120–200 q/ha), aber im Hinblick auf die alpinen Klimaverhältnisse, die kurze sommerliche Wachstumszeit und das Fehlen gewisser Obergräser bemerkenswert hoch ist.

Wichtig für den Vergleich der Wurzelmassen ist, daß alle untersuchten Rasenflächen, auf altem Weideland liegend, seit über 20 Jahren nur durch höchstens einmal jährliches Mähen genutzt werden. Wie insbesondere durch die Arbeiten von E. Klapp (1943, 1951) eindrücklich nachgewiesen ist, verringern häufiges Mähen und zunehmende Intensität der Beweidung die Wurzelmassen und Bewurzelungstiefen in so drastischer Weise, daß gesellschafts- und artspezifische Unterschiede ganz überdeckt werden können.

Zur Beurteilung der Tiefenlage und Größe der Wurzelmasse sind ferner die *p*H-Werte der Böden des Sieversii-Nardetums und Festucetums von Interesse. Sie betragen für das Nardetum *p*H 4,4–5,1; für das Festucetum 6,0–6,8 (vgl. Tab. 1). H. WALTER formulierte in seiner Standortslehre (1949, p. 172) als allgemeine Regel, daß die Pflanzen auf sauren Böden besonders flach wurzeln, was u. a. von ELLENBERG (1939) an mesophilen Waldpflanzen mit ziemlich weiter *p*H-Amplitude nachgewiesen werden konnte. Für sehr kolloidarme, humose, saure Böden, wo die Humusschicht zum alleinigen Nährstoffträger wird, und auf vernäßten, sauren Böden mit besonders schlechter Durchlüftung bestätigt sich bekanntlich diese Regel. Pflanzen mit spezifischem saurem *p*H-Optimum können sich dagegen umgekehrt verhalten: so erwähnt J. BRAUN-BLANQUET (1951, p. 75) die Beobachtung, daß azidophile Arten gerade auf basischen, kalkreichen Böden mit saurer Humusauflage viel flacher als sonst wurzeln, und R. KNAPP (1953, p. 177) fand bei Kulturversuchen an *Arnica montana*-Keimpflanzen eine erhebliche Förderung der Wurzelentwicklung und Zunahme der Wurzellänge (und damit wohl auch des Wurzeltiefgangs) auf saurem Substrat. – Eine wichtige Rolle dürfte auch die Nährstoff-, insbesondere Stickstoffversorgung der Pflanzen spielen, denn nach MARTHALER (Jb. wiss. Bot. **88** 1939 p. 723) u. a. wird in N-armen Hungerkulturen das Längenwachstum der Wurzeln in ähnlicher Weise gefördert wie bei Wassermangel. Hiemit kann in Einklang gebracht werden, daß H. G. KMOCH (1952) in stark sauren Wiesenböden und unter armen Ödlandrasen besonders große Wurzelmassen feststellte. Wenn man also allein die Standortsfaktoren *p*H und N-Mangel in Betracht zieht und artspezifische Unterschiede zunächst außer acht läßt, wird man Wurzeltiefgang und Wurzelmasse des Sieversii-Nardetums im Vergleich zum Crepideto-Festucetum eher größer einschätzen müssen. Im umgekehrten Sinne wäre die Wirkung der Bodendurchlüftung abzuschätzen, die in dem besser gekrümelten Boden des Festucetums die Bewurzelungstiefe der Arten fördern dürfte.

Zur Bestimmung der Wurzelmasse wurden am 11.8.1955 aus den Flächen 79, 235, 154, 73 und am 30.9.1955 aus den Flächen 127, 160, 74, 158 und 71 je 5 cm dicke Bodenscheiben von je 200 cm² Fläche bis auf 20 resp. 10 cm Bodentiefe ausgestochen. Nach sorgfältiger Entfernung aller Pflanzenteile über der Bodenoberfläche wurde das Wurzelwerk über einem feinen Sieb mit 1 mm² Maschenweite ausgeschlämmt, ohne daß dabei Wurzelverluste wahrgenommen werden konnten. Der ausgespülte, noch etwas sandige Wurzelfilz blieb zur Lösung aller Bodenreste einige Zeit unter Wasser stehen und wurde dann mit heißem Wasser unter Dekantieren sehr gründlich gewaschen. Alle Oberflächenproben wurden mit Wasser kurz zum Kochen gebracht und Streureste, Samen und einige tote Wurzeln ausgelesen, doch verblieben die meisten toten Wurzeln und abgestorbene Rhizomenden in der Rhizom- und Wurzelmasse. Nach dem Trocknen im Trockenschrank bei 105° C erfolgte die Wägung im Labor in lufttrockenem Zustand. Alle Erdproben mußten zum Ausschlämmen nach Zürich gebracht werden.

Die ersten vier untersuchten Probeflächen (Tab. 1, Nr. 79, 235, 154, 73) ergaben zwischen 0 und 20 cm Bodentiefe für beide Rasengesellschaften eine sehr flache Lage der Hauptwurzelmasse: Die Rhizom- und Wurzelgewichte zeigen ausgeprägte Maxima in den obersten 5 cm (Abb. 4). Dies stimmt mit Befunden von TÜXEN 1952, KLAPP 1943, KMOCH 1952 u. a.

an verschiedenartigen Weide- und Wiesengesellschaften allgemein überein. Im Nardetum wie auch im Festucetum ist weitaus die größte Wurzelmasse in den obersten 5 cm des Bodens enthalten. In 5–10 cm Tiefe wurde immerhin noch bis zu ¼ der Wurzelmasse von 0–5 cm gefunden, in 10–15 cm Tiefe aber allgemein nur noch rund $^1/_{10}$, in 15–20 cm rund $^1/_{20}$. Aus den fünf später untersuchten Flächen kamen deshalb nur noch je zwei Proben aus 0–5 und 5–10 cm Tiefe zur Untersuchung. Auch sie zeigten dieselbe flache Verteilung der Hauptwurzelmasse. Die seichteste Gewichtsverteilung ergab sich in Fläche 74, in der *Alchemilla pratensis* und *Trifolium repens* vorherrschen.

Die ermittelten Trockengewichte des Wurzelwerks schwanken in den einzelnen 200 cm² großen Flächen in Bodenvolumina von 2000 resp. 4000 cm³ zwischen 20,9 und 57,9 g (Tab. 1 und Abb. 4). In diesen Werten ist noch nicht die gesamte Wurzelmasse unter 200 cm² Rasenfläche erfaßt; aber tiefer als 20 cm kommen nur sehr kleine Wurzelgewichte (schätzungsweise höchstens $^1/_{10}$ der Wurzelmasse von 0–20 cm) noch hinzu. Die gefundenen Gewichtswerte sind sehr groß, und es muß vorerst offen bleiben, wieweit sie nur für die untersuchten Rasen charakteristisch sind, wie weit sie durch die schonende Nutzung dieser Flächen (keine Beweidung, zeitweise auch keine Mahd) zustande kommen und wieweit es sich um ein allgemeineres Merkmal subalpiner und alpiner Rasengesellschaften handelt (Zurücktreten der Einjährigen, Förderung von unterirdischen Überdauerungs- und Speicherorganen in Anpassung an die kurze Vegetationszeit). Aus dem Alpengebiet fehlen m. W. vergleichbare Werte gänzlich, die wenigen Zahlen aus Mittel- und Nordeuropa betreffen sehr verschiedenartige Wiesen- und Weidegesellschaften und sind, von vereinzelten Ausnahmen (nasses „Fuchsseggen-Ried" und „Trockene Mittelwegerich-Weide" des mittleren Wesertales nach R. Tüxen 1951) abgesehen, wesentlich kleiner: In einer ostfinnischen „Nardus-Wiese" waren auf 200 cm² Fläche in 0–20 cm Bodentiefe nur 8,6 g trockenes Wurzelwerk enthalten (Linkola und Tiirikka 1936, Tab. 7, p. 154), und unter einer mitteldeutschen „mageren Bergheide" (Calluna-Antennaria-Ass. Tüxen), in der stellenweise *Nardus stricta*, stellenweise *Calluna vulgaris* vorherrschte, fand Klapp (1943, p. 221ff., Fläche 13 und 14) auf gleicher Fläche in den oberen 20 cm des Bodens 12,6 bzw. 14,5 g. In einer zweischürigen, sehr ertragreichen Fettwiese des mittleren Wesertals („Arrhenatheretum, Subass. von Alopecurus pratensis" Tüxen, in: Walter 1949, Tab. p. 173, und Tüxen 1951) betrug das Trockengewicht des Wurzelwerks im gleichen Bodenraum 18 g. Auf sehr große Schwankungsbreite der Wurzelmassen wurde kürzlich von Kmoch (1952) hingewiesen, der Unterschiede in verschiedenartigen Grünlandbeständen Norddeutschlands eingehend verfolgte; nach ihm befinden sich unter 200 cm² Grünland verschie-

dener Zusammensetzung weniger als 2 g bis über 80 g trockenes Wurzelwerk, unter Wirtschaftsgrünland 5–52 g. Angesichts einer so großen Wertespanne fallen die etwas verschiedenen, von den einzelnen Autoren angewandten Methoden mit ihren Fehlermöglichkeiten wenig ins Gewicht. Die allgemeine Feststellung von Kmoch, daß arme Ödlandrasen besonders große Wurzelmassen bilden, trifft für das subalpine Sieversii-Nardetum nur scheinbar zu; vergleicht man nämlich nach Tab. 1 und Abb. 4 die drei untersuchten Nardetum-Flächen mit den aus ihnen hervorgegangenen Frischwiesen, so zeigen letztere eine größere Spanne der Wurzeltrockengewichte und teilweise wesentlich höhere Werte: Nardetum 21–33 g Rhizom- und Wurzeltrockenmasse, Crepideto-Festucetum 21–58 g. Somit haben in unserem Falle nicht die „Ödlandrasen", sondern einige der Düngungsflächen die größte Wurzelmasse. Artgebundene Eigenschaften, wie sie von Klapp 1943 und Kmoch 1952 mit Zahlen belegt wurden, geben hierbei den Ausschlag: Die kleereichen Flächen mit vorherrschendem *Trifolium pratense* oder *T. repens* und *Alchemilla pratensis* (154, 160, 74) haben gleichgroße oder etwas kleinere Wurzelmassen als die Sieversii-Nardeten, die grasreichen Flächen mit vorherrschender *Festuca rubra* ssp. *commutata* (158, 71) dagegen größere.

Bemerkenswert groß ist der Gegensatz zwischen der Festuca rubra commutata-Fläche 71 mit 57,9 g Wurzeln und der Nardus-Fläche 127 mit nur 21,1 g, auch wenn man berücksichtigen muß, daß der Tiefwurzler *Nardus* mit den beiden Oberflächenproben bis 10 cm Bodentiefe besonders unvollständig erfaßt wurde. Nach Kmoch (1952, Tab. 2, p. 368) gehört das Borstgras zu den Arten mit größtem Wurzelgewicht pro Flächeneinheit, der Rotschwingel (in einer nicht näher bezeichneten Unterart) zu denen mit mittelgroßer Wurzelmasse, so daß man gerade ein umgekehrtes Gewichtsverhältnis erwarten müßte. Allem Anschein nach spielen hier die Standortsbedingungen eine entscheidende Rolle: Die Eigenschaft des horstbildenden Rotschwingels, sich unter günstigen Verhältnissen besonders kräftig zu entwickeln und dicht zu bestocken, ist mit einer Zunahme der Wurzelmasse verbunden. Ähnliche Korrelationen zwischen Wurzelmasse und oberirdischer Sproßdichte konnten von Kmoch an anderen Grasarten nachgewiesen werden.

Auf den untersuchten Flächen läßt sich ein Gewichtsvergleich zwischen oberirdischer und unterirdischer Pflanzentrockensubstanz wenigstens größenordnungsmäßig ziehen, wenn auch den verfügbaren Ertragszahlen Flächen von je 1 m², die dementsprechend artenreicher sind, zugrunde liegen und der Stoppelverlust mindestens bei den ertragsarmen Gesellschaften berücksichtigt werden müßte. In allen Flächen betragen die Trockengewichte des Wurzelwerks ein Vielfaches der Heugewichte. Entsprechend dem großen Ertragsunterschied in beiden Rasengesellschaften sind Rhizom- und Wurzelmasse im Crepideto-Festucetum auf gleicher Fläche 2- bis 6,5mal so groß wie die Sproßmasse, im Sieversii-Nardetum rund 7- bis über 10mal so groß

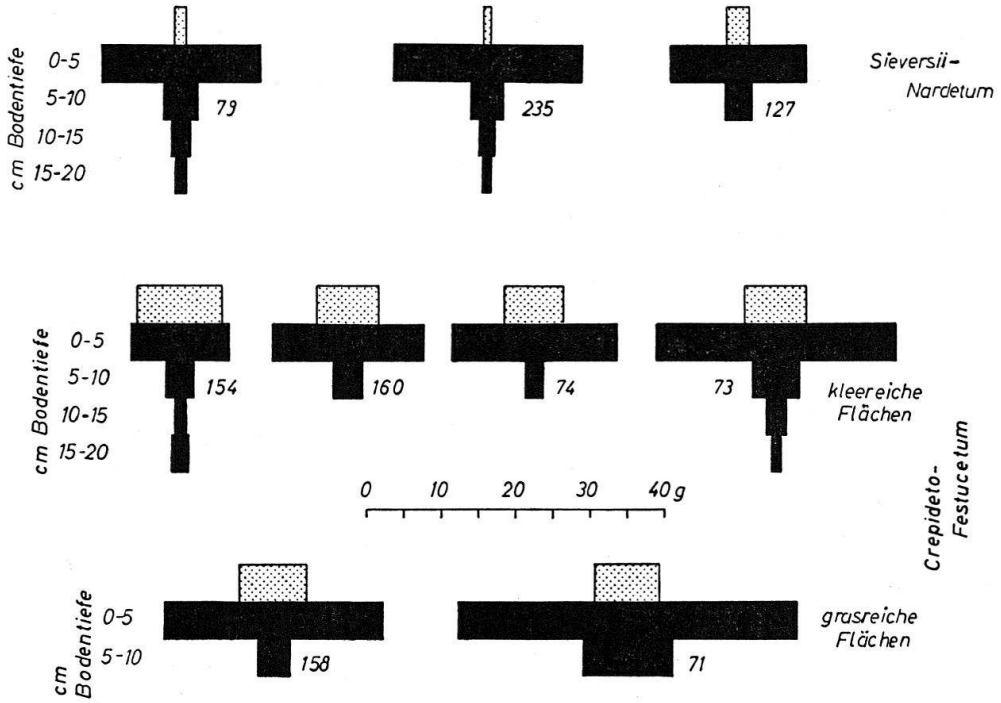

Abb. 4. Wurzeldiagramme und Heuerträge der Untersuchungsflächen.

Schwarz: Lufttrockene Wurzelmasse der verschiedenen Bodentiefen auf 200 cm² Grundfläche.

Punktiert: Heugewicht auf 200 cm² Rasenfläche (in flächengleicher Darstellung ohne Berücksichtigung der Rasenhöhe).

Die Breite aller Blöcke entspricht dem Trockengewicht in Gramm (vgl. Maßstab).

(Abb. 4). Freilich werden diese großen Rhizom- und Wurzelmassen im Laufe mehrerer Jahre aufgebaut, während die Ertragszahlen im wesentlichen die im Laufe einer Vegetationsperiode gebildete Sproßmasse angeben.

Zusammenfassung

In zwei subalpinen Rasengesellschaften des Berner Oberlandes, einem Sieversii-Nardetum strictae und einem Crepideto-Festucetum commutatae, für die von anderer Seite langjährige Beobachtungen und Aufzeichnungen vorliegen, wurden die Bewurzelungsverhältnisse einiger Einzelpflanzen und Pflanzenbestände untersucht. Für den Borstgrasrasen sind in der Hauptsache Rhizompflanzen und Pfahlwurzler mit kräftigen Speicher- und Überdauerungsorganen und teils sehr flachem, teils tieferem Wurzelverlauf charakteristisch, die teilweise beträchtliche Wurzellängen haben; in der gedüngten Rotschwingel-Frischwiese ist die Bewurzelung ziemlich flach, Pfahlwurzler treten gegenüber Arten mit intensivem Wurzelsystem zurück, und im gleichen Bodenvolumen ist die Zahl feiner Wurzeln und damit die absorbierende Oberfläche größer.

Tabelle 1: Artenzusammensetzung und Wurzelgehalt der untersuchten Rasenproben (je 200 cm²)

Gesellschaftstyp:	Sieversii-Nardetum			Crepideto-Festucetum					
Nummer der Fläche:	79	235	127	154	160	74	73	158	71
Düngung:	–	–	$(NH_4)_2SO_4$	NPKCa	NPKCa	NPKCa	NPKCa	NPKCa	NPKCa
*p*H (Mittelwert vom August 1955):	5,1	4,4	4,4	6,8	6,4	6,4	6,0	6,6	6,0
Ertrag q/ha Trockengewicht:	8,4	4,8	15,3	56,6	40,5	40,1	41,5	44,5	44,1
Phleum alpinum	+	+	·	·	+	+	·	++	·
Festuca rubra ssp. comm.	(+)	·	·	+	·	·	++	+++	+++
Trifolium pratense	·	·	·	+++	+++	·	++	+	(+)
Avena versicolor	+	+	·	·	+	·	·	+	·
Potentilla erecta	+	+	+	·	·	·	·	·	·
Potentilla aurea	(+)	(+)	·	·	(+)	·	·	·	·
Trifolium badium	(+)	·	·	·	+	·	+++	·	·
Campanula scheuchzeri	·	(+)	·	·	·	·	·	+	+
Arnica montana	++	++	·	·	·	·	·	·	·
Calluna vulgaris	++	+	·	·	·	·	·	·	·
Polygagla chamaebuxus	+	+	·	·	·	·	·	·	·
Gentiana kochiana	+	+	·	·	·	·	·	·	·
Carex sempervirens	+	+	·	·	·	·	·	·	·
Nardus stricta	·	++	+++	·	·	·	·	·	·
Leontodon hispidus	+	·	+	·	·	·	·	·	·
Alchemilla vulgaris	·	·	·	·	·	+++	+	·	·
Campanula barbata	++	·	·	·	·	·	·	·	·
Solidago virga aurea	+	·	·	·	·	·	·	·	·
Crepis conyzifolia	·	+	·	·	·	·	·	·	·
Galium pumilum	+	·	·	·	·	·	·	·	·
Viola calcarata	+	·	·	·	·	·	·	·	·
Sieverisa montana	·	++	·	·	·	·	·	·	·
Plantago alpina	·	+	·	·	·	·	·	·	·
Gentiana purpurea	·	+	·	·	·	·	·	·	·
Vaccinium myrtillus	·	·	+	·	·	·	·	·	·
Luzula multiflora	·	·	+	·	·	·	·	·	·
Trifolium repens	·	·	·	·	·	++	·	·	·
Agrostis capillaris	·	·	·	·	·	·	·	·	++
Wurzeltrockengewicht g/200 cm² / Bodentiefe:									
0– 5 cm	21,3	25,3	18,4	13,1	20,4	22,3	32,3	29,3	45,8
5–10 cm	4,8	4,6	3,7	3,9	4,0	2,4	6,4	4,4	12,1
10–15 cm	2,6	2,1		1,8			2,7		
15–20 cm	1,5	1,2		2,1			1,3		
Insgesamt	>30,2	>33,2	≥21,1	>20,9	≥24,4	≥24,7	>42,7	≥33,7	≥57,9

(+) = reduziert, + = vorhanden, ++ = >15% deckend, +++ = >50% deckend

In neun Flächen verschiedener Rasenzusammensetzung wurden Gewichtsbestimmungen des Wurzelwerks (Wurzelmasse einschließlich der Rhizome) vorgenommen. Sie ergaben allgemein sehr hohe Werte, die für beide subalpine Rasengesellschaften charakteristisch sind. Die Größe der Wurzelmasse im einzelnen ist in erster Linie vom Vorherrschen bestimmter Arten abhängig, Einflüsse einzelner Standortsfaktoren wie *p*H und Stickstoffhaushalt werden durch die Verschiedenheit der Artenzusammensetzung überdeckt. Die größte Wurzelmasse bilden hier gedüngte Rotschwingelwiesen mit kräftiger oberirdischer Sproßentwicklung und Sproßdichte, bei ihnen zeigt sich eine gewisse Korrelation zwischen Bestockung und Wurzelmasse. – Auf allen Flächen beträgt das Trockengewicht des Wurzelwerks ein Vielfaches des Heuertrags. Während aber in den kleereichen Frischwiesen bei verhältnismäßig kleiner Wurzelmasse relativ viel oberirdischer Ertrag produziert wird, ist das Nardetum mit seinem geringen Heuertrag weitaus am unproduktivsten, das Trockengewicht seiner oberirdischen Sproßmasse wird vom Trockengewicht des Wurzelwerks rund 7- bis 10fach übertroffen.

Literatur

Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziologie. 2. Aufl. Wien 1951.

Ellenberg, H.: Über Zusammensetzung, Standort und Stoffproduktion bodenfeuchter Eichen- und Buchen-Mischwaldgesellschaften Nordwestdeutschlands. – Mitt. Flor.-soz. Arb.gem. Niedersachsen **5**, Hannover 1939.

– Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung. – Landwirtschaftl. Pflanzensoziologie **2**, Stuttgart 1952.

Frey, E., Ochsner, F. und Lüdi, W.: Flechten und Moose in den Versuchsflächen einer Nardusweide auf der Schinigeplatte bei Interlaken. – Ber. Beob. Forsch. Inst. Rübel **1946** Zürich 1947.

Klapp, E.: Über die Wurzelverbreitung der Grasnarbe bei verschiedener Nutzungsweise und Pflanzengesellschaft. – Pflanzenbau **19**, 8, Leipzig 1943.

– Leistung, Bewurzelung und Nachwuchs einer Grasnarbe unter verschieden häufiger Mahd und Beweidung. – Z. f. Acker- und Pflanzenbau **93**, Berlin 1951.

Kmoch, H. G.: Über den Umfang und einige Gesetzmäßigkeiten der Wurzelmassenbildung unter Grasnarben. – Z. f. Acker- und Pflanzenbau **95**, Berlin 1952.

Knapp, R.: Über die natürliche Verbreitung von Arnica montana L. und ihre Entwicklungsmöglichkeit auf verschiedenen Böden. – Ber. Dt. Bot. Ges. **66**, 4.1953.

Linkola, K. und Tiirikka, A.: Über Wurzelsysteme und Wurzelausbreitung der Wiesenpflanzen auf verschiedenen Wiesenstandorten. – Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo **6**, 6. Helsinki 1936.

Lüdi, W.: Experimentelle Untersuchungen an alpiner Vegetation. – Ber. Schweiz. Bot. Ges. **46**, Bern 1936.

– Experimentelle Untersuchungen im subalpinen Nardetum. – Verh. Schweiz. Nat.for. Ges. Locarno 1940.

– Förderung der Selbstversorgung unseres Landes durch die Verbesserung der Alpweiden. – Schweiz. Landw. Monatshefte **19**, 1, Bern 1941.

– Alpweide-Verbesserungsversuche auf der Schynigeplatte bei Interlaken. – Sitz.ber. Bern. Bot. Ges. a. d. Jahre 1941, in: Mitt. Nat.for. Ges. Bern 1942.

– Die Pflanzengesellschaften der Schinigeplatte bei Interlaken und ihre Beziehungen zur Umwelt. – Veröff. Geob. Inst. Rübel Zürich **23**, Bern 1948.
– Experimental Investigations into the Subalpine Nardetum. – Proc. Seventh Int. Bot. Congress Stockholm 1950.
Ponjatoskaja, W. M.: Wurzelsysteme der wichtigsten Futtergräser und Schmetterlingsblütler des Königsberger Gebiets. – Arb. d. Komaroffsch. bot. Inst. d. Akad. d. Wiss. d. SSRR, Serie III, **1955**, Geobotanika Folge **10**, Moskau 1956 (p. 102–153).
Tüxen, R.: Wasserversorgung und Pflanzensoziologie. – Das Gas- und Wasserfach **20**, München 1951.
Walter, H.: Grundlagen der Pflanzenverbreitung. 1. Teil: Standortlehre. Lfg. 2. Stuttgart 1949.
Weber, H.: Die Bewurzelungsverhältnisse der Pflanzen. – Freiburg/Bsg. 1953.

Über die Beziehungen der neu-caledonischen Flora zu den tropischen und den südhemisphärisch-subtropischen bis -extratropischen Floren und die gürtelmäßige Gliederung der Vegetation von Neu-Caledonien

PFLANZENGEOGRAPHISCHE STUDIEN 2

Von M. G. Baumann-Bodenheim, Erlenbach/Zürich

Die beiden im Titel angegebenen Probleme stehen miteinander in direktem Zusammenhang, beruhen doch einerseits die Vegetationsgürtel im Sinne von E. Schmid auf gemeinsamen Arealen und gemeinsamer Epiontologie, und zeigen anderseits die Arealanalysen der Gattungen, in welch größeren Rahmen Flora und Vegetation Neu-Caledoniens zu stellen sind.

Die Flora der unter der südlichen Tropengrenze und im extremen Südosten der Alten Welt gelegenen Gebirgsinsel Neu-Caledonien ist eine der reichsten und abweichendsten der ganzen Erde. Besonders die Lichtwälder und Gebüsche der Refugialstandorte auf Peridotit und Serpentin bieten ganz einzigartige und ungewohnte Aspekte, insbesondere durch die Häufung reliktischer und sehr altertümlicher, pachycauler Gehölze. Däniker hätte mit seiner Expedition 1924/26 kein interessanteres Gebiet wählen und damit zu einem Forschungsobjekt des Botanischen Museums der Universität Zürich machen können, wodurch ich die Gelegenheit erhielt, 1950/52 eine zweite Neu-Caledonien-Expedition durchzuführen. Die an *Gymnospermen* reiche und fast ausschließlich verholzte, einheimische Flora steht mitten in ihrer Aufarbeitung. Die Grundlagen stellen die Bearbeitungen durch A. Brogniart et Gris, Vieillard, H. Baillon, A. Guillaumin, sowie die Kataloge von R. Schlechter, Compton und A. U. Däniker dar und sind nun soweit gediehen, daß eine Synthese der mehrere 100 Einzelarbeiten umfassenden Li-