Zeitschrift: Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Herausgeber: Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Band: 38 (1967)

Artikel: Stickstoff- und Wasserversorgung von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion) im Jura bei Basel

Autor: Gigon, Andreas

Kapitel: C.: Methoden

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377656

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: 01.07.2025

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

teilen enthalten sind, in Ammonium und Nitrat, also in diejenigen Stickstoffverbindungen, die von der Pflanze während der Vegetationsperiode wieder aufgenommen werden (Stickstoff-Kreislauf). Die Stickstoffmineralisation am Standort kann nicht direkt gemessen werden; sie wird seit HESSELMANN (1917) durch den «Brutversuch» ermittelt (siehe S. 35).

Neben der Mineralisation kommt als Stickstoffquelle noch vor allem die Stickstoffixierung in Frage (Knöllchenbakterien der Leguminosen). Eine dauernde Stickstoffquelle sind die Niederschläge, mit denen stets kleine Mengen auf den Boden gelangen. Mancherorts spielt die Einschwemmung eine gewisse Rolle.

Andrerseits kann das Stickstoffkapital eines Standortes auch abnehmen: durch Denitrifikation und durch Ausschwemmung.

C. Methoden

I. Vegetationskundliche Methoden

1. Wahl der Aufnahmeflächen und der Probeflächen

Typische Ausbildung der betreffenden Pflanzengesellschaft, Homogenität der Fläche und relativ gute Erreichbarkeit waren die Gesichtspunkte, nach denen die Flächen ausgewählt wurden. Zudem wurde Wert darauf gelegt, Flächen ganz unterschiedlicher Intensität der Bewirtschaftung zu berücksichtigen.

Die 39 Aufnahmeflächen befinden sich im Solothurner, Berner und Aargauer Jura. Einige Aufnahmen liegen in den Beständen, die ZOLLER (1947, 1954) bearbeitet hat. Sie sind aber mit seinen nicht identisch, da die Flächen nicht genau übereinstimmen und da in der Zwischenzeit die Intensität der Bewirtschaftung der Halbtrockenrasen abgenommen hat.

Die 19 Aufnahmeflächen, wo Bodenuntersuchungen durchgeführt wurden, im folgenden «Probeflächen» genannt, befinden sich in den vier Gebieten:

Gebiet A: Tafeljura zwischen Effingen, Bözen und Elfingen (Kanton Aargau),
Gebiet B: Nordabhang und Südabhang der Blauenkette südlich von Basel (Kantone Solothurn und Bern),
Gebiet C: Nordabhang der Fringeli-Kette bei Bärschwil (Kanton Solothurn),
Gebiet D: Gegend um Liesberg (Kanton Bern) und Kleinlützel (Kanton Solothurn).

2. Aufnahme der Pflanzenbestände und tabellarischer Vergleich

Die Pflanzenbestände wurden nach der Methode der Schule Zürich-Montpellier (BRAUN-BLANQUET 1964), wie sie in ELLENBERG (1956) beschrieben ist, aufgenommen. Das Symbol «( )» bedeutet, dass die betreffende Art in der Aufnahmefläche selbst fehlt, im

gleichen Bestand im Umkreis von 3 Metern um die Fläche aber vorkommt und somit bei der Vegetationsaufnahme mitberücksichtigt werden muss. Für die Moosschicht wurde nicht, wie für die Krautschicht, der geschätzte maximale Deckungsgrad im Verlauf des Jahres angegeben, sondern der des Aufnahmedatums.

Nach den Erfahrungen von ZOLLER (1954b) und ELLENBERG (1956) beträgt die Mindestgrösse für Aufnahmen von Mesobrometen 50–100 m^2.

Aus Zeitmangel war es nicht möglich, jede Fläche mehr als 1–2mal floristisch-soziologisch aufzunehmen. Bei einer erneuten Aufnahme gewisser Flächen dürften sich daher noch einige geringfügige Ergänzungen ergeben.

Die Namen der Blütenpflanzen und der Gefässkryptogamen sind nach BINZ-BECHERER (1961) angegeben, mit Ausnahme einiger kritischer Arten, die nach HESS, LANDOLT und HIRZEL (1967 und im Druck) benannt wurden. Die Moosflora wurde nach DIXON (1954) und nach BERTSCH (1959) bestimmt. Die Namen der Moose und Flechten sind nach BERTSCH (1959 bzw. 1955) angegeben.

Beim tabellarischen Vergleich der Vegetationsaufnahmen wurde nach der in ELLENBERG (1956) beschriebenen Methode vorgegangen.

3. Berechnung der mittleren Feuchtezahl (mF) und der mittleren Stickstoffzahl (mN)

Bevor auf die Berechnung selbst eingetreten werden kann, muss noch kurz erläutert werden, was Feuchte- und Stickstoffzahlen sind.

Jede Pflanzenart gedeiht auf bestimmten Standorten, in bestimmten Pflanzengesellschaften häufiger und besser als in anderen: sie hat dort das «ökologische Optimum». Diesem liegt ein ganz bestimmtes Zusammenwirken von Standortsfaktoren zugrunde. Manche Arten sind einander insofern ähnlich, als sie ähnliche Ansprüche in bezug auf bestimmte Standortsfaktoren besitzen und das ökologische Optimum bei einer ähnlichen «Standortsfaktoren-Konstellation» erreichen. Diese Tatsache ermöglichte es ELLENBERG (1952), die wichtigsten Wiesenpflanzen Mitteleuropas in Gruppen von Arten mit ähnlichem ökologischem Verhalten, in sogenannte «ökologische Artengruppen», einzuteilen, die er dann auf einfache Weise charakterisierte. Nach der Feuchtigkeit des Standortes z.B. traf ELLENBERG (1963, S. 746) eine Einteilung in folgende, durch sogenannte «Feuchtezahlen» (F) charakterisierte Gruppen:

F1 «vorwiegend auf sehr trockenen Standorten vorkommend, starke Austrocknung des Bodens ertragend, nässeempfindlich»
F2 «vorwiegend auf trockenen, zeitweise jedoch gut durchfeuchteten Standorten vorkommend»
bis zu
F5 «vorwiegend auf nassen, luftarmen Böden vorkommend»
F0 «gegen den Wasser- und Luftgehalt des Bodens ziemlich indifferent».

Für den Stickstoffaktor traf ELLENBERG (1963, S. 746) eine analoge Einteilung in durch sogenannte «Stickstoffzahlen» (N) charakterisierte Gruppen:
N1 «fast nur auf stickstoffarmen, ungedüngten Böden vorkommend»
bis zu
N5 «auf übermässig stickstoffreichen, überdüngten Böden konkurrenzfähig»
N0 «gegen die Stickstoffversorgung ziemlich indifferent».

Die für die Berechnungen benützten Feuchte- und Stickstoffzahlen der einzelnen Arten stammen aus ELLENBERG (1950, 1963). Mit wenigen Ausnahmen gelten diese insbesondere für die Grünlandpflanzen in Süddeutschland ausgearbeiteten Zahlen auch für die Nordschweiz. Einzelne Arten konnten dank der freundlichen Hilfe von Herrn Prof. Dr. H. ELLENBERG, Göttingen, neu bewertet werden (siehe Tab. 2, S. 40).

Die Berechnungen der mittleren Feuchte- bzw. der mittleren Stickstoffzahl (mF bzw. mN) einer Aufnahme geschah durch Mittelung der Feuchte- respektive Stickstoffzahlen aller vorhandenen (präsenten) Arten. Dies hat zur Folge, dass auch Arten, die nur mit der Artmächtigkeit « + » vorkommen, voll berücksichtigt werden, denn sie sind ja vorhanden. Das gleiche gilt auch für «(+)», denn auch diese Arten wachsen in der gleichen Pflanzengemeinschaft, nur zufällig etwas ausserhalb der untersuchten Fläche.

Um die Gesellschaften hinsichtlich der Feuchte- und Stickstoffzahlen zu charakterisieren, wurde nicht von den Stetigkeitsprozenten, sondern von den Einzelbeständen ausgegangen. Durch dieses Vorgehen wird es möglich, die F- und die N-Spanne der Gesellschaften sowie die Häufigkeit der einzelnen mittleren Feuchte- bzw. mittleren Stickstoffzahlen innerhalb einer Gesellschaft graphisch darzustellen (siehe S. 40–44). Der Durchschnitt der mittleren Feuchtezahlen wurde in Anlehnung an F. H. MEYER (1957) mit dmF abgekürzt, der Durchschnitt der mN mit dmN.

II. Bodenkundliche Methoden

1. Bestimmung der reellen und der scheinbaren Dichte

Die reelle Dichte ρ_r, d.h. die Dichte der festen Bodenteilchen, wurde an zwei Bodenproben aus der Tiefe 0–10 cm des Profils B2 durch Pyknometrieren bestimmt. Da sich die für diese humusreichen Proben ergebenden Werte (2,58 und 2,60 g/cm³) nicht stark von der durchschnittlichen reellen Dichte von Mineralböden in der Schweiz (2,61 g/cm³, BURGER 1922) unterschieden, wurde auf die Bestimmung der reellen Dichte der weiteren Proben verzichtet. In allen Berechnungen wurde für die reelle Dichte der Wert 2,6 g/cm³ eingesetzt.

Zur Bestimmung der scheinbaren Dichte ρ_a, d.h. des Quotienten zwischen Masse der festen Bodenteilchen und Summe der Volumina aller Phasen, wurden mit Burgerzylindern von 1 Liter in 0–10 cm, im *Colchico-Mesobrometum* auch in 10–20 cm Tiefe, Proben entnommen.

Für beide Messungen wurden Steine, die einen Durchmesser von mehr als 1-2 cm hatten, aus den Proben entfernt.

2. Messung der Wasserbindung (Saugspannung)

Die Wasserbindung ist die Kraft, mit der Wasser im ungesättigten Boden festgehalten wird. – Experimentell wird sie dadurch bestimmt, dass man in einer Druckapparatur einen bestimmten Druck auf wassergesättigte Bodenproben einwirken lässt. Dadurch werden sie teilweise entwässert. Das Wasser, das beim betreffenden Druck in den Proben zurückbleibt, wird mit einer Bindung festgehalten, die gleich oder grösser als der angewendete Entwässerungsdruck ist.

Die Proben für diese Messungen wurden mit Aushauern (⌀ 5,4 cm) in der Tiefe 0–10 cm, beim *Colchico-Mesobrometum* zudem noch in ca. 10–20 cm, entnommen. Der weitere Arbeitsgang für die Bestimmung der Wasserbindung (= Saugspannung) ist in

Richard und Beda (1953) eingehend beschrieben. Die Saugspannungswerte von 0,345 at ($\simeq$ ⅓ at) wurden mit der «porösen-Platte-Apparatur» nach L. A. Richards, diejenigen von 2 und von 15 at mit der «Druckmembran-Apparatur» ebenfalls nach L. A. Richards bestimmt. Besonders bei der Vorbereitung der Bodenproben für die «Druckmembran-Apparatur» ergaben sich wegen des grossen Skelettgehaltes der Rendzinen Schwierigkeiten. Allzu skelettreiche Proben wurden schon beim Schneiden ausgeschieden, da bei ihnen der für die Messungen nötige gute Kontakt mit der Membran nicht gewährleistet gewesen wäre. Zum Teil wurden auch «gestörte Proben» genommen, d.h. es wurde nur die Feinerde in den Metallring gefüllt. In skelettreichen Böden ist die Feinerde sehr unregelmässig und zusammenhangslos zwischen den Steinen verteilt. Mit einer guten Annäherung an die Feldbedingungen können deshalb Feinerdeproben für die Bestimmung der Saugspannung verwendet werden. Von einem Kontrollboden ist die Beziehung zwischen Wasserbindung und Wassergehalt im voraus bekannt. Von diesem Boden werden bei jeder Wassergehaltsbestimmung an fremden Proben zwei sogenannte Checks mitgenommen, um, auf Grund der für sie erhaltenen Wassergehalte, das technische Funktionieren der Apparatur bei jeder Bestimmung zu überprüfen. Da für jeden Boden pro Druckstufe 6 bis 9 Messwerte erhalten wurden, war es möglich, die Mittelwerte, die Streuung, die Streuung in Prozenten des Mittelwertes und die Standardabweichung des Mittelwertes zu errechnen.

III. Chemische Methoden

1. Bestimmung der Stickstoffmineralisation und des «theoretischen Gewichts der Volumeneinheit»

Prinzip

Die hauptsächlichste Stickstoffquelle der Pflanzen sind das Ammonium und das Nitrat, die durch die *Stickstoffmineralisation* im Boden entstehen. Die Stickstoffmineralisation ist die von Bakterien bewirkte Umwandlung der organischen Stickstoffverbindungen (vor allem Eiweisse), die in totem pflanzlichem und tierischem Material enthalten sind, in die «mineralischen», d.h. anorganischen Stickstoffverbindungen Ammonium und Nitrat.

Der momentane Ammonium- und Nitratgehalt des Bodens stellt kein Mass für die den Pflanzen zur Verfügung stehende Menge dieser Ionen dar; denn die bei der Mineralisation anfallenden Ammonium- bzw. Nitrationen «werden von den Wurzeln grossenteils bereits im Augenblick absorbiert, in dem sie von den Bakterien produziert werden» (Ellenberg 1964). Die Menge der bei der Mineralisation anfallenden Stickstoffverbindungen kann nur experimentell, im sogenannten Brutversuch (Hesselmann 1917, Zöttl 1958), bestimmt werden. Dazu werden Proben des betreffenden Bodens durch Sieben von allen lebenden Wurzeln befreit und dann eine gewisse Zeit lang (z.B. 6 Wochen) bei Bedingungen, die für die Bodenbakterien günstig sind, im Laboratorium inkubiert. In dieser Zeit mineralisieren die Bakterien die im toten pflanzlichen und tierischen Material enthaltenen organischen Stickstoffverbindungen. Ammonium und Nitrat akkumulieren sich dabei in der Bodenprobe, weil sie nicht von Wurzeln absorbiert werden. Die Differenz zwischen dem Gehalt an Ammonium und Nitrat am Anfang der 6 Wochen und dem Gehalt am Ende wird *Stickstoffakkumulation* genannt. Die Summe der im Verlauf des Jahres gemessenen Akkumulationswerte stellt ein ungefähres Mass für die Stickstoffmenge dar, die den Pflanzen im betreffenden Boden zur Verfügung gestanden hätte. Diese Summe wird *Jahresangebot an mineralischem Stickstoff* genannt.

Um den Verhältnissen am Standort näherzukommen und sie somit besser abschätzen zu können, können die gesiebten Bodenproben statt den künstlichen Bedingungen im Laboratorium den natürlichen Bedingungen am Standort ausgesetzt werden.

Technische Durchführung

Zufällig auf einen Streifen von 1 m Breite um die Probefläche verteilt, wurden jeweils 12 kleine Bodenproben gestochen. Von diesen Proben wurde nur der Teil zwischen 2,5 und 7,5 cm (ab Frühling 1966 zwischen 1,5 und 6,5 cm) weiter verwendet. Die so erhaltene Bodenmenge wurde durch ein 4-mm-Sieb gesiebt* und dann gründlich gemischt. Je 140 ml dieser Mischprobe wurden in zwei Plastikbecher gefüllt, die mit gut, aber nicht luftdicht schliessenden Deckeln versehen wurden. Die Becher hatten ein Volumen von 220 ml; unten waren sie mit drei Löchern versehen, damit allenfalls eingedrungenes Wasser abfliessen konnte. Die gefüllten Becher wurden derart am Rand der Probefläche eingegraben, dass der Deckel mit etwa 1 cm Erde und der Grasnarbe bedeckt war. Dabei musste darauf geachtet werden, dass zwischen Becher und Boden ein guter Kontakt bestand. Auf diese Weise war die Bodenprobe den gleichen Temperaturbedingungen ausgesetzt wie der gewachsene Boden des Standortes. Nach 6 Wochen wurden diese «Freilandproben» auf ihren Wasser-, Ammonium- und Nitratgehalt untersucht.

Ungefähr 1,5 kg der oben erwähnten Mischprobe wurden ins Institut mitgenommen. An einem Teil davon wurden folgende Messungen durchgeführt: Wasser-, Ammonium- und Nitratgehalt, pH. Ungefähr 500 ml der Mischprobe wurden in ein 750-ml-Glas gefüllt, das, um das Austrocknen der Bodenprobe zu verhindern, mit schwach angefeuchteter Watte bedeckt wurde. Die so vorbereitete «Feuchtkammerprobe» wurde sodann in eine dunkle Feuchtkammer gestellt. Nach 6 Wochen wurde das Gewicht und das Volumen der zusammengesunkenen Bodenprobe bestimmt. Der Quotient zwischen diesen beiden Messwerten wird «theoretisches Gewicht der Volumeneinheit» genannt (Runge 1965). Diese Grösse ist nicht gleich der reellen und auch nicht gleich der scheinbaren Dichte (siehe S. 34) des Bodens; sie ist die Dichte der Bodenprobe nach 6wöchiger Lagerung. Diese Grösse ermöglicht, die auf die Gewichtseinheit oder 100 g bezogenen Gehalte an Ammonium- oder Nitratstickstoff auf die Gehalte der Volumeneinheit umzurechnen. Nur auf die Volumeneinheit bezogene Werte geben Aufschluss über das Angebot an mineralischem Stickstoff im Wurzelraum.

Nach der Gewichts- und Volumenbestimmung wurde der zusammengesunkene Boden der Feuchtkammerprobe gut gemischt und auf Ammonium und Nitrat analysiert.

Die Differenz zwischen dem Ammonium- bzw. Nitratgehalt in der am Anfang der 6 Wochen analysierten Mischprobe und dem Gehalt in der 6 Wochen am Standort vergrabenen Freilandprobe ergibt die Stickstoffakkumulation unter Freilandbedingungen. Analog erhält man die Stickstoffakkumulation (in 6 Wochen) unter Feuchtkammerbedingungen. Da der Ammonium- und Nitratgehalt in der Mischprobe am Anfang der 6 Wochen erwartungsgemäss so gut wie immer Null war, wurde 1966 auf die Gehaltsbestimmungen in diesen Proben verzichtet und der Gehalt am Ende der 6 Wochen gleich der Stickstoffakkumulation in dieser Zeitspanne gesetzt.

Das Jahresangebot an mineralischem Stickstoff wurde durch Summierung der einzelnen 6-Wochen-Akkumulationswerte berechnet.

---

* Der feuchte und lehmige Boden des *Colchico-Mesobrometum* konnte nicht gesiebt, sondern musste durch das Sieb gedrückt werden, was ein starkes Verdichten und Verkleben bewirkte. Runge (1965) hat gezeigt, dass diese Strukturveränderungen eine Verminderung der Stickstoffmineralisation um 10 % verursachen. Bei den Probe-Entnahmen im Frühling 1966 wurden daher die lehmigen Böden nicht mehr gesiebt, sondern so gut wie möglich zerkleinert und von den Wurzeln befreit.

2. *Stickstoff-Analysen*

Die Ammonium- und die Nitrat-Analysen wurden mit einer 10 oder 20 g ofentrockenem Boden entsprechenden Menge der betreffenden Bodenprobe durchgeführt. Zur Ammonium-Analyse diente die Mikrodiffusions-Methode nach CONVAY (1962), zur Nitrat-Analyse die 2,4-Xylenol-Methode (SCHARRER und SEIBEL 1956), die beide kolorimetrisch arbeiten. Die Absorption wurde mit einem Spektralphotometer gemessen (Beckmann, Modell B). Die meisten Analysen wurden doppelt ausgeführt.

Nach Mitteilung von Herrn Forstinspektor A. ANTONIETTI, Bern, können mit diesen Analysenmethoden nur Gehalte, die grösser als umgerechnet 2 mg Ammonium- bzw. Nitrat-Stickstoff/Liter Boden sind, genau gemessen werden. Bei geringeren Gehalten weichen die einzelnen Messwerte oft mehr als 100% (des Mittelwertes) vom Mittelwert aus 3–5 Bestimmungen ab. Eine einzige Bestimmung oder auch 2 Bestimmungen können daher bei geringen Gehalten keine genauen Zahlenwerte liefern; sie sagen lediglich aus, dass der Gehalt kleiner als der oben erwähnte Grenzwert ist.

3. *Messung des pH-Wertes*

Von der Mischprobe, die zur Bestimmung der Stickstoffmineralisation entnommen worden war, wurden je ca. 50 g in zwei Plastikbecher gefüllt und mit destilliertem Wasser zu einem dickflüssigen, homogenen Brei angerührt. Nach 5 Stunden wurde der Brei kräftig aufgerührt und der pH-Wert mit einer Glaselektrode gemessen (Gerät: Batterie-pH-Meter Metrohm, Typ E 280).

D. Ergebnisse

I. Vegetationsgliederung

1. *Vegetationstabelle*

Da die floristische Zusammensetzung des *Teucrio-Mesobrometum* und des *Colchico-Mesobrometum* von ZOLLER (1947, 1954a, b) schon eingehend untersucht worden ist, kann hier die Analyse der Vegetationstabelle (Tab. 1b im Anhang) kurz gefasst werden. In dieser Tabelle sind die Aufnahmen so angeordnet, dass von links nach rechts die Anzahl der Differentialarten des *Teucrio-Mesobrometum* pro Aufnahme abnimmt, während die Anzahl der Differentialarten des *Colchico-Mesobrometum* in der gleichen Richtung zunimmt. Was die Analyse dieser Tabelle betrifft, so genügt es, darauf hinzuweisen, dass die beiden Assoziationen einerseits eine ganze Reihe von sogenannten «Magerkeitszeigern» wie *Bromus erectus*, *Briza media*, *Koeleria cristata*, *Brachypodium pinnatum*, *Anthyllis vulneraria*, *Thymus pulegioides* und auch viele