# Zur Stickstoff- und Wasserversorgung ungedüngter und gedüngter Feuchtwiesen : ein Nachwort

Autor(en): **Ellenberg, Heinz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich**

Band (Jahr): **41 (1968)**

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-308318

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Zur Stickstoff- und Wasserversorgung ungedüngter und gedüngter Feuchtwiesen – ein Nachwort

von HEINZ ELLENBERG, Göttingen

Die in dieser Veröffentlichung vereinigten Dissertationen von ROLANDO LEÓN (Buenos Aires) und JOHN TREVOR WILLIAMS (London) bilden eine Einheit, so verschieden sie in Sprache, Darstellungsweise und Zielsetzung auch sein mögen. Sie waren von vornherein als parallele Forschungsvorhaben geplant und ergänzen einander ebenfalls in ihrer nun endlich im Druck vorliegenden Form. Zugleich sind sie Teile eines umfassenderen Programms, das mit den Arbeiten von F. H. MEYER (1957) und H. ELLENBERG (1964) begonnen und in der Dissertation von M. RUNGE (1965) sowie in der Diplomarbeit von GIGON (1968) fortgesetzt wurde. Weitere Beiträge sind von ANTONIETTI (Tessiner Waldgesellschaften), YERLY (Kleinseggen- und Kleinbinsen-Gesellschaften), REHDER (alpine und subalpine Rasen), DE RHAM (Westafrikanische Wälder und Savannen), ZAPKE (Hochmoore und Zwischenmoore), WAGNER (Fichtenwälder), RUNGE (Wälder und Wiesen des Solling), ELLENBERG (Waldgesellschaften des Schweizer Mittellandes) und anderen zu erwarten.

LEÓN und WILLIAMS untersuchten Wiesengesellschaften auf feuchten bis nassen Standorten und bezogen solche auf relativ trockenen Standorten vergleichsweise mit ein. Beide erbrachten den Beweis, daß die aus Geländebeobachtungen und floristischen Vergleichen gebildeten Vorstellungen über die Feuchtigkeitsgrade dieser Standorte im großen und ganzen stimmen (s. Tab. 1). Die im Mittelpunkt beider Untersuchungen stehenden Gesellschaften der Ordnung *Molinietalia* leiden selbst in Trockenjahren nicht oder nur sehr kurzfristig unter übermäßigen Saugspannungen des Bodens. Lediglich in den obersten Bodenschichten erreichten die Wasserpotentiale in Trockenperioden des Jahres 1964 mehr als —3 atm, aber niemals das permanente Welkeprozent (PWP, etwa —15 atm). Das Grundwasser oder doch sein Kapillarsaum blieb meistens für die Wurzeln erreichbar und schränkte in den «nassen» Untergesellschaften die Sauerstoffversorgung der Wurzeln ein.

Die in der Literatur verbreitete, aber bereits von ELLENBERG (1963) angezweifelte Meinung, daß sich die Verbände *Molinion* und *Calthion* durch den Grad der Wechselfeuchtigkeit ihrer Böden unterschieden, konnte nicht bestätigt werden. Die Standorte der Pfeifengraswiesen sind nicht durchweg stärker wechselfeucht als die der vergleichbaren Kohldistelwiesen oder anderen gedüngten Feuchtwiesen. Vielmehr sind die Unterschiede im Artengefüge dieser beiden Verbände Folgen der verschieden guten Versorgung mit Nährstoffen, insbesondere mit Stickstoff. Ausgesprochen wechselfeuchte Böden tragen heute allerdings relativ häufig Pfeifengraswiesen, weil sich dort die Düngung weniger lohnt als auf gleichmäßiger mit Wasser versorgten Standorten.

Tab. 1 Feuchtigkeitsextreme in den Böden verschiedener Wiesengesellschaften (abgerundete Werte für 1963 und 1964 nach LEÓN und WILLIAMS)

| Gesellschaften | Grundwasserstände höchste (cm) | Grundwasserstände tiefste (cm) | Grundwasserschwankung größte (cm) | Grundwasserschwankung geringste (cm) | Saugspannung Maximum (—atm) |
|---|---|---|---|---|---|
| Halbtrockenrasen | | | | | |
| *Mesobrometum alluviale*[1] | 55 | >150 | >100 | | >15 |
| Kalk-Pfeifengraswiesen | | | | | |
| *Molinietum* | | | | | |
| – trocken | 0–70 | 170–180 | 160 | 85 | 1–5,5 |
| – mäßig feucht | 0–15 | 115–135 | 135 | 90 | 2 |
| – feucht (typisch) | +5–15 | 60–140 | 135 | **45** | 2–3 |
| – *schoenetosum*[1] | 0 | 125 | 125 | | |
| – *juncetosum*[1] | 0 | 120 | 120 | | 1 |
| Saure Pfeifengraswiesen | | | | | |
| *Junco-Molinietum* | | | | | |
| – trocken[1] | 35 | >180 | >145 | | |
| – feucht (typisch)[1] | 35 | 70 | **35** | | 7 |
| – naß[1] | 5 | 55 | 50 | | |
| Gedüngte Feuchtwiesen (WILLIAMS) | | | | | |
| *Cirsium oleraceum*-Gesellschaft | | | | | |
| – relativ trocken[1] | 45 | 100 | 55 | | 13 |
| – typisch[1] | 50 | 95 | **45** | | <10 |
| – naß[1] | 5 | 40 | 35 | | 5 |
| Kleinseggenrieder | | | | | |
| *Caricetum davallianae* | 0 | 45–90 | 90 | 45 | |
| *Schoenetum ferrugineae* | | | | | |
| – typisch[1] | +5 | 150 | 155 | | 4 |
| – am Hang[1] | 0 | 50 | 50 | | |
| *Caricetum canescenti-fuscae*[1] | +5 | 65 | 70 | | 0,3 |
| Großseggenried | | | | | |
| *Caricetum elatae*[1] | +10 | >110 | >120 | | |

[1] Nur eine Meßstelle

Hauptgegenstand beider Dissertationen war die Mineralstickstoff-Nachlieferung der Böden unter Feldbedingungen im Vergleich zu derjenigen im Laboratorium, d.h. bei konstanter und günstiger Temperatur (20 °C, siehe ELLENBERG, 1964). Da die Temperaturen der Böden im Gelände meistens niedriger blieben, wurde in ihnen durchweg weniger $NH_4$ bzw. $NO_3$ akkumuliert als in den Parallelproben bei 20 °C. In jedem Falle aber zeigte sich, daß die Standorte der «ungedüngten Feuchtwiesen», namentlich der Pfeifengraswiesen

Tab. 2 Ungedüngte Wiesengesellschaften: Ungefähres Mineralstickstoffangebot pro Hektar und Jahr unter Feldbedingungen

| Gesellschaften | Autor | kg/ha/J |
|---|---|---|
| Kalk-Halbtrockenrasen | | |
| *Teucrio-Mesobrometum* | G | 20–30* (<) |
| *Colchico-Mesobrometum* | G | 20–30* (>) |
| *Mesobrometum alluviale* | L | 10 |
| Kalk-Pfeifengraswiesen | | |
| *Molinietum* | | |
| – trocken | L | 0 |
| – mäßig feucht | L | 2–15 |
| – feucht | L | 5–40* |
| – *schoenetosum* | L | 0 |
| – *juncetosum* | L | 0–30* |
| Saure Pfeifengraswiesen | | |
| *Junco-Molinietum* | | |
| – trocken | L | 0 |
| – feucht | L | 1 |
| – naß | L | 8 |
| Kalk-Kleinseggenrieder | | |
| *Caricetum davallianae* | L | 0–5 |
| *Schoenetum ferrugineae* | | |
| – typisch | L | 40* |
| – am Hang | L | 0 |
| Saures Kleinseggenried | | |
| *Caricetum canescenti-fuscae* | L | 0 |
| Großseggenried | | |
| *Caricetum elatae* | L | >30* |

Anmerkung: G = A. GIGON, L = R. LEÓN, (<) = wohl weniger, (>) = wohl etwas mehr, * = nicht mehr gemäht

(*Molinion*) und Kleinseggenrieder (*Caricion davallianae* und *Caricion canescenti-fuscae*), außerordentlich arm an pflanzenverfügbarem Stickstoff sind, während die «gedüngten Feuchtwiesen» (*Calthion* bzw. *Bromion racemosi*) ebenso wie die Glatthaferwiesen (*Arrhenatherion*) in dieser Hinsicht wesentlich günstigere Bedingungen genießen (vgl. Tab. 2 und 3). Auch die Böden der Kalk-Halbtrokkenrasen (*Mesobromion*) sind stickstoffarm, wie die Stichproben von LEÓN und GIGON übereinstimmend ergaben (Tab. 2).

In der durch die Bodenfeuchtigkeit verursachten Stufenfolge: Glatthaferwiese – relativ trockene Kohldistelwiese – typische Kohldistelwiese – nasse Kohldistelwiese nimmt die Mineralstickstoff-Nachlieferung unter vergleichbaren Bedingungen stetig ab (s. Tab. 3). Nach WILLIAMS entspricht dieser Ab-

Tab. 3 Gedüngte Feuchtwiesen: Ungefähres Mineralstickstoffangebot pro Hektar und Jahr unter Feldbedingungen

| Gesellschaften | Autor | kg/ha/J |
|---|---|---|
| Glatthaferwiesen | | |
| *Arrhenatheretum typicum* | W | 135–260 |
| Kohldistelwiesen | | |
| *Cirsium oleraceum*-Gesellschaft | | |
| – frisch | W | 80–210 |
| – feucht | W | 45–170 |
| – naß | W | 25– 70 |
| Waldsimsenwiese | | |
| *Scirpus silvaticus*-Bestände | W | 70 |

Anmerkung: W = WILLIAMS

nahme in der N-Versorgung auch eine Abnahme in der Substanzproduktion der Wiesen. Hauptursache beider Erscheinungen dürfte die zunehmende Einschränkung des Wurzelraumes und der durchlüfteten Bodenschicht durch das immer höher anstehende Grundwasser sein. Jedenfalls konnten sowohl LEÓN als auch WILLIAMS an ihrem Material bestätigen, daß gute Durchlüftung bei ausreichender Wasserversorgung insbesondere die Nitrifikation fördert.

Die Zahlen in den Tabellen 2 und 3 sind allerdings nur in der Größenordnung, nicht im einzelnen vergleichbar, da sich die Jahressummen der $NH_4$- und $NO_3$-Akkumulationen aus den verfügbaren Unterlagen nur näherungsweise ermitteln ließen. Sie wurden aus den ursprünglich gewichtsmäßig bestimmten (mg N/100 g Boden) und mit Hilfe des scheinbaren spezifischen Gewichtes der Böden auf Frischvolumen umgerechneten Werten (mg N/l) pro Hektar berechnet (kg N/ha), indem vorausgesetzt wurde, daß die für rund 5 cm Bodentiefe laufend gemessenen Werte bis etwa 20 cm Tiefe gültig sind. Nach den Stichproben von LEÓN und WILLIAMS erscheint diese vereinfachende Annahme für Feuchtwiesen berechtigt, wenn sie auch sicher zu sehr schematisiert. Die jeweils in 6 Wochen akkumulierten $NH_4$- bzw. $NO_3$-Mengen wurden über das ganze Jahr addiert (kg N/ha/Jahr), weil nicht sicher bekannt ist, welcher Teil des in der kalten Jahreszeit produzierten Mineralstickstoffs noch von den Pflanzenwurzeln ausgenutzt werden kann und welcher nicht. Auf diese Weise ergeben sich Maximalwerte, die über die tatsächliche N-Versorgung der Wiesenbestände wahrscheinlich mehr oder weniger weit hinausgehen.

Immerhin liegen die so erhaltenen Werte für die gedüngten Feuchtwiesen in einer Größenordnung, die auch für Waldböden von mittlerer bis hoher Produktionskraft gefunden wurde. In schweizerischen Laubwaldböden werden nach ELLENBERG (unveröff.) etwa 50–200 kg/ha/Jahr akkumuliert, und in dem von RUNGE (unveröff.) besonders sorgfältig untersuchten Boden eines Hainsimsen-Buchenwaldes (*Luzulo-Fagetum typicum*) im Solling westlich Göttingen betrug die Jahressumme an akkumuliertem Mineralstickstoff sowohl 1967 als auch 1968 ziemlich genau 100 kg/ha/Jahr. Die bei intensiver Wiesenwirtschaft jährlich aufgewendeten Düngermengen bewegen sich ebenfalls in ähnlichen Be-

reichen (60–120 kg N/ha/Jahr). Sie entsprechen annähernd den tatsächlich mit dem geernteten Heu entzogenen Stickstoffmengen.

Zwischen den Düngergaben und der im Brutversuch gemessenen N-Akkumulation besteht nach WILLIAMS kein einfacher und direkter Zusammenhang. Schon kurze Zeit nach einer Düngung erwies sich der aktuelle Gehalt an $NH_4$ oder $NO_3$ im Boden als nur unwesentlich erhöht. Die Düngung bereichert aber den Stoffkreislauf und führt dazu, daß Ammonifikation und Nitrifikation in gedüngten Wiesenböden ungefähr mit der gleichen Intensität verlaufen wie in vergleichbaren Waldböden. Ihre ammonifizierende oder nitrifizierende Kraft bleibt den gedüngten Wiesenböden auch dann erhalten, wenn sie einige Monate oder ein Jahr lang keine Stoffzufuhr erhalten.

Die meisten der von LEÓN und WILLIAMS untersuchten Wiesenböden haben neutrale bis schwach saure Reaktion, bieten also in dieser Hinsicht günstige Bedingungen für die Nitrifikation. Tatsächlich war die Nitratbildung in den meisten Fällen während des ganzen Jahres relativ so stark, daß nur ausnahmsweise mehr Ammonium als Nitrat akkumuliert wurde. Insbesondere gilt dies für die gedüngten Wiesenböden; in den von LEÓN studierten, teilweise viel nasseren Böden ungedüngter Seggenrasen überwog zeitweilig die $NH_4$-Ansammlung, offenbar, weil es an Sauerstoff mangelte. WILLIAMS bewies den nitrifikationshemmenden Einfluß von $O_2$-Entzug in einigen seiner Böden auch experimentell. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhange die von beiden Autoren unabhängig voneinander gefundene Tatsache, daß im oberen Bereich des Grundwassers oft reichlich $NO_3$ angesammelt wird. Wie WILLIAMS im Laboratorium zeigte, kann hier sogar Nitrifikation stattfinden. Diese Erscheinung wäre es wert, näher untersucht zu werden.

Im Gegensatz zu den Düngewiesen werden den ungedüngten Streuewiesen Jahrzehnte oder Jahrhunderte hindurch immer wieder N-haltige Substanzen mit der Ernte entzogen, ohne daß sie von Zeit zu Zeit ersetzt würden. Da auch kein Bestandesabfall auf den Boden gelangt, der den Stickstoff – ähnlich wie die Blattstreu im Walde – wieder in den Kreislauf zurückführen könnte, verarmt der Boden mehr und mehr. Unter dauernd genutzten Streuewiesen ist infolgedessen sowohl der aktuelle Gehalt des Bodens an $NH_4$ und $NO_3$ als auch seine ammonifizierende und nitrifizierende Kraft praktisch gleich Null, wie LEÓN an zahlreichen Beispielen und zu allen Jahreszeiten während beider Untersuchungsjahre fand. Wo sich höhere Werte ergaben, z. B. im Falle eines Kopfbinsenrieds (*Schoenetum ferrugineae*) und einiger Kalk-Pfeifengraswiesen (s. Tab. 2), handelte es sich stets um Bestände, die schon seit einigen Jahren nicht mehr gemäht wurden und auf deren Boden organischer Abfall eine zunehmend dicke Schicht bildete.

Trotz der Stickstoffarmut ihrer Böden sind alljährlich zur Gewinnung von Stallstreu gemähte Wiesen, insbesondere Pfeifengraswiesen (*Molinietum* und *Junco-Molinietum*), erstaunlich ertragreich. Jahrzehntelang geben sie ohne jede Düngung Strohernten, deren Trockensubstanzmenge derjenigen mittelmäßig gedüngter Futterwiesen kaum nachsteht. Wie ist dies zu erklären? Unter Hin-

weis auf Analysen von CHWASTEK betont LEÓN, daß der vergilbte Aufwuchs von Streuewiesen, namentlich von *Molinia coerulea*, zur Schnittzeit im Herbst fast nur noch Kohlenhydrate enthält, während Stickstoff, Phosphor und andere Nährstoffe in die unterirdischen Organe abgewandert sind. Die Pflanzen der Streuewiesen, insbesondere das Pfeifengras, haben also einen sehr wirksamen «inneren Stickstoff-Kreislauf», der ihnen die alljährlich zum Eiweiß-Aufbau nötige Menge an N (sowie an P) sichert, und sind nicht auf die N-Mineralisation des Bodens angewiesen. Dies gilt freilich nur unter der Voraussetzung, daß sie ihren Lebenszyklus ungestört abschließen können und weder durch zu frühe Mahd noch durch Tierfraß vorzeitig Eiweißstoffe verlieren.

Die Wurzeln von *Molinia* und anderen Streuewiesenpflanzen haben (nach eigenen, noch unveröffentlichten Untersuchungen) eine wesentlich längere Lebensdauer als diejenigen von Gräsern wie *Arrhenatherum*, *Dactylis*, *Poa trivialis* und anderen, die auf früh und öfters geschnittenen Wiesen vorherrschen. Bei den letzteren sterben die im Vorjahr gebildeten Wurzeln während des Herbstes und Winters großenteils ab und werden bereits vom Vorfrühling an durch neue ersetzt. Infolgedessen fällt im Boden von Futterwiesen in jedem Frühjahr und teilweise auch schon im Herbst reichlich totes eiweißhaltiges Material an. Dies ermöglicht die Spitzenwerte der $NH_4$- und $NO_3$-Akkumulation, die WILLIAMS und LEÓN in den Böden vieler von ihnen untersuchter Wiesen sowohl im Freiland als auch im Laboratorium, also unabhängig von den Temperaturbedingungen, fanden. Die Böden von Halbtrockenrasen (*Mesobromion*) stehen in dieser Hinsicht anscheinend zwischen denen der ebenfalls ungedüngten, aber an Leguminosen ärmeren Streuewiesen und denen der Futterwiesen. GIGON (1968) fand hier Höchstwerte der $NO_3$-Akkumulation im Mai und Juni, während zu allen übrigen Jahreszeiten keine meßbaren Mengen an Mineralstickstoff anfielen.

Wie bei LEÓN und WILLIAMS lag übrigens die Grenze der Meßgenauigkeit bei GIGONS Untersuchungen bei 2 mg/l Boden bzw. bei etwa 0,2 mg/100 g Boden. Die meisten Messungen von LEÓN bewegten sich innerhalb oder in der Nähe dieser Fehlergrenze. Die negativen Werte, die LEÓN nicht selten nach 6wöchiger Bebrütung erhielt, besagen, daß der anfänglich festgestellte aktuelle Gehalt an $NH_4$ oder $NO_3$ verbraucht wurde, ohne daß er während dieser Zeit von den Wurzeln höherer Pflanzen hätte aufgenommen werden können. In diesen Fällen haben sehr wahrscheinlich Bakterien den Stickstoff in ihrer eigenen Körpersubstanz vorübergehend festgelegt, eine Erscheinung, die man bei N-armen Bodenproben häufig beobachten kann. Sie wird dadurch ausgelöst, daß die Aufbereitung der Proben, insbesondere das Lockern bei der Entnahme oder gar beim Sieben, einen besseren Sauerstoff-Zutritt ermöglicht. Das spricht nicht gegen die Brauchbarkeit der Bebrütungsmethode im allgemeinen, läßt aber eine mindestens 6wöchige Dauer der Bebrütung unbedingt geraten erscheinen.

Diese allgemeinen und methodischen Bemerkungen mögen die Arbeit von LEÓN und WILLIAMS ergänzen, die im übrigen zahlreiche weitere Ergebnisse brachten, auf die hier nicht eigens hingewiesen werden kann.

# Literatur

ELLENBERG, H., 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart, 943 S.
– 1964: Stickstoff als Standortsfaktor. Ber.Dtsch.Botan.Ges. *77*, 82–92.
GIGON, A., 1968: Stickstoff- und Wasserversorgung von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion) im Jura bei Basel. Ber.Geobot.Inst.ETH, Stiftg. Rübel, Zürich *38*, 28–85.
LEÓN, R., 1968: Balance d'eau et d'azote dans les prairies à litière des alentours de Zurich. Veröff.Geobot.Inst.ETH. Stiftg. Rübel, Zürich *41*, 2–67.
MEYER, F.H., 1957: Über Wasser- und Stickstoffhaushalt der Röhrichte und Wiesen im Elballuvium bei Hamburg. Mitt.Staatsinst.Allg.Bot., Hamburg *11*, 137–203.
RUNGE, M., 1965: Untersuchungen über die Mineralstickstoff-Nachlieferung an nordwestdeutschen Waldstandorten. Flora *155*, 353–386.
WILLIAMS, J.T., 1968: The nitrogen relations and other ecological investigations on wet fertilised meadows. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftg. Rübel, Zürich *41*, 69–193.