

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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 63 (1977)

Artikel: Stickstoff-Düngungseinflüsse von Intensiv-Grünland auf Streu- und Moorwiesen

Autor: Boller-Elmer, Karin Christine

Kapitel: E: Standortsfaktoren

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308522>

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: 23.12.2025

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

E. STANDORTSFAKTOREN

1. Charakterisierung der Transsekten (unter Ausschluss des Stickstoff-Faktors)

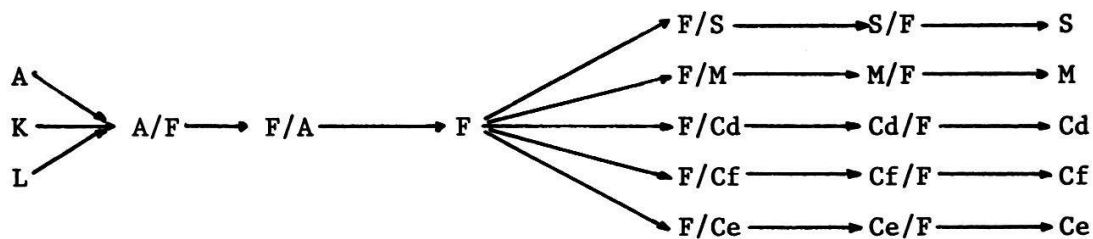
Bevor die Stickstoffverhältnisse in Boden und Pflanzen entlang der einzelnen Transsekten dargestellt werden, soll ein Ueberblick über Vegetation, Bewirtschaftung und Bodeneigenschaften gegeben werden (Fig. 5 - 19). Jede Figur enthält auf 5 Diagrammen die Charakteristika einer Transsekte oder von zwei (G II & G III; R V & R VI) bzw. drei (R I - R III) direkt zu vergleichenden Transsekten.

Im folgenden wird für jeden dargestellten Faktor besprochen, welche Tendenzen sich im allgemeinen entlang den Transsekten zeigen, und welche Besonderheiten bei einzelnen Punkten beachtenswert sind.

UEBERSICHT UEBER VEGETATION, BODENTYP UND BEWIRTSCHAFTUNG (DIAGRAMME A)

Vegetationseinheiten: Die Vegetation wurde im vorangegangenen Kapitel im Detail besprochen; um einen Ueberblick über den pflanzensoziologischen Aspekt der Transsekten zu geben, werden hier die den einzelnen Fixpunkten aufgrund der Vegetationsaufnahmen zugeteilten Vegetationseinheiten nochmals dargestellt.

Die typische Abfolge der Assoziationen vom nährstoffreichen, gedüngten Anfang zum nährstoffarmen Ende der Transsekte sieht wie folgt aus:



(Abkürzungen: s. Fig. 5 - 19.)

Die untersuchten Fixpunkte entlang einer Transsekte enthalten meistens nur einen Ausschnitt der Sequenz.

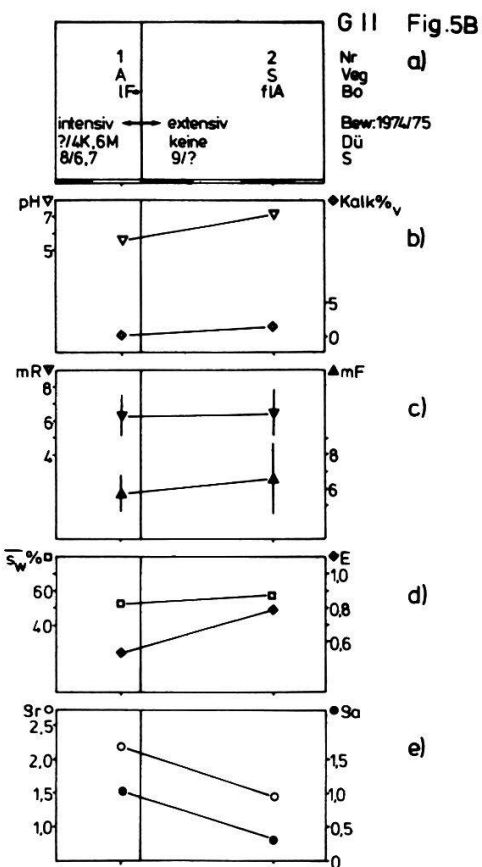
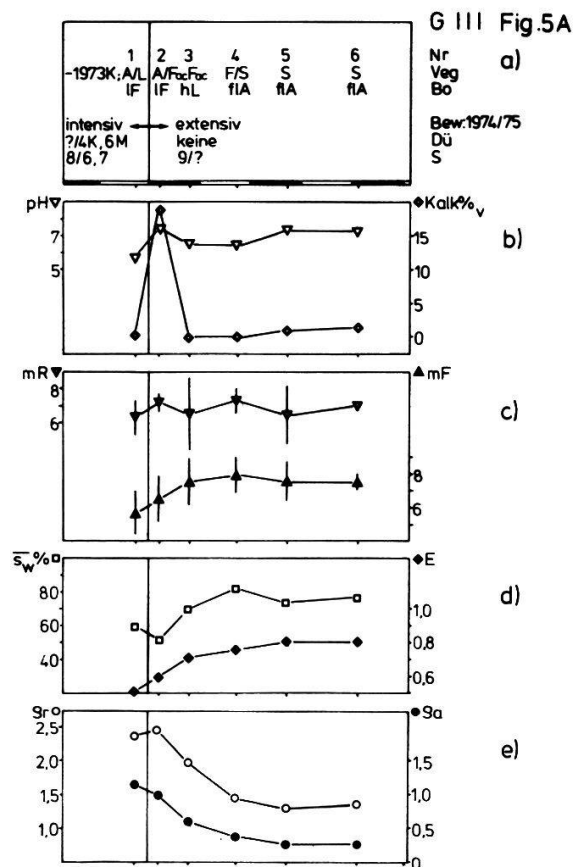


Fig.5-19: Charakteristika der Transsekte (ohne Stickstoff)

G I, G II, ... etc = Bezeichnung der Transsekte

a) Nr: Numerierung der Fixpunkte

Veg: Vegetationseinheit

- A Arrhenatheretum (s.l.)
- Ca Caricetum davallianae (s.l.)
- Ca Caricetum elatae
- Ca Caricetum canescens-fuscae (s.l.)
- Ca Caricetum lasiocarpae (s.l.)
- F Valeriano-Filipenduletum
- Fac " " - Carex acutiformis-Ausbildung
- F* " " - Carex elata-Ausbildung
- F* " " - Iris sibirica-reiche Ausbildung
- JMac Junco-Molinietum, Carex acutiformis-reich
- K Äcker
- L Lolio-Cynosuretum
- M Stachyo-Molinietum
- R Rhynchosporietum albae
- S Primulo-Schoenetum

Bo: Bodentyp im Hauptwurzelhorizont

L = Lehm, t = lehmig

M = Mull, m = mullig

H = Humus, h = humos

F = Feinsand, f = feinsandig

A = Anmoor, a = anmoorig

T = Torf, t = torfig

Bew: Bewirtschaftung

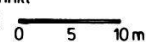
1-12 = Januar-Dezember

vor Schrägstrich = 1974/nach Schrägstrich = 1975

Dü = Düngung (J = Jauche, M = Mist, K = Kunstdünger, KS = Klärschlamm)

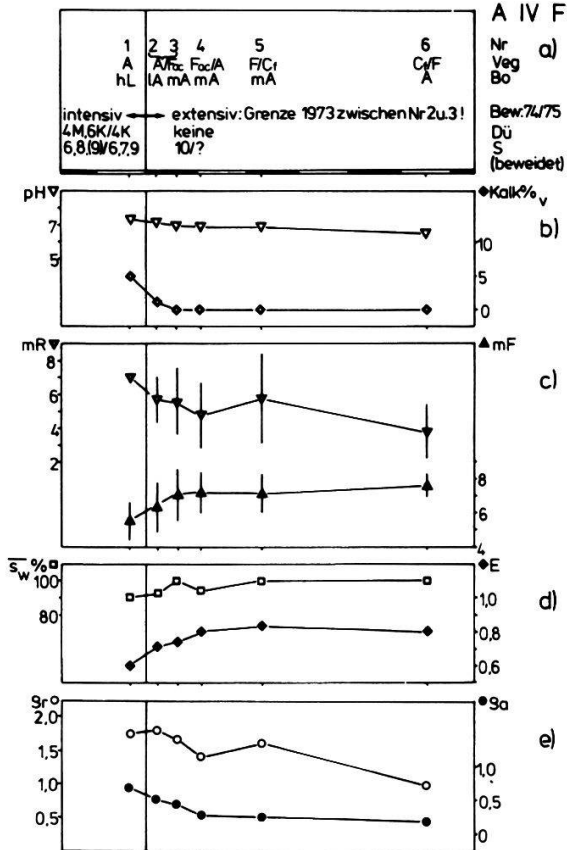
S = Schnitt

Massstab:

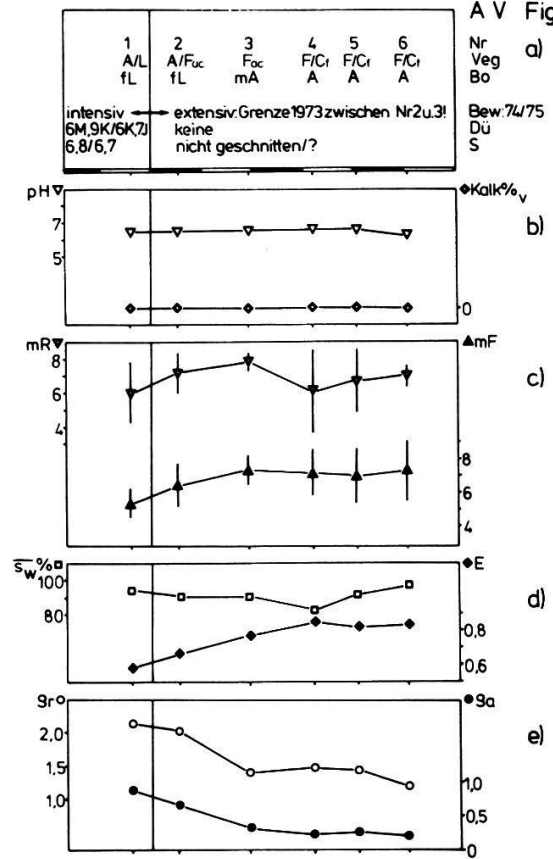


- b) ▽ Bodenreaktion (pH, in wässriger Suspension)
- ♦ Kalkgehalt (in Volumenprozent)
- c) ▽ mR = mittlerer Reaktionswert
- ▲ mF = mittlerer Feuchtwert
- d) □ \bar{S}_w = mittlerer Wassersättigungsgrad (in % des Porenvolumens)
- ♦ E = Porosität (Porenvolumen pro Bodenvolumen, $0 < E < 1$)
- e) ○ ρ_r = reelle Dichte in g/ml
- ρ_a = apparente Dichte in g/ml

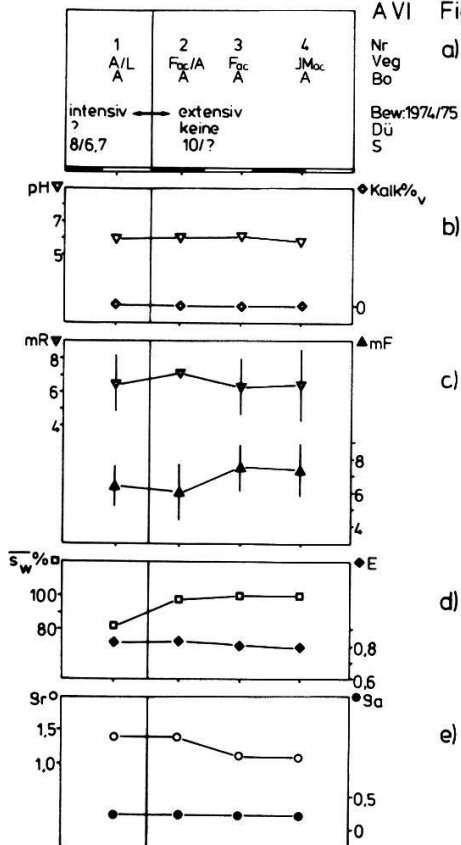
A IV Fig.7



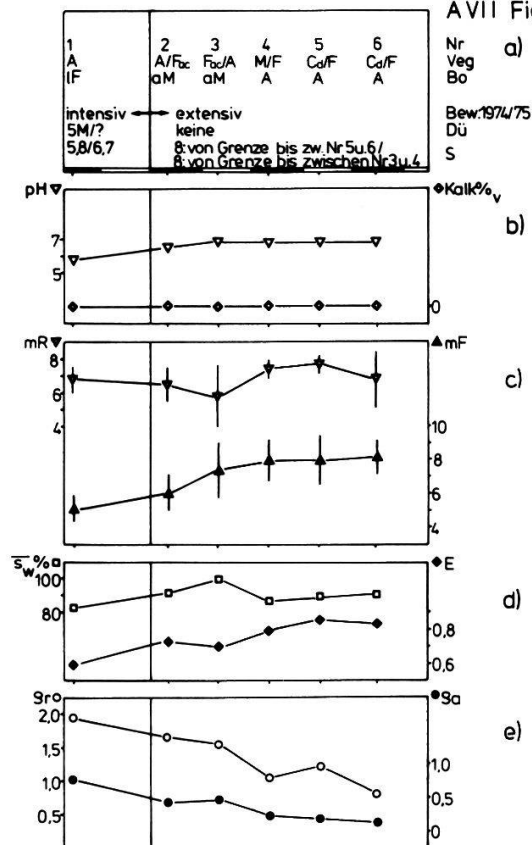
A V Fig.8

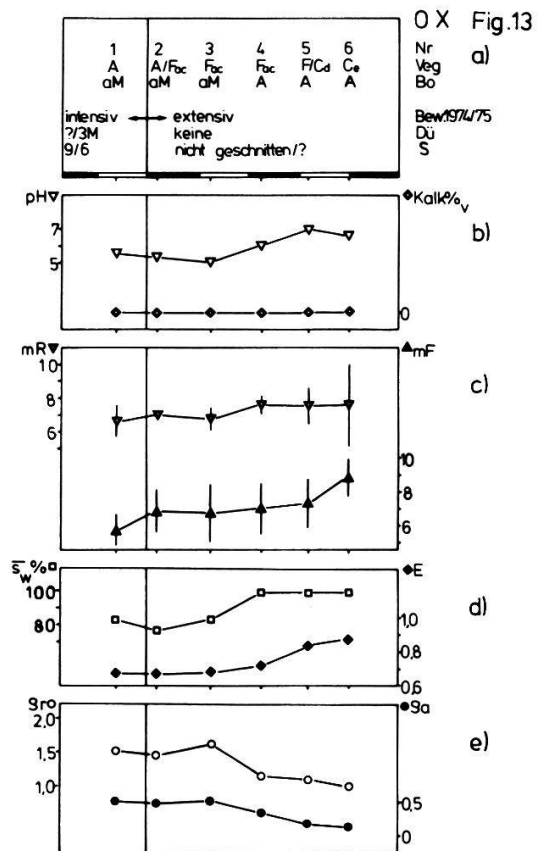
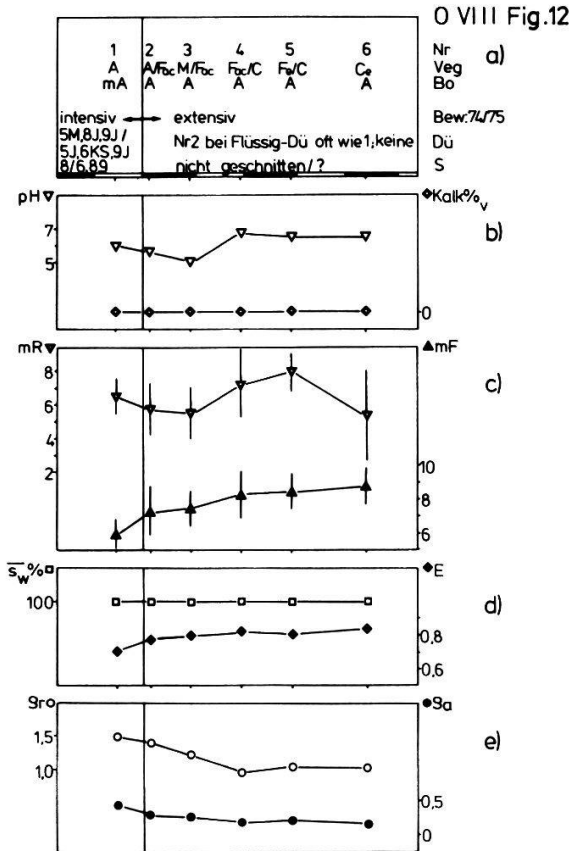
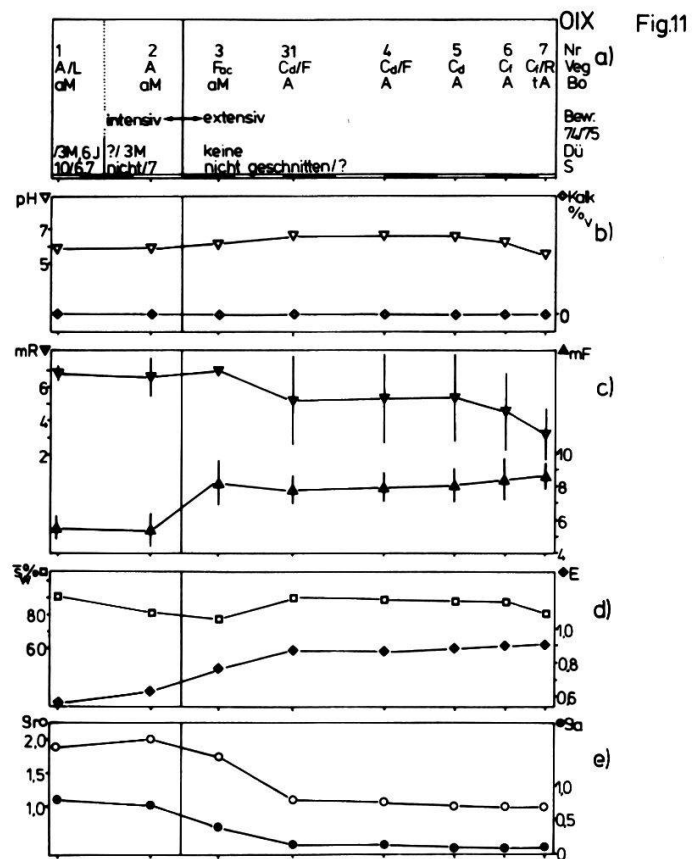


A VI Fig.9



A VII Fig.10





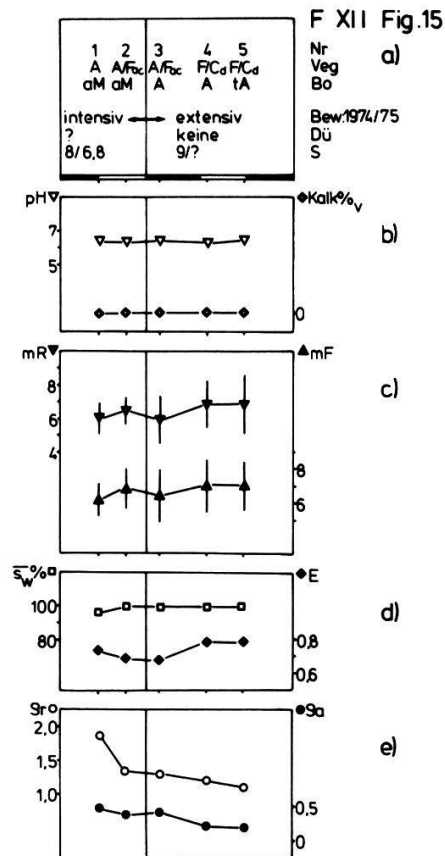
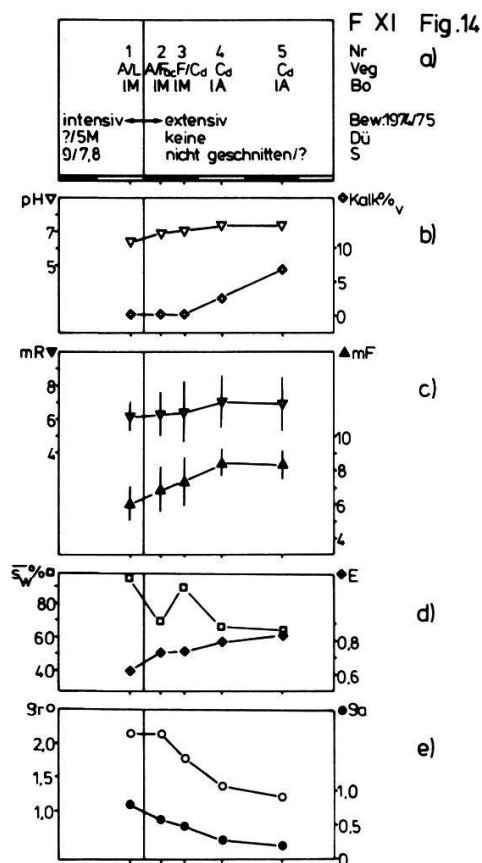


Fig.5-19: Charakteristika der Transekte (ohne Stickstoff)

G I, G II, ... etc = Bezeichnung der Transekte

a) Nr: Numerierung der Fixpunkte

Veg: Vegetationseinheit

- A Arrhenatheretum (s.l.)
- Cd Caricetum davallianae (s.l.)
- Ce Caricetum elatae
- Cf Caricetum canescens-fuscae (s.l.)
- Ci Caricetum lasiocarpae (s.l.)
- F Valeriano-Filipenduletum
- Fac " " -Carex acutiformis-Ausbildung
- Fe " " -Carex elata-Ausbildung
- F* " " -Iris sibirica-reiche Ausbildung
- JMac Junco-Molinietum, Carex acutiformis-reich
- K Äcker
- L Lolio-Cynosuretum
- M Stachyo-Molinietum
- R Rhynchosporietum albae
- S Primulo-Schoenetum

Bo: Bodentyp im Hauptwurzelhorizont

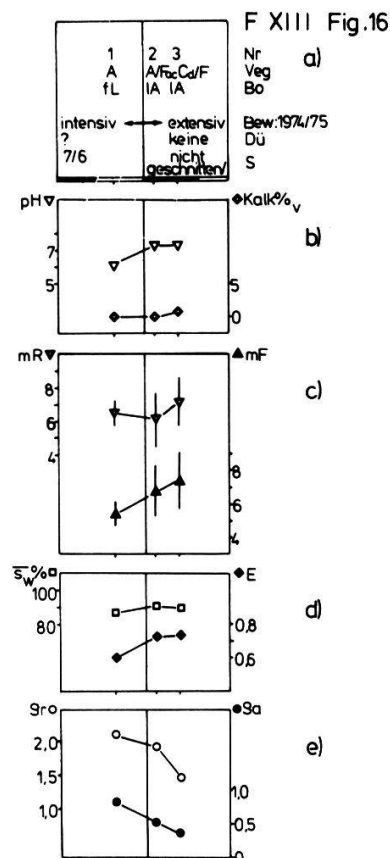
- L = Lehm, l = lehmig
- M = Mull, m = mullig
- H = Humus, h = humos
- F = Feinsand, f = feinsandig
- A = Anmoor, a = anmoorig
- T = Torf, t = torfig

Bew: Bewirtschaftung

- 1-12 = Januar-Dezember
- vor Schrägstrich = 1974/nach Schrägstrich = 1975
- Dü = Düngung U = Jauche, M = Mist, K = Kunstdünger, KS = Klärschlamm
- S = Schnitt

Massstab: 0 5 10 m

- b) ▽ Bodenreaktion (pH in wässriger Suspension)
- ◆ Kalkgehalt (in Volumenprozent)
- c) ▽ mR = mittlerer Reaktionswert
- ▲ mF = mittlerer Feuchtwert
- d) ■ \bar{S}_w = mittlerer Wassersättigungsgrad (in % des Porenvolumens)
- ◆ E = Porosität (Porenvolumen pro Bodenvolumen, $0 < E < 1$)
- e) ○ g_r = reelle Dichte in g/ml
- g_a = apparente Dichte in g/ml



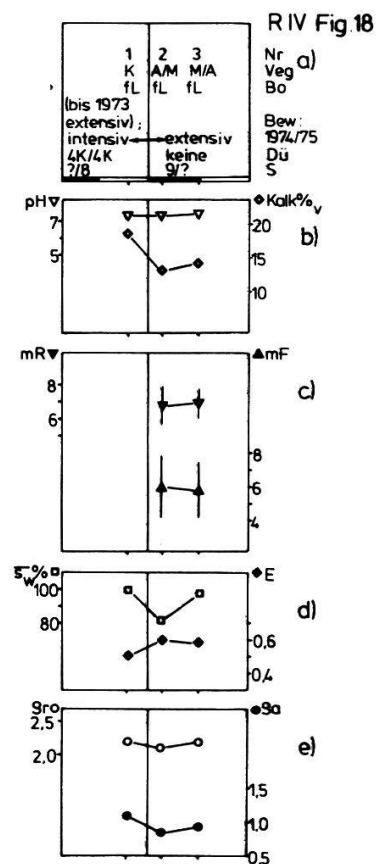
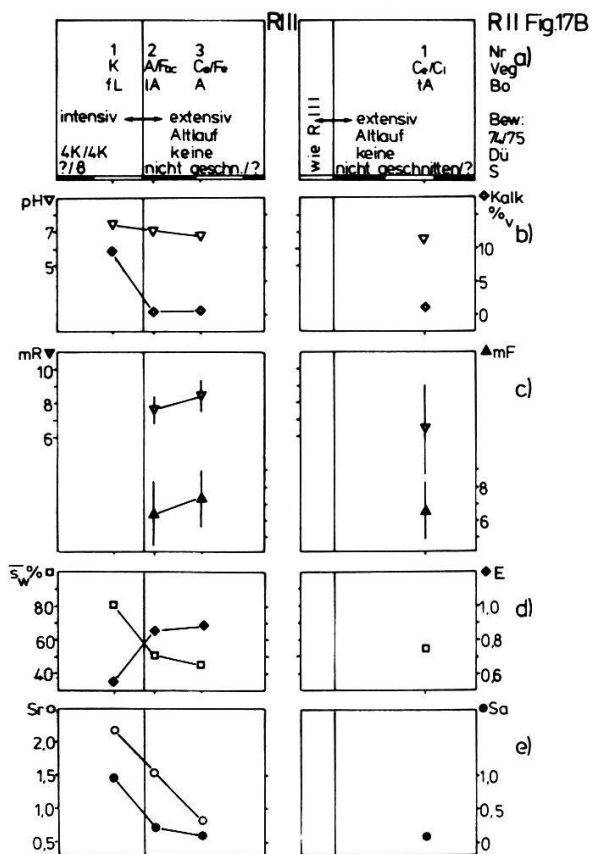
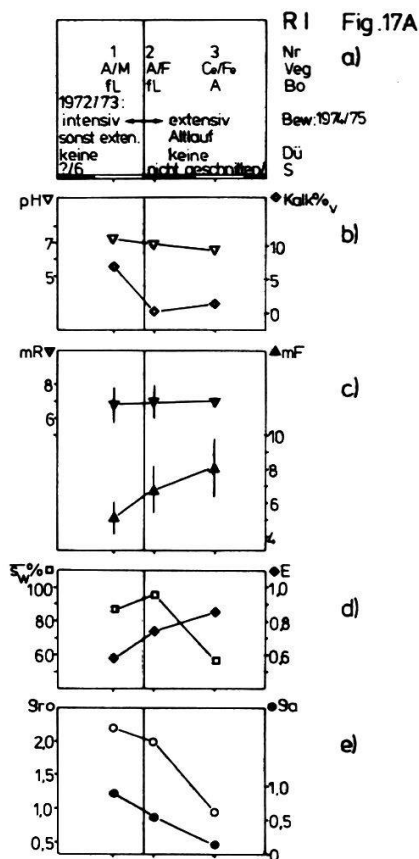


Fig.549: Charakteristika der Transekte (ohne Stickstoff)

G I, G II, ... etc = Bezeichnung der Transekte

a) Nr: Nummerierung der Fixpunkte

Veg: Vegetationseinheit

- A Arrhenatheretum (s.l.)
- Ca Caricetum davallianae (s.l.)
- Ca Caricetum elatae
- Cr Caricetum canescens-fuscae (s.l.)
- Cl Caricetum lasiocarpae (s.l.)
- F Valeriano-Filipenduletum
- Fac " " - Carex acutiformis-Ausbildung
- Fe " " - Carex elata-Ausbildung
- F* " " - Iris sibirica-reiche Ausbildung
- JMac Junco-Molinietum, Carex acutiformis-reich
- K Äcker
- L Lolio-Cynosuretum
- M Stachyo-Molinietum
- R Rhynchosporietum albae
- S Primula-Schoenetum

Bo: Bodentyp im Hauptwurzelhorizont

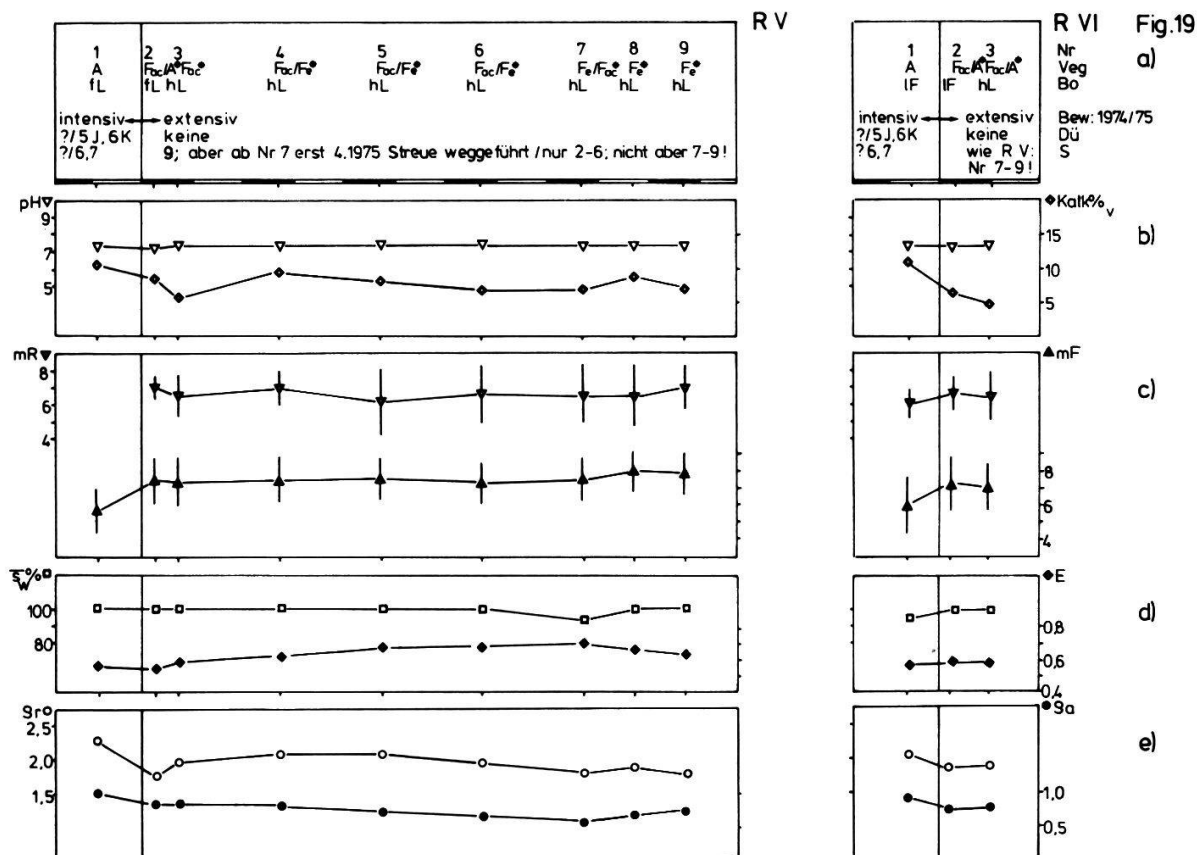
- L = Lehm, l = lehmig
- M = Mull, m = mullig
- H = Humus, h = humos
- F = Feinsand, f = feinsandig
- A = Anmoor, a = anmoorig
- T = Torf, t = torfig

Bew: Bewirtschaftung

- 1-12 = Januar-Dezember
- vor Schrägstrich = 1974/nach Schrägstrich = 1975
- Dü = Düngung (J = Jauche, M = Mist, K = Kunstdünger, KS = Klärschlamm)
- S = Schnitt

Massstab: 0 5 10 m

- b) ▽ Bodenreaktion (pH, in wässriger Suspension)
- ◆ Kalkgehalt (in Volumenprozent)
- c) ▽ mR = mittlerer Reaktionswert
- ▲ mF = mittlerer Feuchtwert
- d) □ \bar{S}_w = mittlerer Wassersättigungsgrad (in % des Porenvolumens)
- ◆ E = Porosität (Porenvolumen pro Bodenvolumen, $0 < E < 1$)
- e) ○ g_r = reelle Dichte in g/ml
- g_a = apparente Dichte in g/ml



Bodentyp: Das intensiv bewirtschaftete Grünland stockt meist auf mineralischen, vorwiegend lehmigen Böden, ebenso die ersten paar Meter der Uebergangszone; zwei Fettwiesen, nämlich A VI 1 und O VIII 1, befinden sich auf organischen Böden. Im Zürcher Oberland folgen organische, typische Riedböden; es handelt sich durchwegs um Anmoor über Niedermoortorf. Im Bereich der Fettwiesen bei G I - G III und A IV liegen, wie bereits erwähnt, kies- und schotterreiche Aufschüttungen vor.

Im Reusstal liegen die Rieder von R I - R III auf anmoorigen Böden, während sie bei R IV - R VI auf lehmigen Alluvialböden stocken, die sich nicht wesentlich von den Böden der angrenzenden Fettwiesen unterscheiden.

Bewirtschaftung: Während der Dauer der regelmässigen Bodenprobenentnahme (Herbst 1974 - Herbst 1975) wurden Notizen zur Bewirtschaftung (Düngung, Schnitt) gemacht. Die Angaben beruhen zum grössten Teil auf eigenen Beobachtungen, da die meisten der befragten Bauern keine genaue Auskunft über die Bewirtschaftung ihrer Flächen geben konnten oder wollten. Auch dort, wo Düngung nicht beobachtet wurde und deshalb Angaben darüber fehlen, dürfte die Fettwiese mindestens zweimal gedüngt worden sein. Wahrscheinlich

wurde dort Kunstdünger oder Jauche ausgebracht. Spuren dieser Dünger sind nach Niederschlägen bald nicht mehr sichtbar.

Wo mir bekannt wurde, dass Schnitt oder Wegfuhr der Streue im Jahr 1973 ausblieben, ist dies ebenfalls angegeben.

BODENREAKTION (pH) UND KALKGEHALT (DIAGRAMME b): Die Bodenreaktion wurde nach jeder Bodenprobenentnahme, d.h. zu fünf verschiedenen, gleichmässig über die Vegetationsperiode verteilten Zeiten, bestimmt. In den Diagrammen 5 b - 19 b wurde der Mittelwert aus den 5 Messungen aufgezeichnet; dessen Streuung betrug pro Fixpunkt maximal ± 0.4 .

Die Bodenreaktion war meist annähernd neutral (Mittelwert aller Fixpunkte 6.7, Standardabweichung davon 0.6). Wie aus der kleinen Standardabweichung hervorgeht, veränderte sich der pH-Wert entlang den Transsekten im allgemeinen nur wenig; grössere Unterschiede zeigten sich nur zwischen verschiedenen Transsekten.

Als Mass für den Kalkgehalt wurde der Karbonat-Gehalt angegeben. Auch er wurde periodisch (insgesamt fünfmal) gemessen, jedoch nur der Mittelwert aufgezeichnet.

Die Böden aus dem Reusstal (ausser den organischen im Altlauf bei Schoren) wiesen durchwegs hohe Kalkgehalte auf. Im Zürcher Oberland war natürlicher Kalkgehalt nur bei F XI 4 und F XI 5 messbar, doch dürfte überall gerade genügend Karbonat aus dem Muttergestein im Grundwasser vorhanden sein, um die Böden zu puffern. Die hohen Kalkgehalte der Böden von G I - G III und von A IV sind den kalkhaltigen Aufschüttungen zuzuschreiben.

Betrachten wir nun die Pufferzonen bei den hier untersuchten Transsekten: Im Reusstal wiesen R V und R VI über den Verlauf der ganzen Transsekte die höchsten beobachteten pH-Werte (7.3 - 7.4) und Kalkgehalte von über 5 Vol. % auf. *Iris sibirica*, eine kalkliebende Pflanze (KLÖTZLI, 1969; ELLENBERG, 1974) kam hier vor und hätte zur assoziationsprägenden Art gewählt werden können (*Irido-Filipenduletum* im Sinne von PASSARGE, 1964). Hier wurde aber der Pufferzonen-Charakter hervorgehoben und die Gesellschaft der *Carex acutiformis*-Ausbildung des *Valeriano-Filipenduletum* zugeordnet. Die tiefsten pH-Werte dieser Untersuchung wurden in den Uebergangszonen von O VIII und O X gemessen: Die Bodenreaktion lag in der entsprechenden

Fettwiese bei 5.5 - 6.0, sank bei den Fixpunkten 0 VIII 3 und 0 X 3 auf 5.0 bzw. 5.1 und stieg an den beiden Orten gegen das Riedinnere, wo sich ein *Caricetum elatae* mit starkem Grundwasser-Einfluss befindet, wieder auf 6.5 an. Fixpunkt 0 X 3 trägt eine typische *Carex acutiformis*-Ausbildung des *Valeriano-Filipenduletum*, 0 VIII 3 weist ebenfalls *Filipendula ulmaria* und *Carex acutiformis* auf, doch dominiert hier *Molinia coerulea* (Deckungsgrad 4).

MITTLERER REAKTIONS- UND FEUCHTEWERT (DIAGRAMME c): Diese gemäss den Angaben von ELLENBERG (1974) anhand der Vegetationsaufnahmen ausgerechneten Mittelwerte wurden hier zum direkten Vergleich mit Bodenreaktion/Kalkgehalt (Diagramme b) bzw. mit Porosität/Wassersättigung (Diagramme d) angeführt. Die aufgezeichnete Streuung zeigt den Schwankungsbereich der Zeigerwerte der einzelnen Arten eines Fixpunktes.

Mittlerer Reaktionswert (mR): Die mittleren Reaktionswerte liegen grösstenteils zwischen 6 und 7 (Mittelwert aus allen Fixpunkten 6.5, Standardabweichung 0.8), d. h. sie zeigen nach der 10-teiligen Skala von ELLENBERG (1974) "schwach saure bis schwach basische Böden" an, was gut mit der durchschnittlichen Bodenreaktion (Mittelwert 6.7, s. oben) übereinstimmt; auch entlang den einzelnen Transsekten zeigen mR- und pH-Werte übereinstimmende Tendenzen. Zu beachten ist allerdings die häufig sehr grosse Streuung der mR-Werte, d. h. die stark unterschiedlichen Zeigerwerte der einzelnen Arten einer Vegetationsaufnahme.

Mehr als der Hälfte der untersuchten Gefässpflanzen schreibt ELLENBERG (1974) eine Reaktionszahl "x" zu, d. h. "indifferentes Verhalten oder ungleiches Verhalten in verschiedenen Gebieten". Diese Pflanzen wurden bei der Berechnung von mR nicht berücksichtigt; der mR-Wert basiert also nur auf einem Teil der vorkommenden Arten.

Mittlerer Feuchtwert (mF): Der mF-Wert lag bei den untersuchten Fettwiesen zwischen 5 und 6. Schon beim ersten oder doch beim zweiten Fixpunkt nach der Bewirtschaftungsgrenze lag der mF-Wert 1 - 3 Einheiten höher (mF = 7 - 9) und stieg dann gegen das Riedinnere nur noch wenig (ausser beim Uebergang von einem *Caricetum davallianae* in ein *Caricetum elatae* von

Fixpunkt 0 X 5 zu 0 X 6). Nach der für Landpflanzen 9-teiligen Skala von ELLENBERG (1974) bedeuten dabei 5 = Frischezeiger (mittelfeuchte Böden, auf nassen und öfter austrocknenden Böden fehlend); 7 = Feuchtezeiger (gutdurchfeuchtete, nicht nasse Böden); 9 = Nässezeiger (oft durchnässte, luftarme Böden). Bei der Transsekte A VI sind ausnahmsweise der mF-Wert der Fettwiese (*Arrhenatheretum* auf Anmoor) und des ersten Fixpunktes in der Pufferzone (*Valeriano-Filipenduletum* mit *Carex acutiformis* und Fettwiesenarten) praktisch gleich; hier erfolgt der Anstieg erst beim zweiten Fixpunkt in der Pufferzone.

Ein Vergleich mit den Diagrammen d zeigt, dass mF parallel zur Porosität E verläuft. Da der Wassersättigungsgrad $\overline{s_w}$ entlang den Transsekten im allgemeinen konstant bleibt oder leicht ansteigt (s. unten), ist der mF-Wert auch mit $E \cdot \overline{s_w}$, dem Wassergehalt in Volumenprozent korreliert.

POROSITAET UND MITTLERER WASSERSAETTIGUNGSGRAD (DIAGRAMME d):

Porosität (E): Wie schon im vorigen Abschnitt kurz erwähnt, nimmt die Porosität E unmittelbar nach der Bewirtschaftungsgrenze im allgemeinen stark zu (1. u. evtl. 2. Fixpunkt der Pufferzone) und bleibt dann etwa konstant. In den Mineralböden der Fettwiesen und auch in den mineralisch-lehmigen Riedböden im Reusstal (R IV - R VI) beträgt E 0.50 - 0.60. In den organischen Riedböden dagegen hat E einen Wert von 0.75 - 0.90; dies trifft auch dort zu, wo auf den organischen Böden eine Fettwiese liegt (A VI 1, O VIII 1).

Mittlerer Wassersättigungsgrad ($\overline{s_w}$): Der Wassersättigungsgrad ist ein Mass dafür, wieviel % des Porenvolumens mit Wasser gefüllt sind. $\overline{s_w}$ (Durchschnitt aus 5 Bestimmungen) betrug an allen Fixpunkten 50 - 110 % (mit Streuungen pro Fixpunkt von 5 - 20 %); die Böden waren also während der Vegetationsperiode frisch bis nass.

Leider erwies sich die Berechnung des mittleren Wassersättigungsgrades als wenig geeignet zur Bestimmung des Wasserangebots in den Böden. Zwar blieb der berechnete $\overline{s_w}$ -Wert entlang den meisten Transsekten etwa konstant oder nahm zu, wie es zu erwarten war. Aber es zeigte sich, dass die Art der Bestimmung des Wassergehaltes in gesiebten Mischproben und Umrechnung auf das Porenvolumen mittels Multiplikation mit der apparenten Dichte S_a

von Stechzylinderproben (s. Methoden) bei den typischen Riedböden manchmal unzuverlässig war: Ueberall dort, wo beim Sieben ein beträchtlicher Teil des natürlichen Bodenvolumens als Wurzelmaterial ausgeschieden wurde - wie dies bei den extrem nassen Riedböden der Fall war - waren Misch- und Stechzylinderproben nicht direkt vergleichbar, und die Berechnung ergab daher zu tiefe Werte für $\overline{s_w}$. So sind in den Böden der nässesten Rieder (R I 3, R II 1 und R III 3) $\overline{s_w}$ -Werte von nahezu 100 % zu erwarten; die errechneten Werte betrugen aber nur 50 - 60 % ! Auch die Abnahme der $\overline{s_w}$ -Werte gegen das Riedinnere bei F XI entspricht nicht der Wirklichkeit; das dortige Davallseggenried liegt auf einem meist durchnässten Boden. Für die übrigen Fixpunkte in Pufferzone und Ried lieferte die Berechnung von $\overline{s_w}$ Werte von 70 - 100 %. Dies kann zwar nicht als eine exakte Bestimmung des Wassersättigungsgrades, aber doch als ein Hinweis dafür gewertet werden, dass die Multiplikation von Messwerten aus Mischproben mit dem s_a von Stechzylinderproben sinnvolle Werte ergibt.

REELLE UND APPARENTE DICHTEN (DIAGRAMME e)

Reelle Dichte (s_r): Die reelle Dichte ist die mittlere spezifische Dichte der Bodenteilchen (ohne Poren). Sie läuft, wie es zu erwarten ist, ungefähr spiegelverkehrt zur Porosität. Sie ist in den Böden des intensiv genutzten Grünlands hoch, nimmt von der Bewirtschaftungsgrenze über die Pufferzone gegen das Ried stark ab und bleibt im Riedinnern etwa konstant. In den mineralischen Böden (die meisten Fettwiesen und alle Böden der Transsekten R IV - R VI) beträgt $s_r = 2.5 - 1.8$; in den organischen Böden (meiste Riedflächen, dazu auch die Fettwiesen A VI 1 und O VIII 1) ist $s_r = 1.4 - 0.8$.

Apparente Dichte (s_a): Wie s_r zeigt auch die apparente Dichte hauptsächlich den Unterschied von mineralischen und organischen Böden: Die s_a -Werte betragen in mineralischen Böden 1.2 - 0.8 und in organischen Böden 0.4 - 0.1. Innerhalb der Transsekten nimmt s_a ungefähr parallel zu s_r ab.

Besonders wichtig ist die apparente Dichte (s_a) für die Umrechnung der Stickstoffmessgrößen (s. folgende Kapitel), die zunächst pro Trockengewicht bestimmt wurden. Da das s_a organischer Böden zwischen 0.1 und 0.5g/ml,

dasjenige von mineralischen Böden dagegen zwischen 0.5 und 1.5 g/ml liegt, ergibt sich bei Bezug auf das Trockengewicht ein falsches Bild, d. h. die Stickstoff-Werte der leichten organischen Böden liegen im Vergleich zu den schweren mineralischen zu hoch. Zum besseren Vergleich des Stickstoffangebots mussten die Ergebnisse daher durch Multiplikation mit S_a von Gewichts- auf Volumeneinheiten umgerechnet werden. Wie bei der Diskussion von $\overline{s_w}$ weiter oben beschrieben, liefert diese Berechnung mit wenigen Ausnahmen sinnvolle Werte.

Es ist zu beachten, dass die Messgrößen S_r und S_a (und ebenso die Porosität E) nicht nur durch den Bodentyp (organisch resp. mineralisch), sondern auch durch die Vegetation bestimmt werden, da das Wurzelmaterial in die Bestimmungen mit eingeschlossen wird. Dass S_r und S_a parallel zum allmählichen Uebergang von Pufferzonen- zu Riedvegetation abnehmen, bedeutet, dass die nicht mineralisierten, locker gelagerten organischen Bestandteile (inklusive lebende Wurzeln) zunehmen. Dies kann als Indiz dafür gewertet werden, dass das Nährstoffangebot für Pflanzen und Mikroorganismen entlang den Transsekten abnimmt.

2. Der Stickstoff im Boden

GESAMTSTICKSTOFFGEHALT DER BOEDEN (N total) ENTLANG DEN TRANSSEKTEN

Die Messung des Gesamtstickstoffs wurde an den gesiebten Mischproben vom 28.4.1975 durchgeführt. Die Werte wurden zunächst pro Trockengewicht berechnet und dann durch Multiplikation mit S_a (aus Stechzylinderproben) auf das Bodenvolumen bezogen. Die N total-Gehalte sind in Fig. 20 - 22 transsektenweise dargestellt.

Der N total-Gehalt schwankt zwischen 3 und 7 g/l in den Fettwiesenböden und zwischen 2 und 5 im Ried. Die Werte von 1 g/l bei R I 3, R II 1 und R III 3 dürften, wie der $\overline{s_w}$ -Gehalt (s. oben), um die Hälfte unterschätzt worden sein.

Bei einer ersten Gruppe von Transsekten blieb der Gesamtstickstoffgehalt über ihren ganzen Verlauf ungefähr konstant. Besonders typische Beispiele

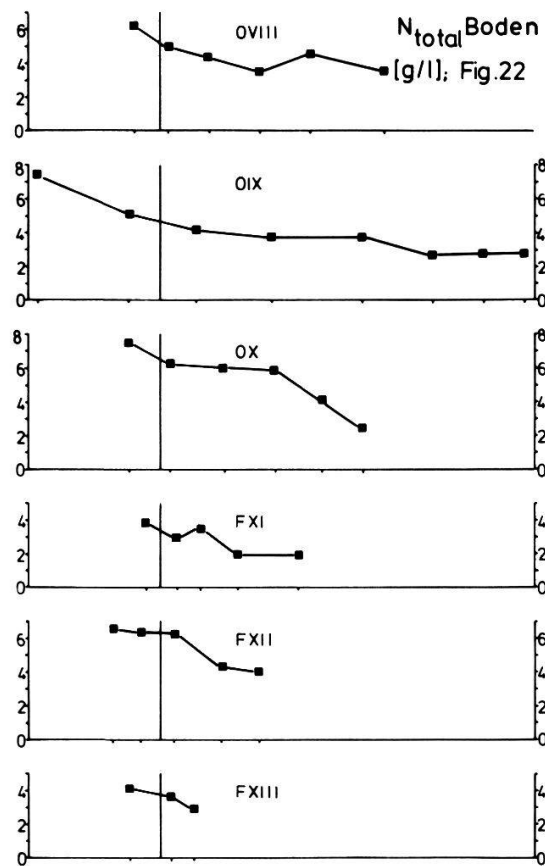
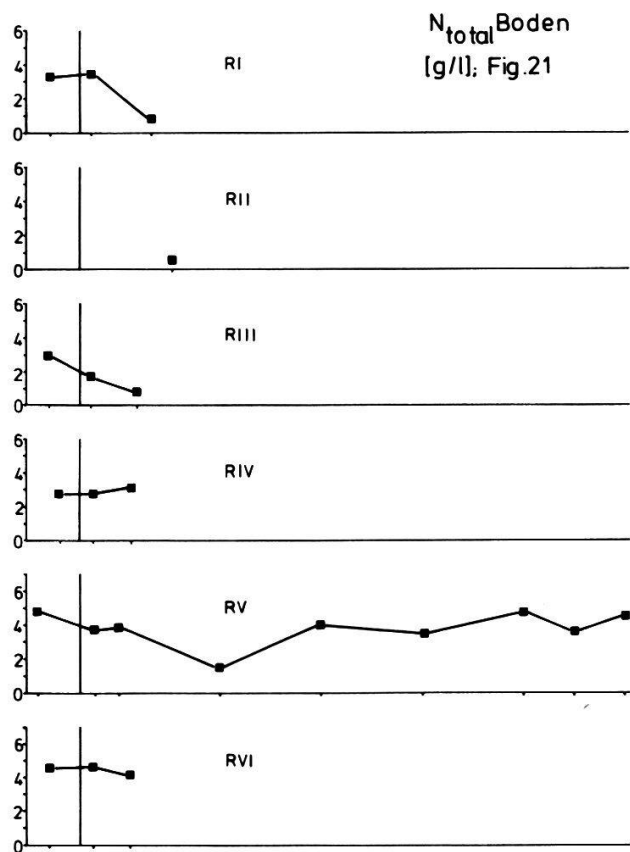
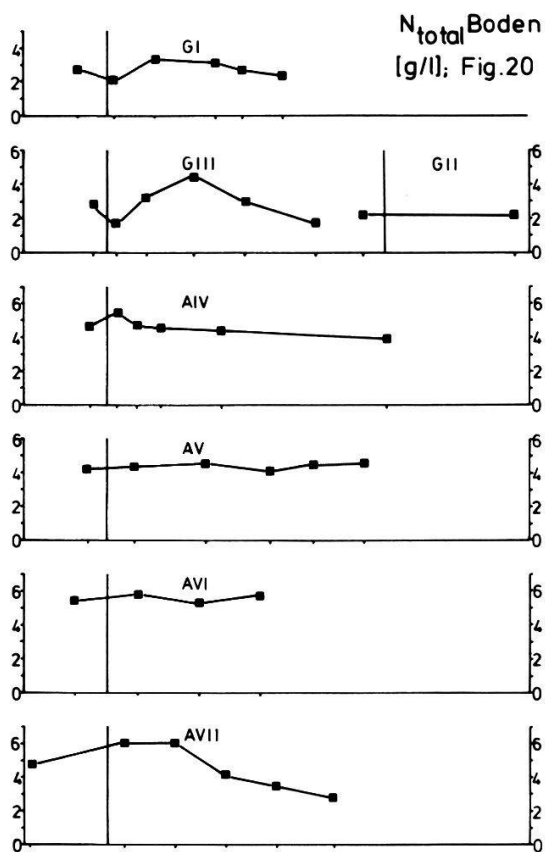


Fig.20-22: Gesamtstickstoffgehalt des Bodens
(N_{total})

Darstellung nach einzelnen Transekten; Fixpunkte von links nach rechts massstäblich eingezeichnet (t.333, vergl. Fig.5-19).
Senkrechte Linie=Bewirtschaftungsgrenze

dafür sind A V und A VI; ferner gehören A IV, R IV - R VI und G I - G III dazu. Bei der zweiten Gruppe, den Transsekten im Oberhöfler Riet (O VIII - O X) und im Frecht (F XI - F XIII) nahm der N total-Gehalt gegen das Riedinnere ab.

MOMENTANGEHALT DES BODENS AN PFLANZENVERFUEGBAREM NITRAT (NO_3^{mom}) UND AMMONIUM (NH_4^{mom})

Fig. 23 - 25 zeigen transsektenweise den durchschnittlichen Momentangehalt an pflanzenverfügbarem Nitrat und Ammonium während der Vegetationsperiode. Es wurde der Mittelwert und die Standardabweichung aus den 5 (bzw. 4) Einzelmessungen dargestellt (Einzelwerte s. Fig. 31 - 45).

Es sollte erwähnt werden, dass die "Momentan"-Werte erst 1 - 3 Tage nach der Probeentnahme bestimmt wurden.

Wie die N total-Gehalte wurden auch diese Werte zuerst pro Trockengewicht berechnet und dann durch Multiplikation mit S_a auf das Bodenvolumen bezogen.

Der momentane Nitratgehalt (NO_3^{mom}) zeigte in allen Transsekten den gleichen Verlauf. Er lag in den Fettwiesen hoch (ca. 10 - 20 mg/l), nahm im Bereich der Pufferzone stetig ab und erreichte im Riedinnern einen Wert von 0 - 2 mg/l. Die Streuung war im allgemeinen relativ klein (0 - 5 mg/l). Ausnahmen bildeten G III 2 und A IV 1, wo die Streuung über 10 mg/l betrug. Hier wurden am 28.4.1975 extreme NO_3 -Gehalte gemessen, nachdem die Flächen kurz zuvor gedüngt worden waren (Details in Fig. 32 und 33).

Der momentane Ammoniumgehalt (NH_4^{mom}) war in der Fettwiese oft annähernd so hoch wie der Nitratgehalt, nämlich 5 - 15 mg/l. Im Gegensatz zum NO_3^{mom} war er aber oft auch im Ried relativ hoch, besonders bei den Transsekten im Ambitzgi (A IV - A VII), Oberhöfler Riet (O VIII - O X) und Frecht (F XI - F XIII), wo er ebenfalls 5 - 15 mg/l betrug.

Besonders auffällig war der Verlauf des NH_4^{mom} -Gehalts entlang den Transsekten G III, A IV, O VIII und O IX. Dort nahm er nämlich im Bereich der Uebergangszonen ab und gegen das Riedinnere wieder zu.

Die Streuung betrug im allgemeinen 2 - 7 mg/l und war bei einzelnen Fettwiesen-Fixpunkten (G I 1, A IV 1 und O VIII 1) sowie bei den Pufferzo-

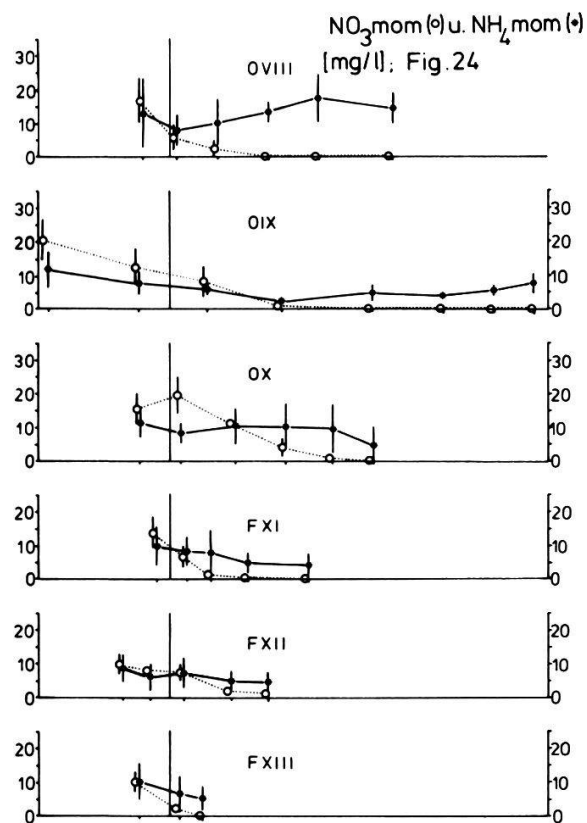
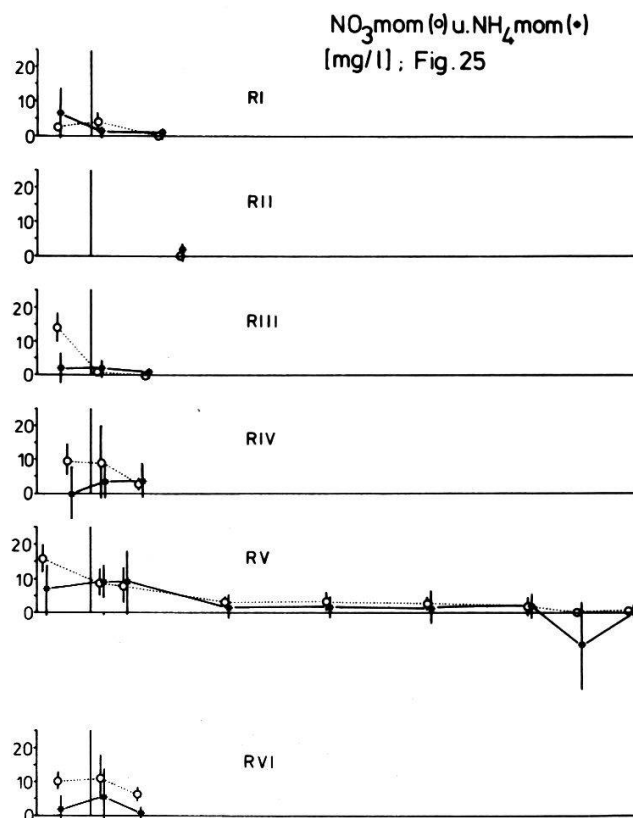
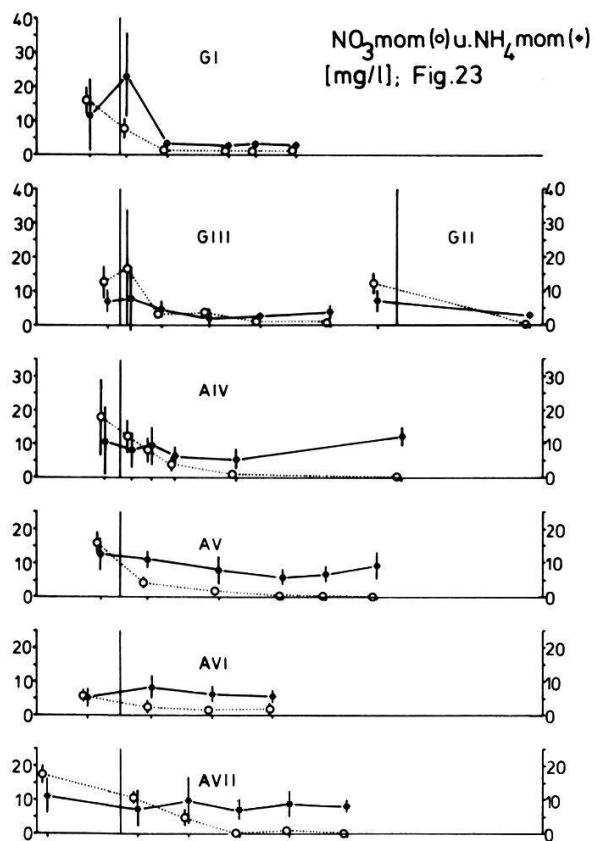


Fig. 23-25: Durchschnittlicher Momentangehalt des Bodens an pflanzenverfügbarem Nitrat(NO₃mom) und Ammonium(NH₄mom)

- NO₃mom
 - NH₄mom
- } Mittelwerte; senkrechte Striche = Standardabweichung

Darstellung nach einzelnen Transsekten; Fixpunkte von links nach rechts massstäblich eingezeichnet (1:333, vergl. Fig. 5-19). Senkrechte Linie = Bewirtschaftungsgrenze

nen-Punkten von G I 2 und G III 2 auf 10 - 12 mg/l erhöht.

MINERALSTICKSTOFFGEHALT IM BODEN: VERGLEICH VON MOMENTANWERT (N mom) UND AKKUMULATIONSWERT (N akk)

Die Summe von NO_3^- und NH_4^- -Wert ergibt den Gehalt an pflanzenverfügbarem Mineralstickstoff (N min). In Fig. 26 - 30 wird der momentane N min-Gehalt (N mom, d.h. die Summe der beiden in Fig. 23 - 25 dargestellten Werte) mit dem nach sechswöchiger Feuchtkammerinkubation zusätzlich akkumulierten N min-Gehalt (N akk) verglichen.

Der Akkumulationswert, auch potentielle Nettomineralisation genannt, entspricht der Differenz von Bruttomineralisation aus organischen Stickstoffverbindungen und Immobilisation (und evtl. Denitrifikation bzw. Verlust von gasförmigem Ammoniak) von NO_3 und NH_4 durch Mikroorganismen unter optimalen Bedingungen.

Ein N akk-Wert von Null zeigt dass sich Produktion und Verbrauch von Mineralstickstoff durch die Mikroorganismen in den bebrüteten Böden die Waage hielten, sagt aber nichts über die Geschwindigkeit des Stickstoffumsatzes aus.

Fig. 26 - 28 zeigen wiederum transsektenweise die Mittelwerte von N mom und N akk mit Standardabweichung; zum Studium der einzelnen Werte sei auf Fig. 31 - 45 verwiesen.

Der durchschnittliche Momentangehalt an mineralischem Stickstoff (N mom) ergibt sich wie erwähnt, durch Summierung der in Fig. 23 - 25 dargestellten NO_3mom und NH_4mom -Gehalte. Der Verlauf von N mom entlang den Transsekten ist daher mit demjenigen von NH_4mom vergleichbar, aber im Bereich der Fettwiese wegen den dort bedeutenden NO_3mom -Gehalten erhöht.

Der durchschnittliche Akkumulationswert (N akk) war im Normalfall in Fettwiese und Acker ca. so gross wie der N mom-Wert (20 - 40 mg/l) und nahm ungefähr parallel zum N mom im Bereich der Pufferzone bis auf Null ab. Im Riedinnern waren die Werte manchmal sogar negativ, z.B. A IV 6, A VII 5 und 6, O VIII 4 - 6, O IX 7 (Werte zwischen - 5 und - 10 mg/l).

Bemerkenswert sind folgende Resultate:

1. Beim ersten Punkt der Transsekte R I betrug der mittlere N akk-Wert

Null. Es handelt sich hier nicht um eine eigentliche Fettwiese, sondern um ein *Molinietum*, das vorübergehend intensiv bewirtschaftet wurde.

2. Bei den Transsekten G I und G III fielen die mittleren N_{akk}-Werte unmittelbar nach der Bewirtschaftungsgrenze auf Null. Dies scheint mit überdurchschnittlich hohen und stark streuenden N_{mom}-Werten in Zusammenhang zu stehen (Düngungseinfluss: siehe Diskussion).

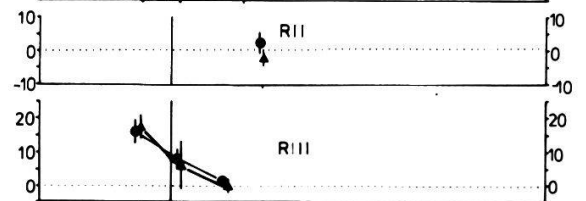
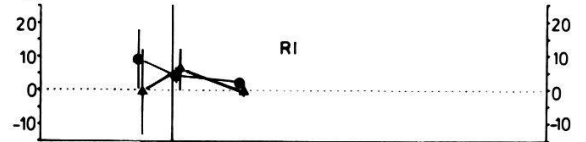
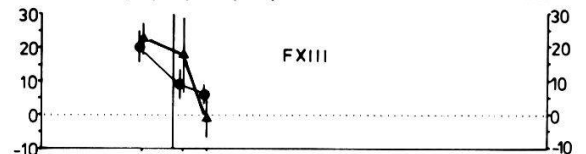
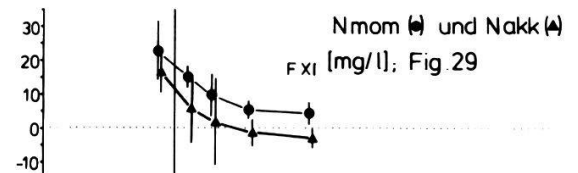
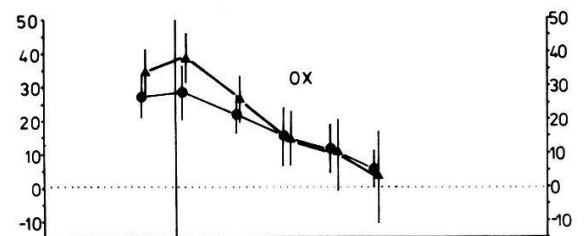
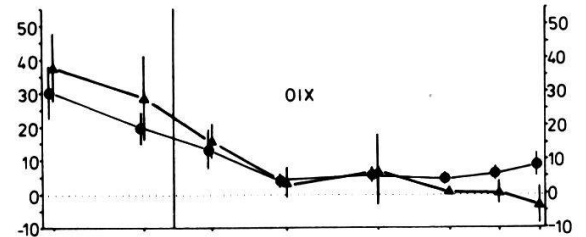
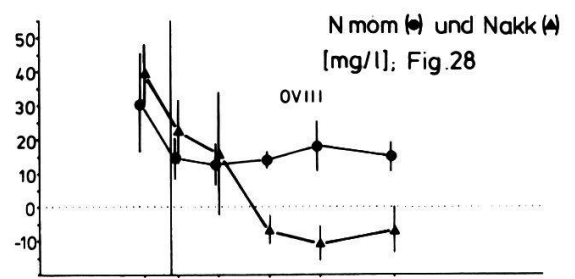
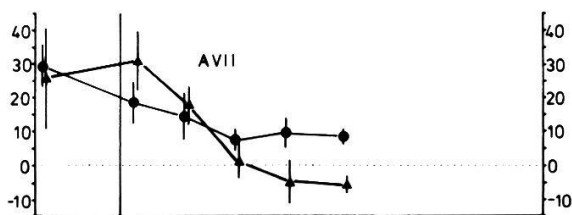
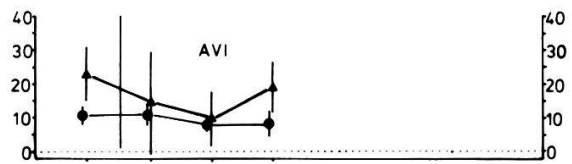
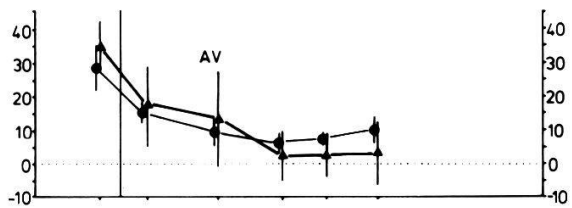
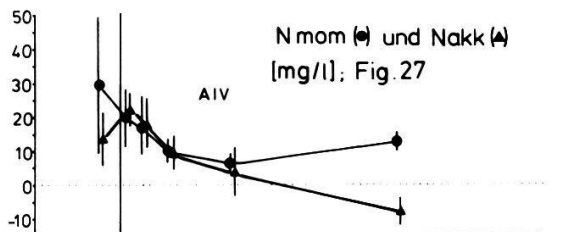
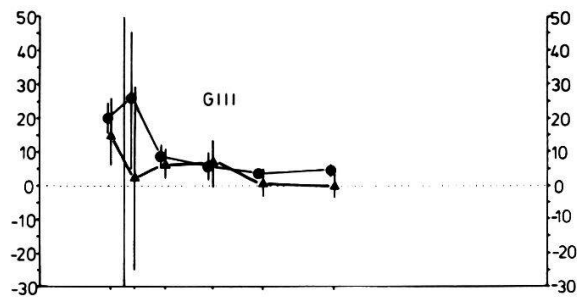
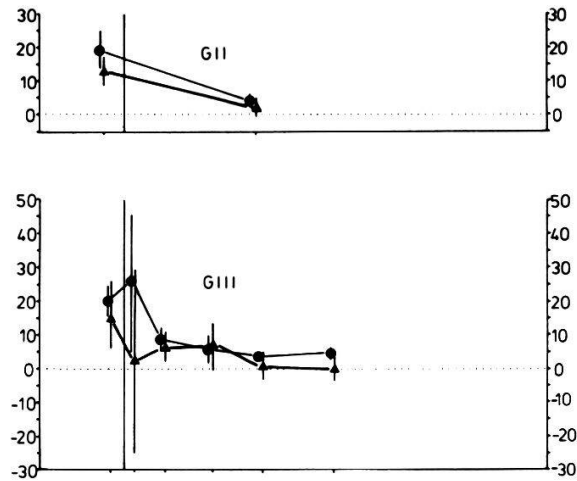
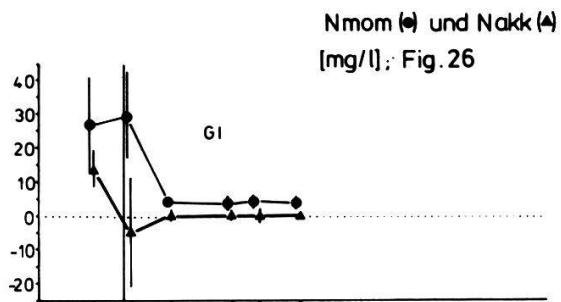
3. Bei der Transsekte A VI fällt auf, dass die potentielle Akkumulation bis ins Riedinnere bei Werten von mehr als 10 mg/l blieb; auch der N_{mom}-Wert blieb entlang der ganzen Transsekte gross.

VERLAUF VON N_{mom} UND N_{akk} ENTLANG DEN TRANSSEKTEN ZU VERSCHIEDENEN ZEITEN WAEHREND DER VEGETATIONSPERIODE

In den Fig. 26 - 30 ist der durchschnittliche Verlauf von N_{mom} und N_{akk} dargestellt worden. Die folgenden Figuren 31 - 45 zeigen, wiederum transsektenweise, die zugehörigen Einzelwerte, wobei die Darstellungen für die 5 (bzw. 4) Daten der Probe-Entnahme versetzt hintereinander gestellt wurden. Dabei wurde der Momentangehalt (wie in Fig. 23 - 26) in NH₄_{mom} (schraffiert) und NO₃_{mom} (weiss) aufgegliedert. Der N_{akk}-Wert (positiv = dunkler Raster, negativ = heller Raster) wurde zum N_{mom}-Gehalt addiert. Der Mineralstickstoff der während 6 Wochen in der Feuchtekammer inkubierten Proben (N 6W) kann somit als obere Grenze der dunkel bzw. untere Grenze der hell gerasterten Flächen abgelesen werden.

Ein Vergleich der Momentanstickstoffgehalte pro Transsektenpunkt zu den verschiedenen Terminen zeigt, dass die N_{mom}-Werte meist im Sommer (Juni) am niedrigsten und häufig im Frühling und Herbst am höchsten lagen. Gerade umgekehrt verhielten sich im allgemeinen die N_{akk}-Werte: Sie waren meist im Sommer höher als im Herbst.

Daher variierte die Summe von Momentan- und Akkumulationswert, also der Gehalt an Mineralstickstoff nach der Bebrütung (N 6 W), über die Vegetationsperiode meist weniger als N_{mom} bzw. N_{akk}; N 6 W kann als eine vom Datum der Probenahme relativ unabhängige Bodeneigenschaft bezeichnet werden.



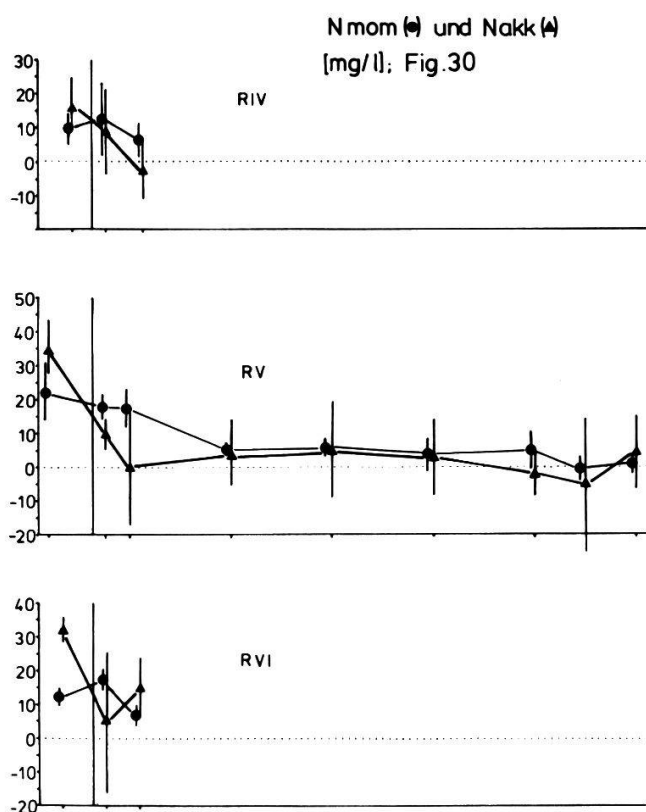


Fig.26-30: Mittlerer Momentangehalt (N mom) und in 6 Wochen zusätzlich akkumulierte Menge (N akk) an Mineralstickstoff ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) im Boden

- N mom ($= \text{NO}_3 \text{ mom} + \text{NH}_4 \text{ mom}$)
 - ▲ N akk ($= \text{N 6W} - \text{N mom}$)
- } Mittelwerte; a)

a) senkrechte Striche = Standardabweichung

Darstellung nach einzelnen Transsekten; Fixpunkte von links nach rechts massstäblich eingezeichnet (1:333, vergl. Fig. 5-19). Senkrechte Linie = Bewirtschaftungsgrenze

3. Der Stickstoff in den Pflanzen

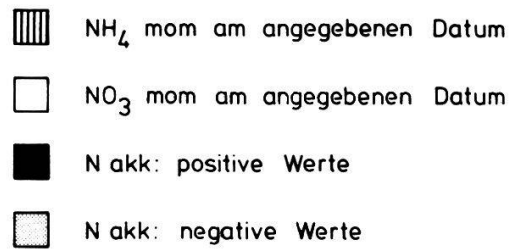
VERLAUF DES MITTLEREN STICKSTOFFGEHALTS DER VEGETATION ENTLANG DEN TRANSSEKTEN

Der mittlere Stickstoffgehalt (N total, in mg N pro g TG) der Vegetation ist in den Fig. 46 - 48 transsektenweise mit dunklen Punkten und ausgezogenen Linien dargestellt. Er betrug beim ersten Fixpunkt nach der Bewirtschaftungsgrenze (d. h. dem ersten Messpunkt) 18 - 13 mg/g und nahm gegen das Riedinnere meist um 2 - 5 mg/g ab; die niedrigsten beobachteten Werte lagen bei 10 mg/g.

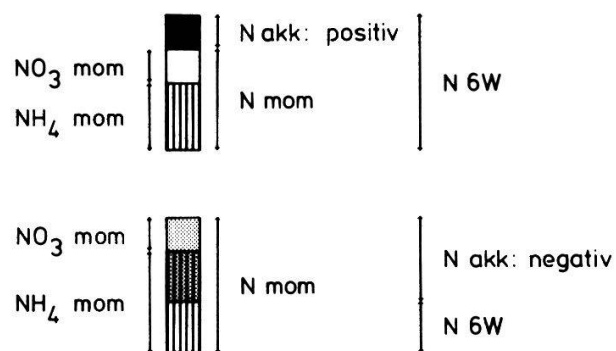
Auffälligerweise nahm der N total-Gehalt der Vegetation im Riedinnern manchmal wieder zu, nämlich bei den Transsekten A IV, O VIII, O IX, F XI und R V.

Der mittlere Stickstoffgehalt der Vegetation schwankte insgesamt nur wenig: Der Mittelwert aus allen Bestimmungen (68 Fixpunkte) beträgt 12.7 mg/g (in Fig. 46 - 48 auf der Ordinate markiert), die Standardabweichung 2.1 mg/g. Verhältnismässig hohe Werte wiesen die Proben des Oberhöfler Riets auf (14.6 ± 2.3 , $n = 16$; O IX 2 nicht berücksichtigt), verhältnismässig tiefe dagegen diejenigen vom Greifensee (10.8 ± 0.9 ; $n = 11$).

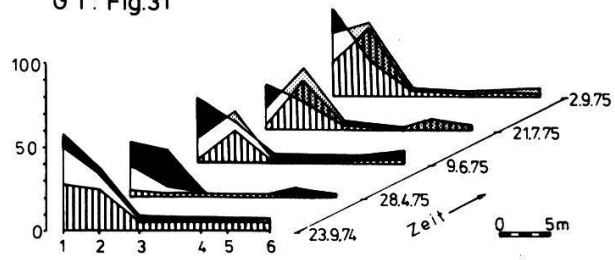
Fig.31-45: Momentangehalt(N mom) und Akkumulationswert(N akk) des pflanzenverfügbaren Mineralstickstoffs im Boden zu verschiedenen Zeitpunkten



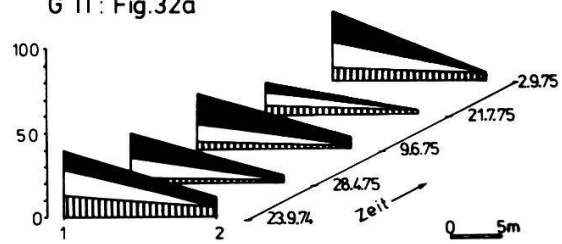
Beispiele:



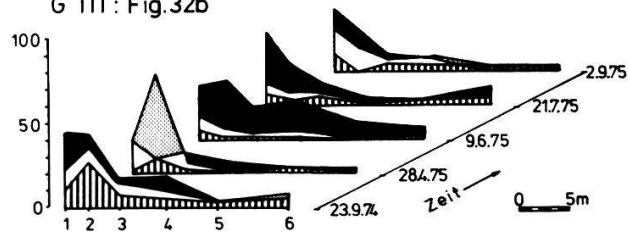
G I : Fig.31

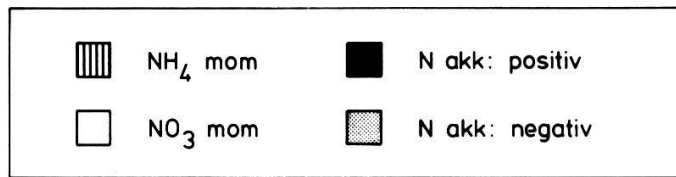


G II : Fig.32a

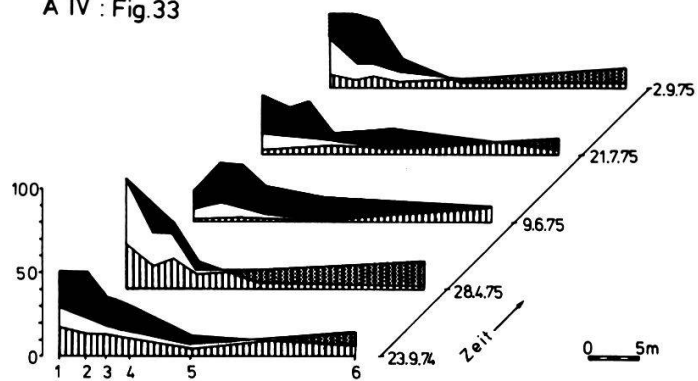


G III : Fig.32b

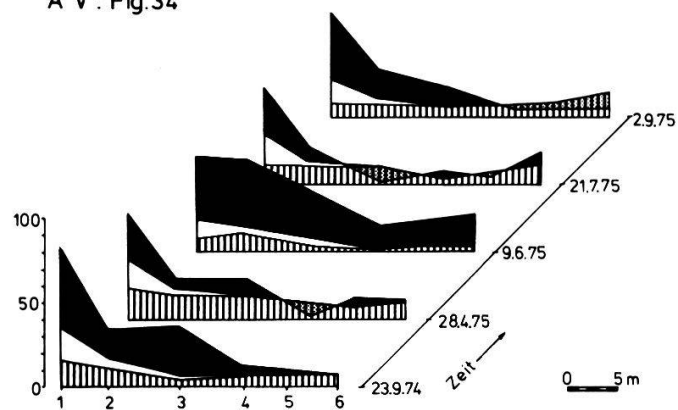




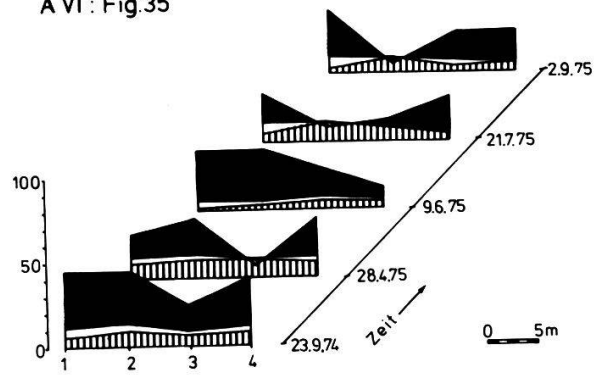
A IV : Fig.33



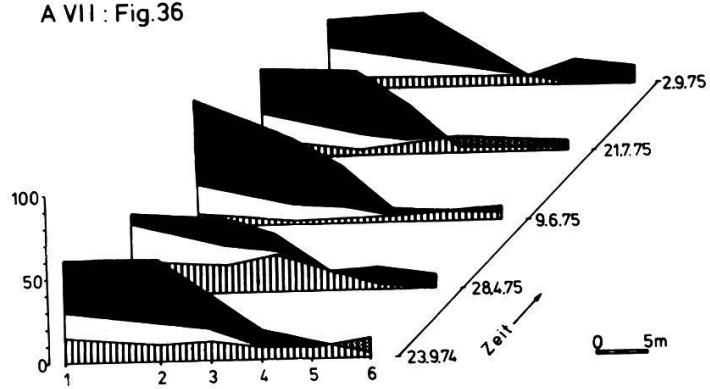
A V : Fig.34

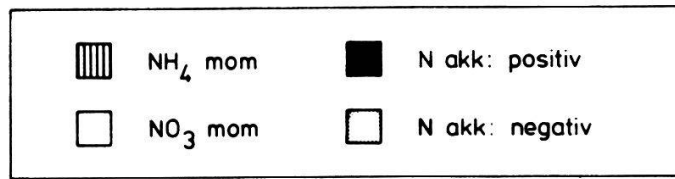


A VI : Fig.35

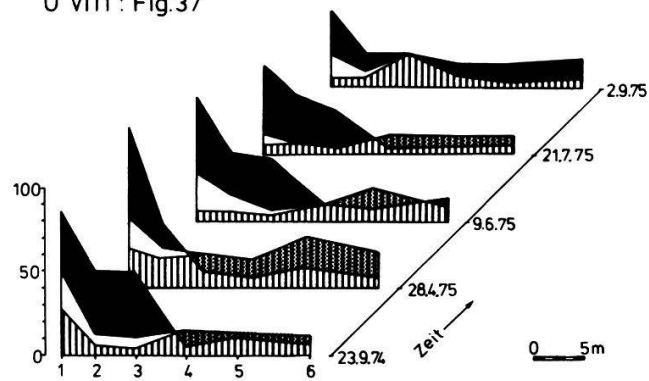


A VII : Fig.36

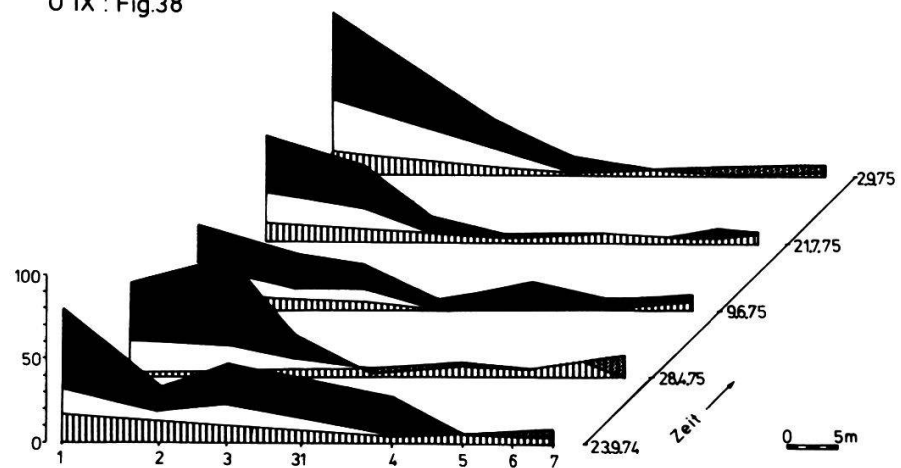




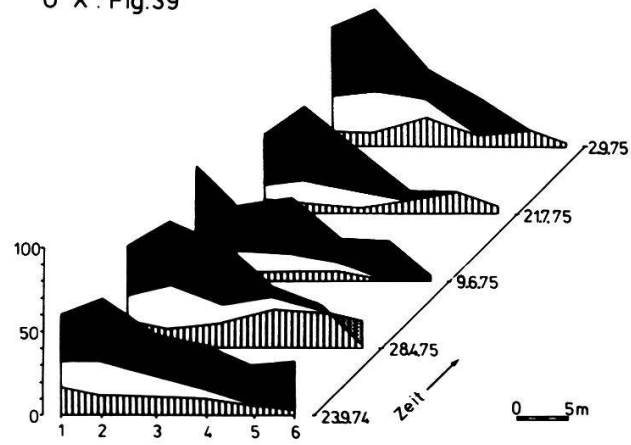
O VIII : Fig.37



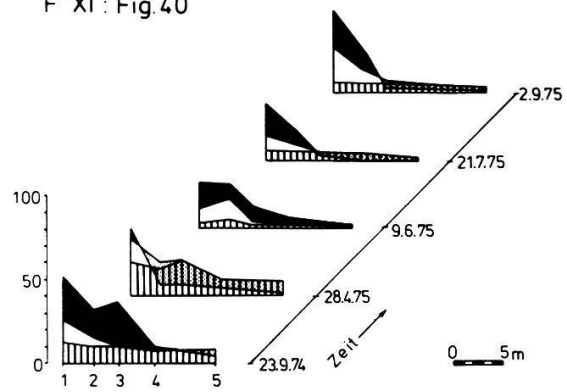
O IX : Fig.38

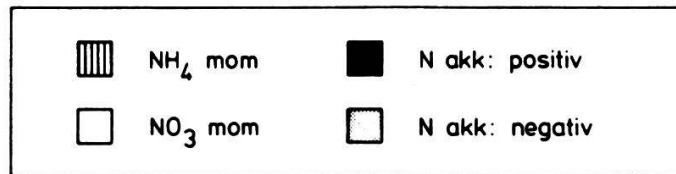


O X : Fig.39

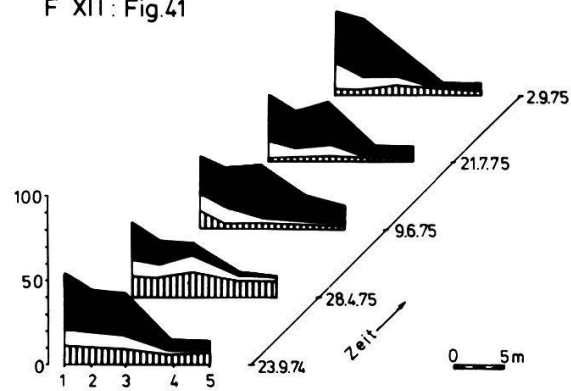


F XI : Fig.40

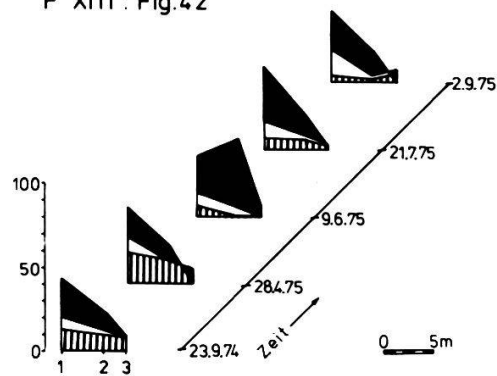




F XII : Fig.41



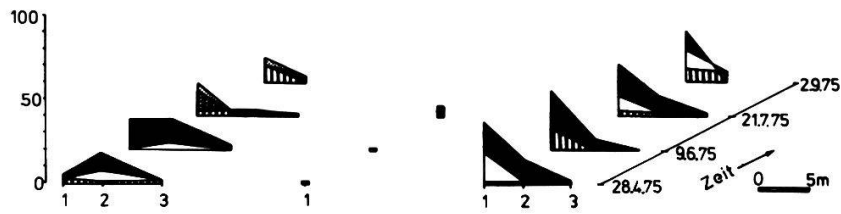
F XIII : Fig.42



R I : Fig.43a

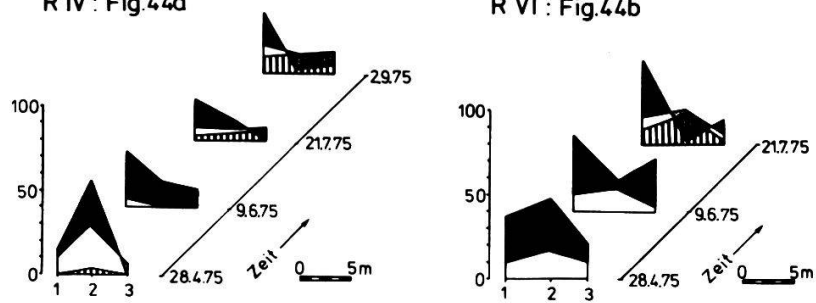
R II : Fig.43b

R III : Fig.43c

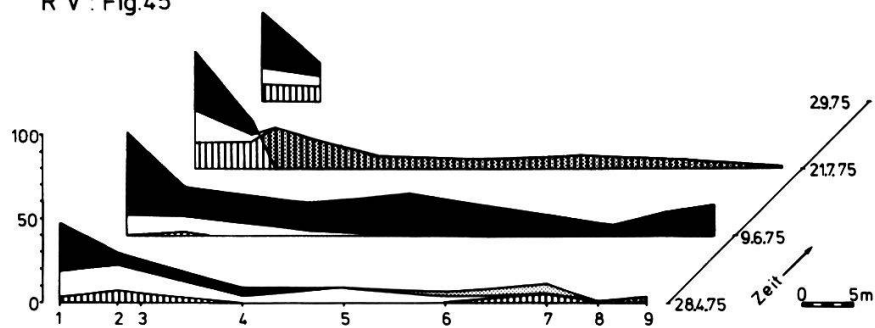


R IV : Fig.44a

R VI : Fig.44b



R V : Fig.45



STICKSTOFFGEHALT VON EINZELNEN ARTEN ODER ARTENGRUPPEN

Die Pflanzenarten und -gruppen, die jeweils aus dem geernteten Material eines Fixpunktes aussortiert und getrennt analysiert wurden, sind in Tab. 3 zusammengestellt. Für jede ist der Mittelwert des N total-Gehalts und dessen Standardabweichungen angegeben.

Besonders hohe N total-Werte weist erwartungsgemäss die Gruppe der Leguminosen auf. Ähnlich hoch liegen die Werte für *Urtica dioeca* (nur eine Messung), aber auch für *Cirsium oleraceum* und für die Gruppe der Orchideen. Dabei muss allerdings in Betracht gezogen werden, dass bei den Orchideen und dem überall nur kümmerlich gedeihenden *Cirsium oleraceum* das geerntete Material nur aus Blättern bestand; Blätter haben gegenüber andern Pflanzenteilen oft einen erhöhten N total-Gehalt.

Der N total-Gehalt von *Filipendula ulmaria* und *Carex acutiformis*, zwei der produktivsten Arten der Pufferzone, liegt in der Nähe des Gesamtdurchschnitts der Vegetation. Aus der grossen Standardabweichung lässt sich ablesen, dass die Einzelwerte von *Filipendula ulmaria* in einem relativ weiten Bereich streuten. *Lysimachia vulgaris*, die dritte wichtige Art der Pufferzone, weist demgegenüber einen niedrigeren N total-Gehalt auf, ebenso die

Tab. 3. Durchschnittlicher Stickstoffgehalt (N total) von ausgewählten Pflanzenarten oder -gruppen

Pflanzenart oder -gruppe	Anzahl von Einzelproben	N total in mg/g TG	
		Mittelwert	Standardabweichung
<i>Cirsium oleraceum</i>	3	21.6	1.7
Leguminosae	23	20.9	3.2
<i>Urtica dioeca</i>	1	20.6	—
Orchideen	3	18.7	2.6
<i>Cirsium palustre</i>	5	15.3	0.9
<i>Carex acutiformis</i>	23	13.6	1.9
<i>Filipendula ulmaria</i>	34	13.1	3.4
<i>Phragmites communis</i>	29	11.5	2.8
<i>Lysimachia vulgaris</i>	32	10.8	2.2
<i>Lythrum salicaria</i>	19	10.8	2.1
<i>Iris sibirica</i>	9	10.3	1.6
<i>Juncus subnodulosus</i>	9	9.0	0.7
<i>Juncus inflexus</i>	1	9.3	—
Gesamtdurchschnitt aller Proben	260	12.7	2.1

häufigen Begleitarten *Phragmites communis*, *Lythrum salicaria* und *Iris sibirica*.

Besonders tief liegt der N total-Gehalt der *Juncus*-Gruppe. Dies stellten auch HOEHNE (1962) und YERLY (1970) fest. *Juncus subnodulosus* ist in den Riedflächen am Greifensee (*Primulo-Schoenetum*) häufig und sein tiefer N total-Gehalt mitbestimmend für den tiefen Durchschnittswert der Gesamtvegetation.

VERLAUF DES STICKSTOFFGEHALTS EINZELNER ARTEN ENTLANG DEN TRANSSEKTEN

Die Gesamtstickstoffkonzentration der einzelnen Arten (mit kleinen Symbolen und punktierten Linien in Fig. 46 - 48 dargestellt) schwankten entlang den Transsekten von Fixpunkt zu Fixpunkt oft erheblich mehr als die mittleren N total-Werte der Vegetation. Auch sie nahmen meistens von der Bewirtschaftungsgrenze her zunächst ab, besonders deutlich z. B. der N total-Gehalt von *Carex acutiformis* bei den Transsekten A IV, O VIII und R V. Mancherorts stiegen sie weiter gegen das Riedinnere wieder an, besonders ausgeprägt für *Filipendula ulmaria* bei G III, A VI, O X; für *Lysimachia vulgaris* bei G III, A V, F XII; für *Carex acutiformis* bei A VI; für *Phragmites communis* bei A V, R V; für *Iris sibirica* bei R V.

Beim Fixpunkt O IX 2 konnte der N total-Gehalt von *Filipendula ulmaria* im intensiv bewirtschafteten Grünland bestimmt werden. Erwartungsgemäss war ihr N total-Gehalt ungewöhnlich hoch, nämlich 23,7 mg/g, ähnlich hoch wie der Gehalt der gesamten Vegetation an diesem Punkt.

DER MITTLERE STICKSTOFF-ZEIGERWERT (mN) DER VEGETATION

Mit Hilfe der "Stickstoffzahl" der einzelnen Pflanzenarten nach ELLENBERG (1974) wurde für alle Vegetationsaufnahmen der mittlere Stickstoffzeigerwert (mN) berechnet und in Fig. 49 - 51 samt Streuung transsektenweise dargestellt. Der mN-Wert nimmt durchwegs von der Fettwiese ins Ried deutlich ab, und zwar von einem mN-Wert von 5 - 7 (mässig N-reich) auf 2 - 3 (N-arm).

Eine Ausnahme bildet die Transsekte R I, wo alle drei Fixpunkte mN-Werte um 4 aufweisen; Fixpunkt R I 1 befindet sich nicht in einer Düngewiese,

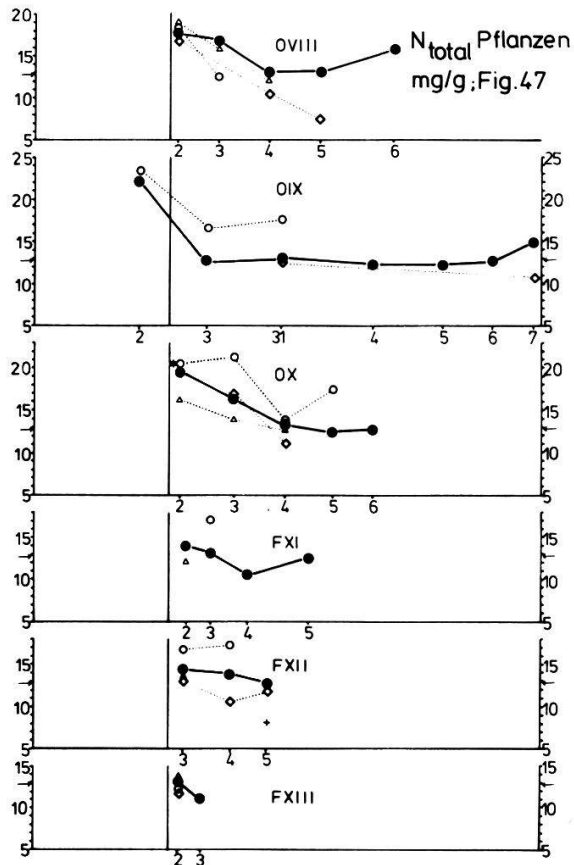
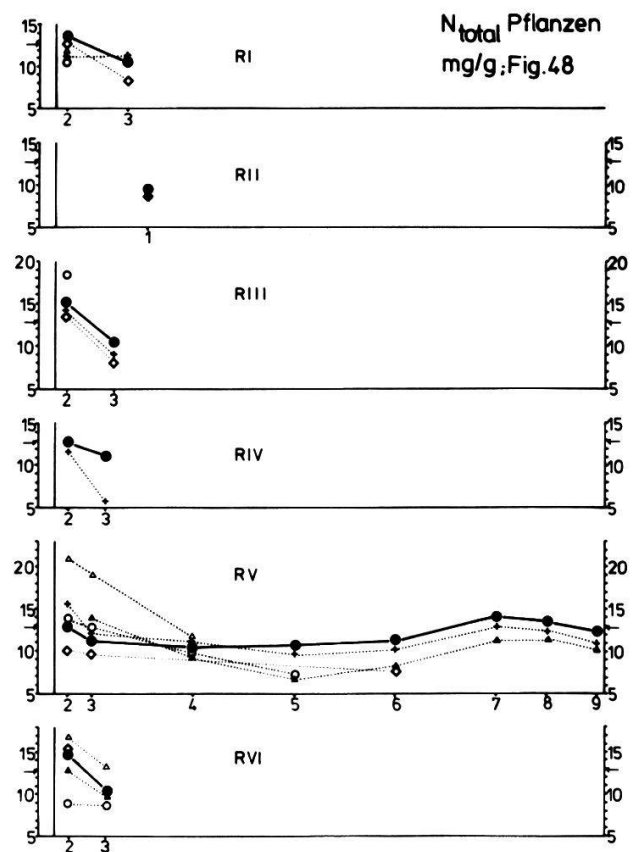
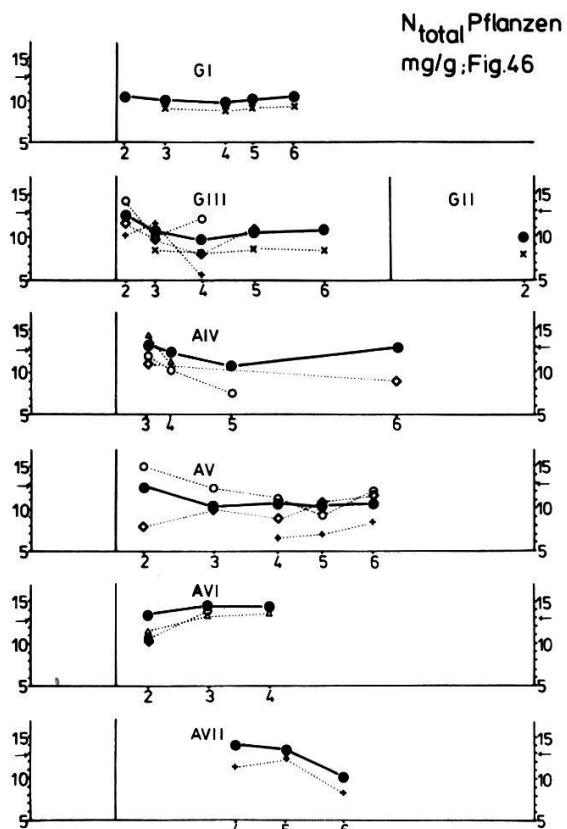


Fig. 46-48: Gesamtstickstoffgehalt (N_{total}) der Vegetation und von ausgewählten Pflanzen in Pufferzone und Ried

- Mittlerer Stickstoffgehalt der Vegetation pro Trockengewicht (Mischprobe des gesamten geernteten Pflanzenmaterials von 1 m^2)

Stickstoffgehalt von einzelnen Pflanzenarten:

- *Filipendula ulmaria*
- △ *Carex acutiformis*
- ◇ *Lysimachia vulgaris*
- ▲ *Iris sibirica*
- × *Juncus subnodulosus*
- + *Phragmites communis*
- *Urtica dioeca*

Darstellung nach einzelnen Transekten, Fixpunkte von links nach rechts massstäblich eingezeichnet (1:333, vergl. Fig. 5-19). Senkrechte Linie = Bewirtschaftungsgrenze.

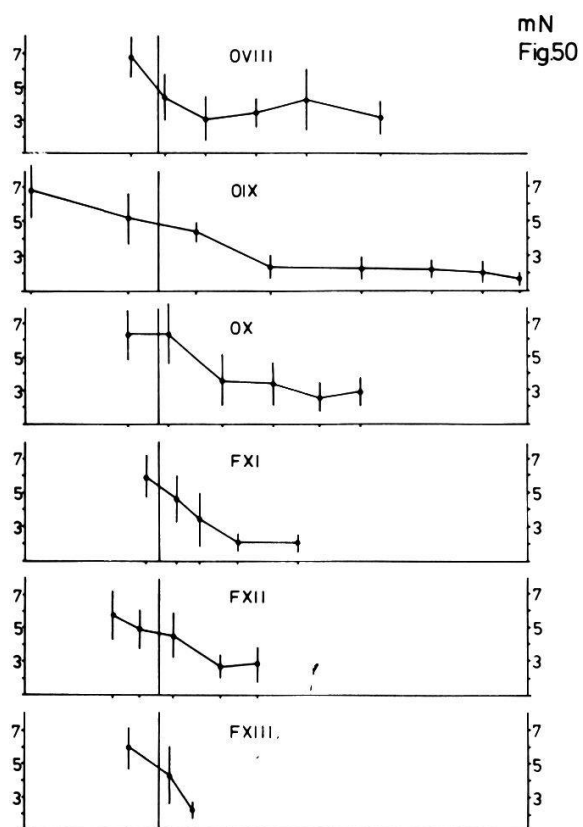
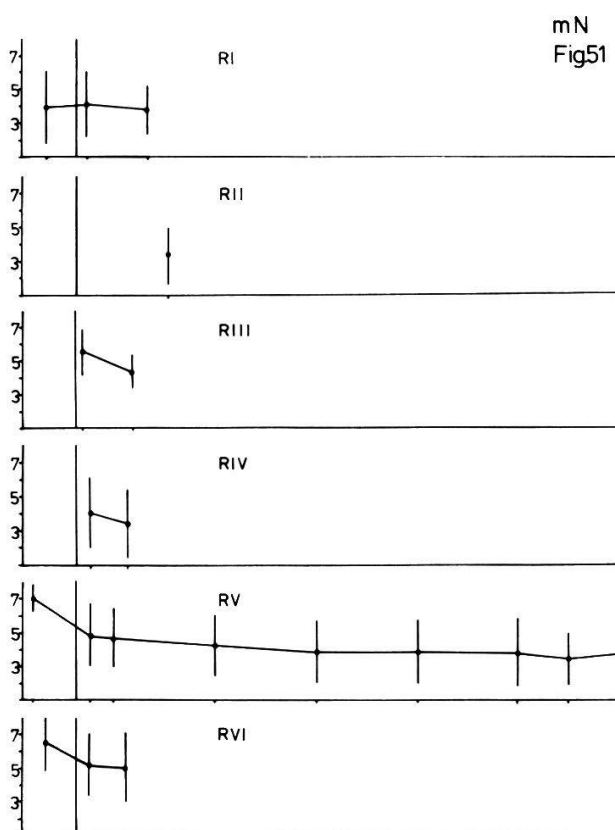
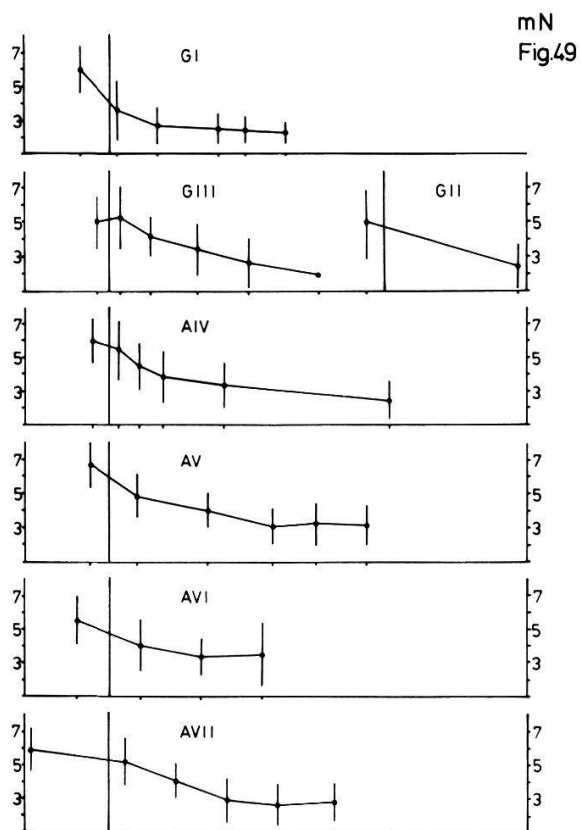


Fig.49-51: Mittlerer Stickstoff-Zeigerwert der Vegetation (mN) nach ELLENBERG(1974)

Darstellung nacheinander Transsekte; Fixpunkte von links nach rechts massstäblich eingezeichnet (1:333, vergl. Fig. 5-19).
Senkrechte Linie = Bewirtschaftungsgrenze
Senkrechter Strich = Standardabweichung

sondern in einem *Molinietum*, das vorübergehend gedüngt wurde, aber immer noch viele *Molinion*-Arten aufweist.

4. Die jährliche Produktion der Rieder

Zusammen mit dem mittleren N total-Gehalt der Vegetation wurde auch die Produktion an oberirdischer Pflanzenmasse (standing crop) Mitte August 1975 gemessen; sie ist in Fig. 52 - 54 transsektenweise dargestellt, wobei das Trockengewicht der aussortierten Pflanzenarten mit verschiedenen Schraffuren eingetragen ist. Die weisse Fläche stellt die nicht weiter aufgegliederte Rest-Fraktion, die ganze Fläche die Gesamtproduktion pro m^2 dar.

Die jährliche Gesamtproduktion an oberirdischer Pflanzenmasse schwankte in den untersuchten Pufferzonen, Riedwiesen und Mooren zwischen 990 g/m^2 und 150 g/m^2 (das entspricht 99 - 15 Doppelzentner pro ha); der Mittelwert aller untersuchten Fixpunkte ($n = 66$) beträgt 460 g/m^2 , die Streuung 200 g/m^2 .

Es sind drei Typen von Transsekten zu unterscheiden. Bei einer ersten Gruppe nahm die Gesamtproduktion innerhalb der ersten 5 - 10 m nach der Bewirtschaftungsgrenze sehr stark ab (um $400 - 700\text{ g/m}^2$) und änderte sich dann gegen das Riedinnere kaum mehr. Typisch dafür sind G I und O IX. Bei einer zweiten Gruppe (G III, A IV, O VIII, R V) nahm die Produktion über eine längere Distanz mehr oder weniger gleichmässig ab. Bei A V, A VII und O X schliesslich nahm die Produktion nach der Bewirtschaftungsgrenze zunächst zu und fiel erst nach 5 - 10 m ab. (Der Wiederanstieg bei A V 5 und 6, vor allem durch eine massive Zunahme von *Phragmites communis* verursacht, könnte auf die Düngewirkung eines wenige Meter von A V 6 entfernten Entwässerungsgrabens zurückzuführen sein.)

Ein Ueberblick über die Produktion von einzelnen Arten zeigt, dass nur wenige Arten an einzelnen Fixpunkten mehr als die Hälfte der Jahresproduktion ausmachten, nämlich *Phragmites communis* bei A V 6, A VII 4 - 6 und R III 2 (Deckungsgrad im Mai jeweils 3), *Carex acutiformis* bei O IX 3 (praktisch Reinbestand!) und F XI 2 (Deckungsgrad 5 bzw. 4) und *Juncus inflexus* bei A V 3 (Deckungsgrad 4). *Filipendula ulmaria* dagegen, die vielen-

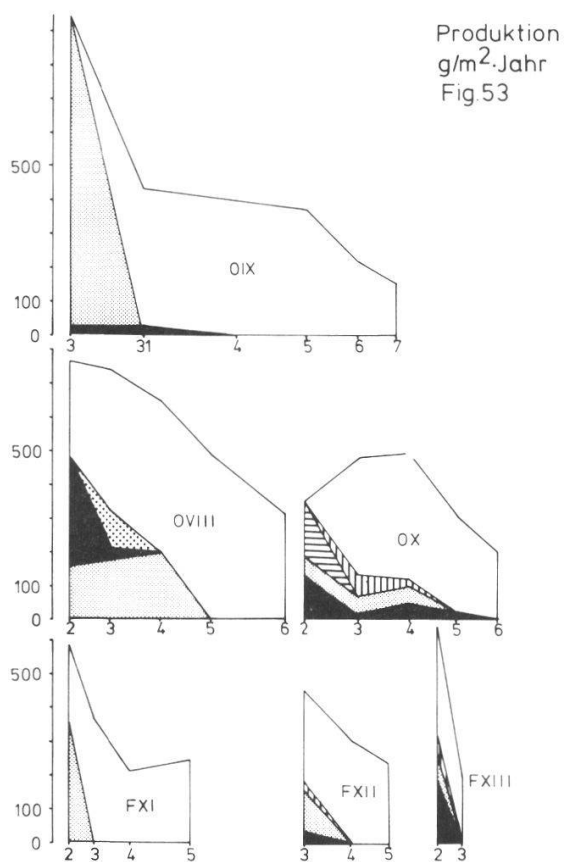
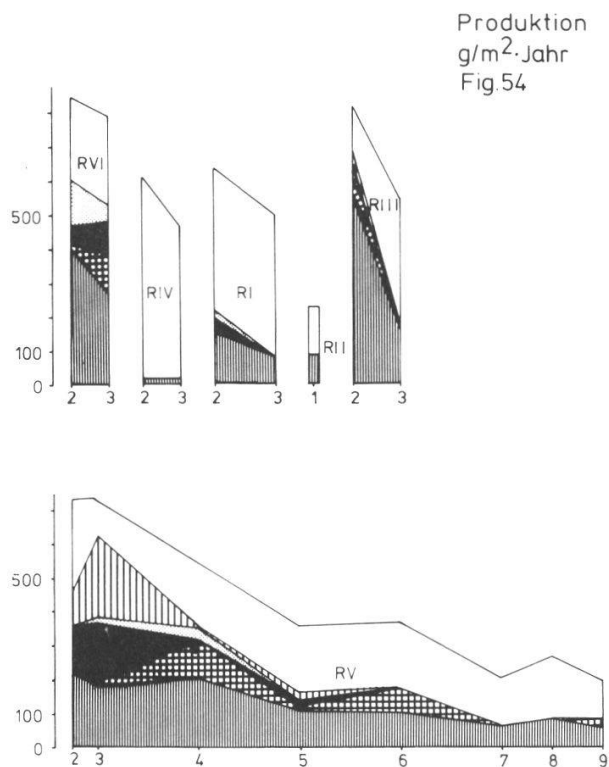
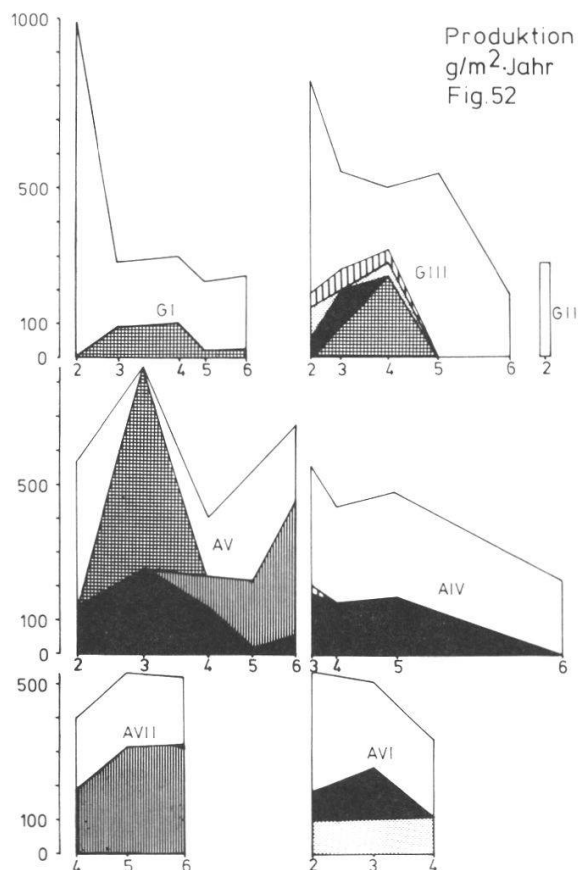


Fig.52-54: Jährliche Produktion der Rieder an oberirdischer Pflanzenmasse

Ganze Fläche: Produktion der gesamten Vegetation

□ nicht weiter aufgegliederte Rest-Fraktion

■ Filipendula ulmaria

▨ Carex acutiformis

▤ Cirsium palustre

▥ Lysimachia vulgaris

▧ Phragmites communis

▩ Urtica dioeca

▪ Iris sibirica

▫ Iris pseudacorus (R III 2)

▬ Juncus subnodulosus (G I-G III) bzw. Juncus inflexus (A V 3)

Darstellung nach einzelnen Transekten, Fixpunkte von links nach rechts massstäblich eingezeichnet (1:333, vergl. Fig. 5-19)

orts den Aspekt der Pufferzone dominierte, hatte selbst an Orten, wo ein Deckungsgrad von 4 oder 5 beobachtet wurde, nur einen Anteil von 30 - 40 % an der Jahresproduktion. Auch *Urtica dioeca*, für die bei O X 2 ein Deckungsgrad von 5 festgestellt wurde, zeigte einen Produktionsanteil von nur 45 % an diesem Fixpunkt.

In den meisten Pufferzonen-Fixpunkten machten die aussortierten Arten gut die Hälfte der Produktion aus. Ausnahmen sind die Fixpunkte G I 2 und R IV 2, wo *Molinia coerulea* dominierte, und G III 2, A V 2 und R I 2, wo viele *Arrhenatheretum*-Arten im geernteten Material vorhanden waren.