

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

**Herausgeber:** Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

**Band:** 89 (1986)

**Artikel:** Auswirkungen und Beseitigung von Düngungseinflüssen auf Streuwiesen : Eutrophierungssimulation und Regenerationsexperimente im nördlichen Schweizer Mittelland = Effects and elimination of fertilization influences on litter meadows : simulation of eutrophication and regeneration experiments in the northern Swiss midlands

**Autor:** Egloff, B.

**Kapitel:** 3: Versuchsanlagen und Methoden

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-308823>

### **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:** 01.02.2026

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

### 3. VERSUCHSANLAGE UND METHODEN

#### 3.1. DÜNGUNGSVERSUCH LUNNERALLMEND

##### 3.1.1. Verteilung der Versuchsflächen auf die Vegetationseinheiten

Die pflanzensoziologische Kartierung von BURNAND und ZÜST (1976) bildete die Grundlage für die stratifizierte Zufallsverteilung der Versuchsflächen, die mittels eines Rasternetzes, das über die Karte gelegt wurde, und einer Zufallszahlentabelle erfolgte. Die Vegetationseinheiten bildeten die "Straten". Die Anzahl der Düngungs- und Kontrollflächen pro Vegetationseinheit richtet sich nach deren Flächenanteil (ausführliche Angaben bei MIJNSSEN 1979, S. 44 und bei EGLOFF 1979, S. 50ff). Beim Einmessen wurden die Grenzsteine am Rande der Allmend als Fixpunkte verwendet. Einen Eindruck von der Lage der Flächen geben die Abbildungen 2 und 4.

Die Kartierung (BURNAND und ZÜST 1976) wurde ohne Luftbilder durchgeführt, was zur Folge hatte, dass nicht alle Versuchsflächen in die vorgesehene Vegetationseinheit zu liegen kamen. Ausserdem unterschied sich die Vegetation der einzelnen Versuchsflächen aus derselben Vegetationseinheit zum Teil deutlich, weshalb es sich aufdrängte, alle Flächen als Individuen zu behandeln. Nur benachbarte Düngungs- und Kontrollflächen können direkt miteinander verglichen werden. Zwei der 1 Are grossen Düngungsflächen (s. Tab. 2) waren etwas heterogen. Da es nicht mehr möglich war, sie zu verschieben, wird die besonders heterogene Fläche Nr. 16 in der Folge nur am Rande besprochen. Eine Sonderbehandlung musste die Fläche 6 erfahren (s. Tab. 2).

##### 3.1.2. Versuchsanlage

Mittels der im vorangehenden Abschnitt beschriebenen Zufallsverteilung wurden insgesamt 10 Düngungs- und 14 Kontrollflächen festgelegt. Neben ihrer Aufgabe als Referenzflächen für den Düngeversuch dienen die 25 m<sup>2</sup> grossen Kontrollflächen auch zur Ermittlung der jährlichen Bestandeschwankungen.

Die Düngungsflächen setzen sich aus vier 25 m<sup>2</sup> grossen Parzellen zusammen (Abb. 5A). Tabelle 1 orientiert über die verwendeten Mineraldünger. Die NPK-Voll- und die PK-Grunddüngung sind die in der Landwirtschaft am häufigsten verwendeten Mineralstoffkombinationen. Die ausgebrachten Mengen entsprechen den Höchstansätzen für Heuwiesen in der "Anleitung zu einer umweltgerechten Anwendung von Düngemitteln" (EIDG.LANDW.FORSCHUNGSANSTALTEN et al. 1974). Die Düngerportionen wurden von Hand ausgestreut.

Tabelle 2 charakterisiert die Vegetation vor der Düngung und orientiert über das Düngungsregime auf den einzelnen Versuchsflächen.

Im Jahre 1980 wurde generell auf die zweite Düngung der N2- und P2-Parzellen verzichtet. Ob die im Jahr zuvor am 4. Juli ausgeführte Düngung im gleichen Jahr noch floristische Veränderungen hervorzurufen vermochte, musste doch sehr bezweifelt werden, weil in geschlossene Bestände hinein gedüngt werden musste. Es war deswegen auch zu leichten Verbrennungserscheinungen an der Vegetation gekommen.

Tabelle 2 bedarf einiger zusätzlicher Bemerkungen:

1. Wurde eine Parzelle zweimal gedüngt, so erhielt sie insgesamt 240 kg N, 70 kg P und 418 kg K pro Hektare. Bei dreimaliger Düngung betrug die Mineralstoffgabe pro ha 360 kg N, 105 kg P und 672 kg K.
2. Die Flächen 13 (nur N1, P1) und 14 erhielten 1980 irrtümlicherweise die doppelten P- und K-Mengen; insgesamt somit 140 kg P und 836 kg K.
3. Auf den heterogenen Flächen 6 und 16 wurde 1979 auf die zweite Düngung der N2- und P2-Parzellen verzichtet.
4. Fläche 23 wurde 1980 nicht mehr gedüngt, weil die Allmend in diesem Bereich nicht alljährlich geschnitten wurde.
5. Auf vier Flächen (1, 13, 15, 20) unterblieb 1980 die Düngung der N2- und P2 Parzellen aus folgenden Gründen:
  - Das Mineralstoffpotential sollte nicht noch weiter erhöht werden.
  - Der Totalinput auf sämtlichen Parzellen einer Versuchsfläche war damit identisch. Deshalb lässt sich untersuchen, ob sich die 1979 und 1980 je einmal floristisch und ertragsmässig von den 1979 zweimal gedüngten Parzellen unterscheiden.
  - Bei den vom Standort her identischen und daher besonders gut vergleichbaren Flächen 13 und 14 schafft der Entscheid, 13N2 und 13P2 1980 nicht mehr zu düngen, eine zusätzliche Variante.

Der linke Teil der Tabelle 3 gibt eine Uebersicht über die durchgeführten Erhebungen. Nach Beendigung der Eutrophierungssimulation wurden die Volldüngungsparzellen zu Testflächen eines Regenerationsexperimentes (siehe Kap. 3.2.). Da weitere Bestandesveränderungen erwartet werden konnten (EGLOFF 1983), wurden die ehemaligen PK-Parzellen weiterhin beobachtet.



A      Luftaufnahme der Lunnerallmend mit den durch Nummern bezeichneten Düngungs- (13, 14) und Kontrollflächen (7, 9-12) vom 16. Juli 1979

Fig. 4. Aerial photograph of some fertilized (no. 13, 14) and control plots (no. 7, 9-12) on the Lunnerallmend, taken on July 16, 1979

Tab. 1. Düngerform und Düngergabe  
Table 1. Type and amount of fertilizer

Nährstoff	Menge pro Düngungstermin kg/ha	Mineraldüngertyp
Stickstoff	120	Ammonsalpeter, 26% N
Phosphor	35	Superphosphat, 19% $P_2O_5$
Kalium	209	Kalisalz, 60% $K_2O$

Tab. 2. Uebersicht über die Vegetationsverhältnisse vor der Düngung und das Düngungsregime  
Table 2. General view of the vegetation before fertilization and of the fertilization regimen

Fläche Nr. 1)	Vegetation vor der 1. Düngung		Düngungsregime x = Düngung, - = keine Düngung			
	Vegetationstyp	Dominierende Arten	Parzellen	11.4.79	4.7.79	20.4.80
1	Hochstaudenried (liegt in der Randzone des Rieds)	Phragmites communis	N1/P1: N2/P2:	x x	- x	x -
3	trockene, hochstaudenreiche Pfeifengraswiese	Molinia coerulea Phragmites communis	N1/P1: N2/P2:	x x	- x	x x
6,N1/P1	Kleinseggenried	Phragmites communis, Carex lasiocarpa, C. hostiana, Heleocharis palustris		x	-	x
6,N2/P2	trockene, hochstaudenreiche Pfeifengraswiese	Molinia coerulea		x	-	x
13	Kopfbinsenreiche Pfeifengraswiese	Molinia coerulea Schoenus nigricans	N1/P1: N2/P2:	x x	- x	x -
14	Kopfbinsenreiche Pfeifengraswiese	Molinia coerulea Schoenus nigricans	N1/P1: N2/P2:	x x	- x	x x
15	Kopfbinsenreiche Pfeifengraswiese, doch nasser <sup>2)</sup> als 13+14	Molinia coerulea Schoenus nigricans	N1/P1: N2/P2:	x x	- x	x -
16	nasse <sup>2)</sup> Pfeifengraswiese	Molinia coerulea Carex hostiana	N1/P1: N2/P2:	x x	- -	x x
18	nasse <sup>2)</sup> Pfeifengraswiese	Molinia coerulea Carex hostiana	N1/P1: N2/P2:	x x	- x	x x
20	trockene, hochstaudenreiche Pfeifengraswiese	Molinia coerulea Phragmites communis	N1/P1: N2/P2:	x x	- x	x -
23	Kleinseggenried	Phragmites communis, Carex hostiana, C. panicea, C. lasiocarpa, Heleocharis palustris	N1/P1: N2/P2:	x x	- x	- -

1) Die "fehlenden" Nummern gehören den Kontrollflächen

2) Auf den als "nass" bezeichneten Pfeifengraswiesen steht das Grundwasser u.a. im Frühsommer über Flur



Tab. 3. Uebersicht über die auf der Lunnerallmend durchgeführten Untersuchungen  
Table 3. General view of the investigations carried out on the Lunnerallmend

Jahr	Düngungsversuch	Regenerationsexperiment
1978 <sup>1)</sup>	V auf späteren Kontrollflächen und N1-Parzellen (s.Abb.5A)	(mit den ehemaligen NPK-Parzellen, ab 1981; s. auch Abb. 5B)
1979 <sup>1)</sup>	<u>1. Düngungsjahr</u> V, B, Grundwasserstandsmessungen <sup>2)</sup> P, Ph, phänologische Aufnahmen	
1980	<u>2. Düngungsjahr</u> V (ohne Kontrollflächen)	
1981	ehem. N-Parzellen (s.Abb.5): s. → ehem. P-Parzellen: V, Z, P Kontrollflächen: V, Z	<u>1. Regenerationssaison</u> V, Z, P, I, Ph
1982	-	<u>2. Regenerationssaison</u> V, Z, P, I, Ph (wie 1981)
1983	ehem. P-Parzellen+Kontrollflächen: V, Z, P (wie 1981) Auf Parzelle PK 2 von Fläche 14: Bodenphosphor: Verteilung <sub>3)</sub> im Profil und Methodenvergleich; B <sup>3)</sup>	Abschliessende Erfassung der Effekte: V, Z. Auf Flächen 13+15: Vegetationsstruktur, B, I <sup>4)</sup>

1) EGLOFF 1979, 2) EGLOFF und NAEF 1982, 3) LANFRANCHI 1983,

4) BOCHERENS 1983

B = Bodenchemische Analysen - chemical soil analyses

I = Pflanzeninhaltsstoffanalysen (s. Kap. 3.9.) - analyses of mineral content of plant

P = Produktionsmessungen (s. Kap. 3.8.)\* - measurements of standing crops

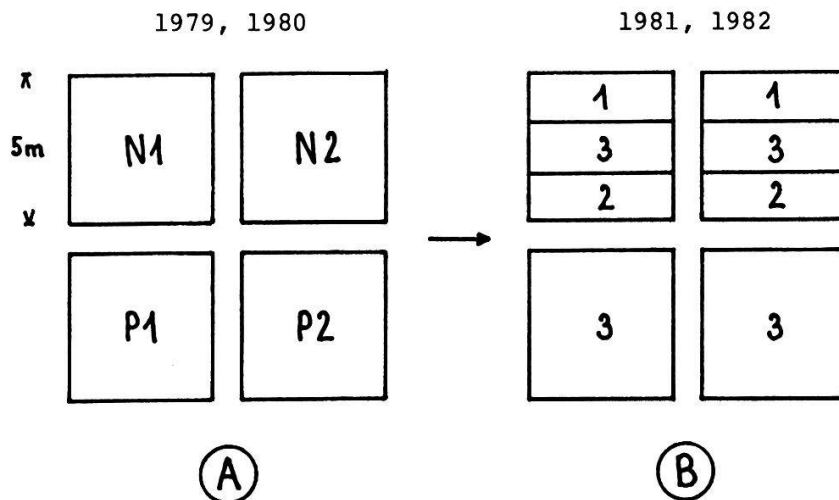
Ph = Photographische Aufnahmen (s. Kap. 3.11.) - takings of photographs

V = Vegetationsaufnahmen (s. Kap. 3.5.) - relevés

Z = Individuenzählungen (s.Kap. 3.6.) - countings of individuals

\* Hinter den Produktionsmessungen standen folgende Ziele:

1. Die Dokumentation der Ertragsentwicklung auf den ehemaligen Düngungsparzellen (Abb. 5) und ihr Vergleich mit den 1979 festgestellten Werten (EGLOFF 1979).
2. Biomassewerte und Mineralstoffgehalte (Kap. 3.9.) ermöglichen die Berechnung des flächenbezogenen Mineralstoffentzugs durch das Schnittgut; wir erhalten Hinweise für den Erfolg unserer Oligotrophierungsmassnahmen.
3. Die Werte der Biomasse-Fraktionen unterstützen die Daten der Vegetationserhebungen in der Frage nach der fördernden bzw. unterdrückenden Wirkung des Frünschnitts auf einzelne Arten.



N1: 1x jährlich Düngung mit NPK - fertilized once a year with PKN  
 N2: 2x jährlich Düngung mit NPK - fertilized twice a year with PKN  
 P1: 1x jährlich Düngung mit PK - fertilized once a year with PK  
 P2: 2x jährlich Düngung mit PK - fertilized twice a year with PK

- 1: Frührschnitt im Juni und herbstlicher Streuschnitt (Juni-Variante)  
early mowing in June and litter mowing in autumn (June-treatment)
- 2: Frührschnitt im Juli und Herbstschnitt (Juli-Variante)  
early mowing in July and mowing in autumn (July-treatment)
- 3: nur Herbstschnitt (Mittelstreifen auf ehemaligen N-Parzellen: Herbst-Variante) - only mowing in autumn (autumn-treatment)

Die NPK-Varianten werden in der Folge auch Volldüngungs-, N- oder Stickstoff-Parzellen, die PK-Varianten Grunddüngungs-, P- oder Phosphor-Parzellen genannt.

The PKN-treatments are subsequently also called complete fertilization-, N- or nitrogen-plots, the PK-treatments are also called basic fertilization-, P- or phosphorus-plots.

Abb. 5. Anlage der Versuchsflächen der Lunnerallmend

Fig. 5. Arrangement of the experimental plots on the Lunnerallmend

### 3.2. REGENERATIONSEXPERIMENT LUNNERALLMEND

#### 3.2.1. Veranlassung

Im Sommer 1980, im zweiten Düngungsjahr, wurden gegenüber 1979 noch drastischere Düngungseffekte festgestellt, was eine Fortsetzung des Eutrophierungssimulationsexperimentes als sinnlos erscheinen liess (s. Fragestellungen in Kap. 1 und Kap. 3.3.1.). Die Düngungsflächen stachen nämlich im Juli 1980 noch deutlicher aus der Umgebung heraus und wirkten teilweise als störende Inseln (Abb. P3, Kap. 4.2.5.). Dieser Eindruck führte zur Idee, ihre (Teil-)Rückführung anzugehen. Weil genaue Angaben zu den eingebrachten Mineralstoffmengen vorlagen, waren die Parzellen für ein Regenerationsexperiment besonders günstig.

#### 3.2.2. Versuchsanlage und Ziele

Die ehemaligen Volldüngungsparzellen wurden in drei Streifen unterteilt (Abb. 5B) und wie folgt bewirtschaftet:

Variante 1 (Juni-Variante): Frühschnitt erste Hälfte Juni und Herbstschnitt

Variante 2 (Juli-Variante): Frühschnitt Mitte Juli und Herbstschnitt

Variante 3 (Herbst-Variante): nur herbstlicher Streuschnitt

Nebst seiner oligotrophierenden Wirkung hat der zusätzliche Schnitt im Frühsommer - es werden zwei Zeitpunkte getestet - zum Ziel, die unerwünschten, durch die Düngung geförderten Arten, die zum Schnittzeitpunkt in ihrer Entwicklung weiter sind als die sich spät entwickelnden Streuwiesenpflanzen, möglichst stark zu schädigen. Letztere haben zum Zeitpunkt der Mahd weniger Reserven mobilisiert und sollten von der Verbesserung der Licht- und eventuell auch der Raumverhältnisse profitieren können. Die Variante 3 soll zeigen, ob bei Herbstschnitt allein bereits Rückentwicklungstendenzen auftreten, oder ob die durch die Düngung ausgelösten Bestandesumschichtungen weiterlaufen. Referenz für den Erfolg der Massnahme ist die nie gedüngte und weiterhin nur im Herbst geschnittene unmittelbare Umgebung der Versuchsflächen. Das Schnittregime wurde während zwei Vegetationsperioden durchgeführt; im dritten Jahr erfolgte die abschliessende Erfassung der Auswirkungen.

Zwei mit viel Solidago bestandene Kontrollflächen (Nr. 2 und 8) wurden ebenfalls dem Regenerationsschnittregime unterworfen, indem sie gleich wie die ehemaligen N-Parzellen aufgeteilt wurden (Abb. 5B).

Der rechte Teil der Tabelle 3 orientiert über die durchgeführten Untersuchungen.

#### 3.2.3. Bewirtschaftung

Vor dem Frühschnitt wurde zur Umschreibung des Schnittzeitpunkts die Phänologie der auffälligeren Arten kontrolliert. Da die Skala von DIERSCHKE (1972) dem Ueberlappen verschiedener phänologischer Phasen innerhalb derselben Art zu wenig gerecht wird, wurde sie modifiziert. In die Tabelle 4 wurden seltene Arten, Arten mit breitem phänologischen Spektrum (Cirsium arvense z.B. trägt auf demselben Individuum Knospen, offene und verwelkte Blüten) sowie schwierig zu beurteilende Arten (z.B. kleinblütige Kräuter) nicht aufgenommen.

Was der Vergleich der Schnittdaten vermuten lässt, bestätigen die phänologischen Kennwerte vom Juni 1982: Die Vegetation war in ihrer Entwicklung weiter fortgeschritten als 1981, der Schnitt erfolgte gegenüber 1981 zu spät. Nach einem anfänglichen Rückstand im Frühling hatte die Vegetation rasch aufgeholt. Auch im Juli 1982 wies sie gegenüber 1981 einen kleinen Vorsprung auf. (Die phänologische Aufnahme war jeweils zum gleichen Zeitpunkt erfolgt.)  
Gemäht wurde mit einem Einachs-Motormäher. Das Schnittgut wurde unmittelbar nach der Mahd entfernt.

Tab. 4. Phänologische Umschreibung der Schnittzeitpunkte auf der Lunnerallmend

Table 4. Phenological characterization of times of mowing on the Lunnerallmend

Datum der phänolog. Aufnahme (Schnittzeitpunkt)	Phänologische Kennwerte einiger Pflanzenarten						
	Gräser				Kräuter		
	Molinia coerulea	Agrostis gigantea	Calamagrostis epig.	Festuca arundinacea	Inula salicina	Mentha aquatica	Valeriana officin.
1.6.1981 (2./3.6.1981)	1	1	1	4	1	1	3/4
11.6.1982 (15.6.1982)	1 (/5)	1	3	4-5	2	1	4
7.7.1981 (10.7.1981)	6	4	4/6	6/8	3 (/4)	2	6/7
7.7.1982 (14.7.1982)	5-7	4	4-8	9	3/4	2	7

Gräser:

- 1 ohne Blütenstand
- 2 Blütenstand erkennbar, doch noch umhüllt
- 3 Blütenstand fast vollständig sichtbar, z.T. noch umhüllt
- 4\* Blütenstand frei, doch noch nicht entfaltet
- 5\* Blütenstand entfaltet
- 6 erste blühende Aehrchen
- 7 voll aufgeblüht
- 8 verblüht (Antheren leer)
- 9 Halme verwelkt

\* für Molinia coerulea zusammengefasst: 5

Kräuter:

- 1 ohne Blütenknospen
- 2 mit Blütenknospen
- 3 erste blühende Individuen, knospende jedoch noch dominierend
- 4 nur noch wenige Individuen mit Knospen
- 5 erste verblühte Individuen
- 6 blühende und verblühte Individuen, letztere dominierend
- 7 alle verblüht, fruchtend

### 3.3. DÜNGUNGSVERSUCH KLOTEN

#### 3.3.1. Ausgangspunkt

Dieses Düngungsexperiment war als Ergänzung des Versuches auf der Lunnerallmend gedacht, weshalb sich seine Planung nach den dabei gemachten Erfahrungen richtete.

1. Auf den NPK-Parzellen der Lunnerallmend war es wegen der hohen Nährstoffgaben bereits in der ersten Vegetationsperiode zu überaus starken Veränderungen gekommen. Ziel wäre die Erfassung der ersten kleinen Verschiebungen gewesen.
2. Da sich die verabreichten Nährstoffkombinationen nicht nach dem Verhalten der einzelnen Nährstoffe im Boden richteten, ist die Simulation zum Teil als ungenügend zu bezeichnen. Weil Phosphat und Kalium in Mineralböden grundsätzlich gut zurückgehalten werden (s. EGLOFF 1983, Kap. 4.5.), kann die PK-Düngung nur für die oberflächliche Abschwemmung von Humuspartikeln (bei Riedern in Muldenlage mit Aeckern als Nachbarn) und bei angrenzenden organischen Böden als Simulation bezeichnet werden. Trotzdem brachten gerade die PK-Parzellen wertvolle Ergebnisse (EGLOFF 1983, Kap. 4.2.).

Diesen Lücken versuchte ein 1982 und 1983 auf dem Flughafengelände Kloten durchgeführter Versuch Rechnung zu tragen (Kap. 3.3.2.). Ueber die Boden- und Vegetationsverhältnisse orientiert Tabelle 6 (s. Riedfläche Nr. 2). Die Abbildung 6 zeigt den Düngungsversuch und seine unmittelbare Umgebung.

Da die Nullaufnahme verunmöglicht wurde (s. Kap. 3.4.1.), machte ich mir Ende September Notizen über die auffälligen Arten (z.B. Calamagrostis) und zum Zweitaufwuchs.



Abb. 6. Klotener Düngungsfläche (N, NK, NPK: s. Abb. 7)

Fig. 6. Fertilized plot near Kloten (N, NK, NPK: s. fig. 7)

### 3.3.2. Versuchsanlage

Mittels Mineraldüngergaben wurden drei Fälle von indirekter Düngung simuliert:

1. Stickstoffeintrag durch die Niederschläge: Verstärkung durch N-Gaben.
2. Einschwemmung von Harngülle (Jauche): NK-Düngung.
3. Einschwemmung von Vollgülle: NPK-Düngung.

Jeder Fall wurde in zwei Konzentrationsstufen getestet. Die Ausbringung der Mineralstoffe erfolgte in drei Portionen jeweils anfangs April, Mai und Juni. Ueber die Düngermenge gibt Abbildung 7 Auskunft. Für die Stickstoff- und Kaliumgaben wurden dieselben Mineraldünger wie auf der Lunnerallmend verwendet (Tab. 1). Die Auswahl des P-Düngers erfolgte aufgrund der Angaben von HASLER und HOFER (1979). Entleimtes Knochenmehl (30% P, 30% Ca, 10% org.C, 1% N) wurde dem in der Landwirtschaft gebräuchlicheren Thomasmehl vorgezogen, da dessen Phosphatgehalt Schwankungen unterworfen ist. Ammonsalpeter und Kalisalz wurden von Hand ausgestreut; das Knochenmehl, das auch bei scheinbarer Windstille verfrachtet wird, wurde mit Hilfe von Zitronensäure in Wasser aufgelöst und mit der Giesskanne verteilt.

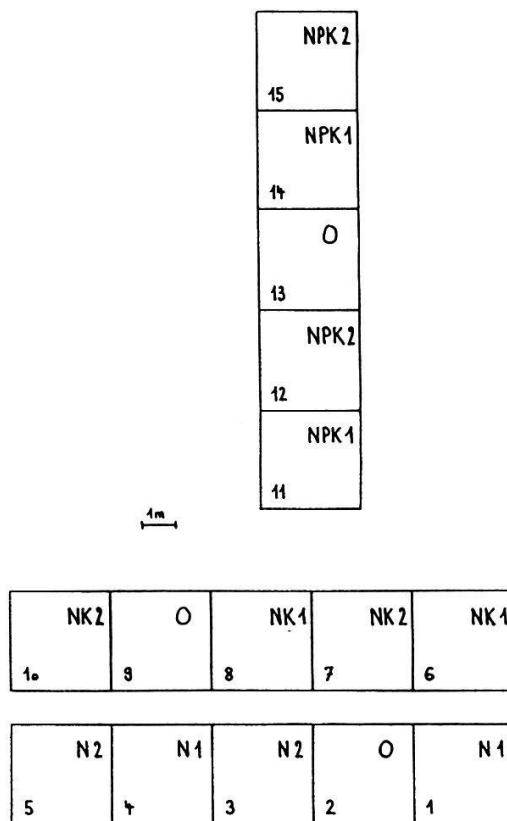


Abb. 7. Anlage des Klotener Düngungsversuchs

Fig. 7. Arrangement of the fertilization test near Kloten

O = ungedüngte Kontrollfläche (Nullparzelle) - unfertilized control plot

Jährliche Nährstoffgaben (in kg/ha) - yearly amount of nutrients:

N1: 20, N2: 40; NK1: 20 N, 35 K; NK2: 40 N, 70 K;

NPK1: 20 N, 7.5 P, 25 K; NPK2: 40 N, 15 P, 50 K

Tab. 5. Erhebungen im Rahmen der Klotener Versuche  
Table 5. Investigations of the experiments near Kloten

Jahr	Düngungsversuch	Regenerationsexperiment
1982	<u>1. Düngungsjahr</u> V, Z, P	<u>1. Regenerationssaison</u> Herbst-Variante: V, Z Frühschnittvarianten: Z vor Schnitt, V und Z vom Zweitaufwuchs alle: P
1983	<u>2. Düngungsjahr</u> V, Z, P (wie 1982)	<u>2. Regenerationssaison</u> Herbst-Variante: V, Z Frühschnittvarianten: V und Z vor Schnitt und vom Zweitaufwuchs alle: P
1984	-	<u>3. Regenerationssaison</u> alle Varianten: V und Z vor Schnitt

P = Photographische Aufnahmen (Kap. 3.11.) - takings of photographs  
V = Vegetationsaufnahmen (Kap. 3.5.) - relevés  
Z = Individuenzählungen (Kap. 3.6.) - countings of individuals

(Tab. 6 s.S. 23)

Tab. 7. Phänologischer Zustand einiger Pflanzenarten zum Schnittzeitpunkt in Kloten

Table 7. Phenological characterization of times of mowing near Kloten

Fläche Nr.	Zeit- punkt	Pflanzenarten						
		Bromus erectus	Calama- grostis epig.	Descham- psia caesp.	Holcus lanatus	Poa pratensis	Fili- pendu- la ulm.	Galium album
3.1 4	Juni	8	1	1	4-8	8	1	3/4
3.2 5	Juli	9	7/8	8	9	9	3/4	7
2	Juni* Juli	Agrostis gigantea	Molinia coerulea	Juncus subnodu- losus	Centaurea angusti- folia	Prunella vulgaris	Succisa pratensis	
		1 7	1 7	1 7	1 4	1 4	1 2	

\* Fruchtschläuche der Kleinseggen zum grössten Teil abgefallen  
(Legende s. Tab. 4, S. 19)



Angaben zu den Stickstoffeinträgen durch die Niederschläge aus den Hydrologischen Jahrbücher der Schweiz (LANDESHYDROLOGIE 1979-1981) bildeten die Grundlage für die Festlegung der Stickstoff-Konzentrationsstufen. Die Werte der Stationen SMA Zürich, Dübendorf und Hausen a.A. liegen zwischen 10 und 30 kg pro Hektare und Jahr; rund zwei Drittel der Werte liegen zwischen 15 und 20 kg. Für die Berechnung der entsprechenden P- und K-Anteile wurden die Gehaltswerte für Harn- und Vollgülle von HASLER und HOFER (1979) herangezogen, wobei der Anteil an Phosphor, dem (bei der Planung dieses Versuchs erst vermuteten) Minimumnährstoff, verdoppelte wurde. Durch den Vergleich der NK- und NPK-Parzellen wird auf die Phosphoreffekte geschlossen werden können.

Da ich den Knotenbinsen aus dem Wege gehen wollte, war es nicht möglich, alle drei Streifen parallel zu legen (Abb. 7).

Die Versuchsfläche wurde wie auch die in Kap. 3.4. vorgestellten Regenerationstestflächen von Fixpunkten aus eingemessen und bodeneben markiert. Ueber die durchgeführten Erhebungen orientiert Tabelle 5. Im Herbst wurde die Fläche zusammen mit den Regenerationsflächen gemäht; das Schnittgut wurde unmittelbar nach der Mahd abgeführt.

Tab. 6. Vegetations- und Bodenverhältnisse der Klotener Versuchsflächen  
Table 6. Vegetation and soil characteristics of the experimental plots near Kloten

Riedparzelle Nr. (s. Abb. 3) (Regenerations- fläche Nr.)	Vegetations- typisierung *	Bodenart	Weitere Boden- kennwerte	Bemerkungen zu den Standorts- verhältnissen	nach Pflege- plan von KLÖTZLI (1975)	nach Vegeta- tionskarte von KLÖTZLI (1962)
2	saure Pfeifen- graswiese  <u>Molinia coeru- lea</u> , Kleinseg- gen, <u>Juncus</u> <u>subnodulosus</u>	vererdeter Nie- dermoortorf  ab ca. 50 cm unter Flur Schlufflehm	pH(CaCl <sub>2</sub> ): 6.2 (CaCO <sub>3</sub> ): 1%  pH: 7.6 (CaCO <sub>3</sub> ): ca. 55%	bezüglich der Wasserverhält- nisse am wenig- sten gestörte Fläche	Streuwiese	v.a. mässig feuchtes und feuchtes Moli- nietum, z.T. Schoenetum fer- ruginei und Juncetum subno- dulosi
(3.1)	<u>Filipendula ul- maria</u> , <u>Holcus</u> <u>Tanatus</u> , <u>Deschampsia</u> <u>caespitosa</u>	schwach toniger Lehm	pH(CaCl <sub>2</sub> ): 0-10 cm: 6.8 10-20 cm: 7.0 darunter: 7.3 (CaCO <sub>3</sub> ): 0-10 cm: 0.2% 10-20 cm: 2.7% 20-30 cm: 1.0% darunter: 0.2%	Schermäuse för- derten Bau- schutt zu Tage. Auch die CaCO <sub>3</sub> - werte weisen auf eine Ueber- schüttung hin. (s.Kap. 2.2.1.)	(nicht einge- tragen)	Mesobrometum/ trockenes Molinietum und Filipenduletum
3	(3.2) <u>Calamagrostis</u> <u>epigeios</u>					
4	<u>Galium album</u> , <u>Cirsium arvense</u> , <u>Holcus Tanatus</u> , <u>Calamagrostis</u> <u>epigeios</u>	bis ca. 20 cm: schwach sandi- ger Lehm, darunter schwach toniger Lehm	pH(CaCl <sub>2</sub> ): oberhalb 40 cm unter Flur: 7.3 darunter: 7.1 (CaCO <sub>3</sub> ): oberhalb 40 cm: ca. 20% unterhalb: ca. 0.2%	pH- und CaCO <sub>3</sub> - Profil deuten auf eine Ueber- schüttung im Verlauf der Bauarbeiten hin	Streuwiese, gestört	Mesobrometum/ trockenes Molinietum
5	<u>Juncus inflexus</u> , <u>Solidago sero- tina</u> , <u>Equisetum pa- lustre</u> , <u>E. arvense</u>	schwach sandi- ger Lehm, ab ca. 40 cm Sand mit Kies	pH Oberboden: 7.2 Oberboden schwach karbo- nathaltig (nach SCHRÖDER 1972)	<u>Juncus</u> siedelt in den von den Bauarbeiten verursachten Karrenspuren (s.Kap. 2.2.1.)	(nicht einge- tragen)	dichter Busch

\* Die dominierenden Arten, die für die Wahl der Versuchspartzen ver-  
antwortlich waren, sind unterstrichen - underlined species were  
responsible for choice of experimental areas

### 3.4. REGENERATIONSEXPERIMENT KLOTEN

#### 3.4.1. Vorbemerkungen

Im Gegensatz zum Regenerationsexperiment auf der Lunnerallmend wurde hier von stark veränderten Riedflächen ausgegangen, die zum grossen Teil nur noch wenige typische Streuwiesenpflanzen tragen. Da eine mögliche Regeneration des früheren Zustands wohl kaum erreichbar sein wird, müsste gemäss der Bemerkung in Kapitel 1 der Begriff Regeneration konsequenterweise vermieden werden.

Die Auswahl der Versuchsflächen erfolgte bei Begehungen im Juli 1981. Auswahlkriterien waren "störende", d.h. in grosser Zahl in Riedern unerwünschte Arten, die dominierten und mehr oder weniger homogen eine Fläche von ca. 1 Are bedeckten. Falsche Informationen hatten zur Folge, dass die Riedflächen bereits Mitte August 1981, bevor ich meine Versuchsflächen hatte markieren können, gemulcht worden waren, so dass die geplante Nullaufnahme auf allen späteren Düngungspartzen und Bewirtschaftungsvarianten ins Wasser fiel. Den Ausgangszustand der Regenerationsflächen repräsentieren nun die Zählungen vor dem ersten Frühschnitt 1982 sowie die Aufnahme der Herbst-Variante im Jahre 1982.

#### 3.4.2. Charakterisierung der Versuchsflächen

Tabelle 6 stellt die fünf Regenerationsflächen vor. Höchstens zwei (3.1 und 4) sind vergleichbar.

#### 3.4.3. Versuchsanlage

Bezüglich der Bewirtschaftungsvarianten bestehen keine Unterschiede zur Lunnerallmend (s. Kap. 3.2.2.). Doch verlangten die Vegetationsverhältnisse eine Aneinanderreihung der je 25 m<sup>2</sup> grossen, durch einen 1m breiten Streifen voneinander getrennten Juni-, Juli- und Herbstschnittpartzen. Ueber die durchgeführten Erhebungen orientiert Tabelle 5.

#### 3.4.4. Bewirtschaftung

Im Unterschied zur Bewirtschaftung der Regenerationsflächen der Lunnerallmend kann auch der herbstliche Schnittzeitpunkt von uns bestimmt werden. Sonst wurde gleich vorgegangen (siehe Kap. 3.2.3.).

Schnittdaten: 1982: 8. Juni, 15. Juli, 29. und 30. September

1983: 9. Juni, 12. Juli, 6. Oktober

1984: 6. Juni, 18. Juli, 3. Oktober

Tabelle 7 enthält die phänologische Charakterisierung der Schnittzeitpunkte.

Auf den Flächen 2, 3.1, 3.2 und 4 wird das Experiment weitergeführt, wobei das Bewirtschaftungsregime entsprechend der Vegetationsentwicklung modifiziert wird. So wurde z.B. die Juni-Variante 3.2, welche bereits am Anfang etwas ärmer an Calamagrostis epigeios und reicher an Molinia coerulea war als die beiden anderen Varianten, 1984 aufgrund der Erhebungen im Sommer 1983 nur im Herbst geschnitten.

### 3.5. VEGETATIONS-AUFNAHMEN

1978, vor Beginn des Düngungsversuchs, erfolgte nur auf den späteren N1-Parzellen (Abb. 5) eine Vegetationsaufnahme nach BRAUN-BLANQUET (1964). 1979 wurde die Braun-Blanquet-Skala im unteren Bereich durch Einführung von Zwischenstufen (z.B. 1-2) etwas verfeinert. Die 1981 vorgenommene weitergehende Verfeinerung richtete sich nach den Hilfstafeln von GEHLKER (1977). Wegen der Grösse der Aufnahmeflächen ( $8\text{ m}^2$  bzw.  $25\text{ m}^2$ ) war die Skala von LONDO (1975) nicht anwendbar. Aufgenommen wurden die Blütenpflanzen und die Schachtelhalme (Nomenklatur nach HESS et al. 1972-1977); die Moose blieben unberücksichtigt.

Ab 1981 wurde zusätzlich vermerkt, ob die Art auch in fertilem oder nur in sterilem Zustand vorkam. Bisweilen wurden im Laufe des Juni in einer Teilaufnahme die fertilen Seggen (Carex spec.) sowie weitere noch erfassbare Frühblüher notiert. Auf den Parzellen ohne Frühschnitt erfolgte die Hauptaufnahme im Zeitraum zweite Hälfte Juli/Anfang August. Dieser Zeitraum ist für Vegetationsaufnahmen in niederwüchsigen Riedwiesen als ideal zu bezeichnen, da nur wenige Arten bereits verblüht sind und ferner restlos beurteilt werden kann, ob eine Art fertil oder nur vegetativ vorkommt, da zumindest Blütenknospen erkennbar sind. Für hochwüchsige Pfeifengraswiesen und Hochstaudenrieder ist ein Aufnahmezeitpunkt um die Julimitte zu empfehlen, da die Ende Juli erreichte Vegetationshöhe die Beurteilung der Deckungsgrade erschwert. Anfang September erfuhren die Aufnahmen eine Ergänzung durch die Spätblüher (Gentiana, Parnassia). Von der Vegetation der Klotener Frühschnittflächen wurde im zweiten und dritten Regenerationsjahr auch vor dem Schnitt eine Aufnahme gemacht. Sonst wurde mit Vegetationsaufnahmen nur der Zweitwuchs protokolliert; derjenige der Juni-Varianten ca. Mitte August, derjenige der Juli-Varianten anfangs September.

Zur Vermeidung von Trittschäden wurden die Versuchsflächen kaum betreten, weshalb die Aufnahmen keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben (Dies betrifft insbesondere die nur steril vorkommenden Gräser.). Doch die Fragestellungen (Zurückdrängung häufig vorkommender unerwünschter Arten; Forderung typischer Riedpflanzen; Testen von Ueberwachungsmethoden u.a.) verlangen dies auch nicht.

Auf der Lunnerallmend traten auf den trockeneren Versuchsflächen oft Molinia-Individuen mit Litoralis-Habitus auf, die jedoch aufgrund der Merkmalsanforderungen von HESS et al. (1972-1977) höchst selten als M. litoralis angesprochen werden konnten. Es kann sich um eine Varietät vom M. coerulea oder um einen Bastard handeln. In der Folge ist demnach lediglich von Molinia coerulea die Rede.

Die Tabellen 8 (Lunnerallmend) und 5 (Kloten) geben eine Zusammenstellung sämtlicher vorliegender Aufnahmen und  $0.25\text{ m}^2$ -Zählungen (s. Kap. 3.6.).

### 3.6. INDIVIDUENZAEHLUNGEN

Um feine Unterschiede erfassen zu können und für kleine Veränderungen ein objektive(re)s Mass zu besitzen, wurden auch Individuenzählungen vorgenommen.

Auf jeder Bewirtschaftungsvariante der Regenerationstestflächen, auf den Kontroll- und ehemaligen PK-Flächen der Lunnerallmend sowie auf den Klo-

tener Düngungsparzellen wurden drei Stellen markiert, die jeweils die linke untere Ecke des 0.25 m<sup>2</sup> grossen Zählrahmens bildeten. In der unmittelbaren Umgebung der Versuchsflächen wurde der Zählrahmen willkürlich ausgeworfen. Die Zählungen erfolgten unmittelbar vor dem Schnitt. Die fertilen und sterilen Individuen wurden getrennt aufgenommen; im Juni war dies jedoch wegen des Entwicklungsstands der Vegetation kaum möglich. Auf den Protokollen der Juni-Varianten fehlen deshalb z.B. Molinia und Agrostis.

Für die statistische Auswertung (Kap. 3.7.) wurden die Werte der Blüten bzw. -knospen tragenden und der nur vegetativ vorkommenden Individuen addiert. Eine getrennte Behandlung erfuhren lediglich die Individuen von Centaurea angustifolia in Kap. 4.1.1.

Bei der Erfassung des Zweitaufwuchses machten Inula salicina, Pulicaria dysenterica, Lythrum salicaria und Lysimachia vulgaris Schwierigkeiten, da einem abgeschnittenen Stengel öfters mehrere Stengel entsprossen. Da das Zählen eine rationelle Kontrollmethode sein soll, wurden von Filipendula ulmaria, deren Wuchsform Schwierigkeiten macht, nur die Stengel mit Blüten(knospen) erfasst. Das sich stark verzweigende und deshalb ein Gewirr bildende Galium album wurde überhaupt nicht gezählt, nachdem zuerst dasselbe wie bei Filipendula versucht worden war.

Tab. 8. Vegetationserhebungen auf der Lunnerallmend  
Table 8. Investigation of vegetation on the Lunnerallmend

Jahr	Düngungsflächen	Kontrollflächen	Regenerationsflächen (ehem. N-Parzellen, ab 1981)
1978	V auf N1	V	
1979 Düngungs- 1980 jahre	V auf N und P	V -	
1981 Jahre mit 1982 Frühschnitt	(V,Z auf N(HV) ) P: V und Z (nur 1981)	V und Z	HV: V, Z FV: vor Schnitt Z, im Herbst V und Z
1983	(V,Z auf N(HV) ) P: V und Z (wie 1981)	V und Z	V und Z

- N = Stickstoff-Parzellen (N1: s. Abb.5A, Kap. 3.1.2.) - plots fertilized with PKN  
P = Phosphor-Parzellen (Kap. 3.1. - plots fertilized with PK  
HV = Herbst-Variante (Kap. 3.2.) - treatment with mowing in autumn  
FV = Frühschnittvarianten (Kap. 3.2.) - treatments with additional early mowing  
V = Vegetationsaufnahmen (Kap. 3.5.) - relevés  
Z = Individuenzählungen (Kap. 3.6) - countings of individuals

### 3.7. STATISTISCHE AUSWERTUNG DER VEGETATIONS DATEN

Die Vegetationsaufnahmen und die Individuenzählungen wurden für jede Versuchsfläche getrennt ausgewertet.

#### 3.7.1. Datenaufbereitung Lunnerallmend

Die Werte der drei 0.25 m<sup>2</sup>-Zählungen wurden zu m<sup>2</sup>-Angaben umgerechnet, wobei die Zahlen fertiler und steriler Individuen addiert wurden. Succisa pratensis und Symphytum officinale konnten nicht berücksichtigt werden, da ihre fertilen Individuen eine von Individuum zu Individuum unterschiedliche Stengelzahl besitzen. Diese wurden zwar auch erfasst, doch wäre eine Addition mit den nur vegetativ vorkommenden Individuen fragwürdig.

Nicht nur bei der statistischen Auswertung liegt das Schwergewicht auf den einzelnen Arten, um zu den diagnostisch, d.h. für die floristische Ueberwachung von Riedgebieten brauchbaren zu gelangen. Um in die Datenmatrize aufgenommen zu werden, musste die einzelne durch Zählungen erfasste Art deshalb folgende Bedingungen erfüllen:

- auf mindestens drei der fünf Varianten (3 Bewirtschaftungsvarianten, ehemalige PK-Parzelle, ungedüngte Umgebung) vorkommend
- mit mehr als 3 Individuen pro Quadratmeter auftretend

Keine Berücksichtigung fanden die Deckungsgrade folgender Gruppen:

- a) Cyperaceae, fast ausschliesslich Gattung Carex, mit Ausnahme von Carex acutiformis (auf Fläche 20 dominierend). Grund: z.T. unsichere Angaben, da Bestimmung im sterilen Zustand; 1980 nicht aufgenommen; diagnostisch kaum geeignet.
- b) Selten, z.T. nur zufällig (nicht) erfasste Arten (Kap. 3.5.). Grund: Vermeidung von die Interpretation der Resultate erschwerenden, eventuell sogar verzerrenden "Nebengeräuschen".
- c) Unauffällige Arten, auch wenn häufig auftretend (vor allem Potentilla erecta). Grund: wie b).
- d) Konstante Arten, in sämtlichen Jahren und auf allen Varianten nur mit Deckungswerten von 1 und/oder 3% notiert. Diagnostische Bedeutung somit schon im voraus absehbar.

Für die statistische Auswertung wurden die Deckungswerte zu Prozentzahlen transformiert.

#### 3.7.2. Datenmatrizen Lunnerallmend

Für jede Versuchsfläche wurden gemäss den in Kap. 3.7.1. aufgeführten Kriterien drei Datenmatrizen zusammengestellt. Die Matrizen 1 und 2 wurden den in Kap. 3.7.4. beschriebenen Analysen unterzogen, Matrix 3 nur den in Kap. 3.7.4.2. erwähnten.

**Datenmatrix 1, Düngungsexperiment:** Deckungsgrade 1978-1983 der N- (ab 1981 nur der Mittelstreifen) und P-Parzellen sowie benachbarter, zur gleichen Vegetationseinheit gehörender Kontrollflächen.

**Datenmatrix 2, Regenerationsexperiment I:** Individuenzählungen und Deckungsgrade der Jahre 1981-1983, von den Frühschnittvarianten nur diejenigen von 1983 (1981 und 1982 wurde nur der Zweitaufwuchs aufgenommen),



sowie die entsprechenden Werte der ehemaligen P-Parzellen, die Zähl-  
daten der ungedüngten unmittelbaren Umgebung und die Werte benachbarter Kon-  
trollflächen. Die Zähl-  
daten der Umgebung wurden mit den Deckungsgraden  
der Aufnahmen von 1978 ergänzt.

**Datenmatrix 3, Regenerationsexperiment II:** Zähl-  
daten der Jahre 1981-1983  
sämtlicher Bewirtschaftungsvarianten, ohne diejenigen des Zweitaufwuch-  
ses, sowie die Werte der ungedüngten Umgebung.

Die Juni-Werte von Molinia coerulea, zu diesem Zeitpunkt noch ohne Blü-  
tenstand, wurden inter- bzw. extrapoliert. Agrostis gigantea musste weg-  
gelassen werden, weil dasselbe, mit Ausnahme von Fläche 18, nicht mög-  
lich war. Das ist bedauerlich, denn Agrostis spielte auf mehreren Flä-  
chen eine zentrale Rolle.

### 3.7.3. Datenaufbereitung und Datenmatrizen Kloten

#### 3.7.3.1. Düngungsversuch

Arten, die nur auf einer oder zwei der insgesamt 15 Düngungsparzellen  
durch Zählungen erfasst wurden, fanden in der Datenmatrix keine Aufnah-  
me. Aus den Aufnahmen wurden nur die Deckungsgrade derjenigen Arten  
übernommen, bei denen 1983 gegenüber 1982 deutliche Änderungen notiert  
wurden.

Nachträglich eliminiert wurden die Halmzahlen von Molinia sowie die als  
Summen übernommenen Halmzahlen der Carex-Arten (vor allem Carex hostiana  
und C. panicea; wenig C. flacca, C. flava und C. gracilis). Molinia und  
Carex spec. nahmen zwar bezüglich der Beiträge zur Erklärung der Gesamt-  
varianz die Ränge 1 und 2 ein, doch spiegeln sich in ihren Halmzahlen  
die jährlichen Schwankungen sowie die kleinflächige Heterogenität der  
Vegetation, die durch drei Zählquadrate à 0.25 m<sup>2</sup> nicht "ausgeglichen"  
werden konnte.

Folgende Arten bilden das Kap. 4.3. zugrundeliegende Datenpaket:

**Gräser:** Deschampsia caespitosa\*

Festuca arundinacea und F. pratensis (zusammengefasst)

Festuca rubra\*

Holcus lanatus\*

Phragmites communis

**Kräuter:** Cirsium palustre\*

Filipendula ulmaria\*

Lathyrus pratensis

Lysimachia vulgaris\*

\* Arten, die mit ihren Individuenzahlen und Deckungsgraden aufgenommen  
wurden.

#### 3.7.3.2. Regenerationsexperiment

Wie vor allem in Kap. 3.4.2. dargelegt wurde, sind die fünf Versuchsflä-  
chen zu verschieden, als dass sie gemeinsam ausgewertet werden könnten.  
Dies und die kurze Versuchsdauer haben Datenmatrizen von geringem Umfang  
zur Folge, so dass die Auswertung ohne EDV-Hilfe auskommt. Ueber die Da-  
tengrundlage gab bereits Tabelle 5 Auskunft. Vor dem ersten Frühschnitt  
(1982) waren keine Aufnahmen gemacht worden. Die Daten zum Zweitaufwuchs  
wurden nicht in die Matrix integriert.

Folgende Kriterien waren bei der Zusammenstellung der Datenmatrizen

massgebend: Die Arten mussten auf mindestens zwei der drei Varianten vorkommen und auf ebenso vielen Varianten eindeutige Veränderungen zeigen. Ein Wechsel von 1% zu 3% Deckung oder umgekehrt wird dabei nicht als eindeutig betrachtet. Ebenso wurden Arten, die nur mit 1-4 Individuen pro m<sup>2</sup> vorkamen, weggelassen, weil bei einer derart geringen Gesamtindividuenzahl bereits ein übersehenes Individuum ins Gewicht fällt. Grundsätzlich unberücksichtigt blieben die Cyperaceae. In Ausnahmefällen wurden auch Arten übernommen, die die Kriterien nicht erfüllen. Das können z.B. Arten sein, die auf ein Schnittregime stark reagierten. Wenn die Zählraten einer bestimmten Art die Kriterien erfüllten, wurden die Deckungsprozentwerte auch dann übernommen, wenn sie den Kriterien nicht entsprachen.

Wie bereits beim Düngungsversuch (Kap. 3.7.3.1.), wurden nah verwandte, schlecht unterscheidbare Arten zusammengefasst, z.B. Poa pratensis und P. trivialis.

### 3.7.4. Statistische Analysen

#### 3.7.4.1. Diskriminanzanalyse

Mit Hilfe der Diskriminanzanalyse können diejenigen Arten eruiert werden, die Gruppen von Aufnahmen am besten trennen. Ihre Resultate geben aber kaum Auskunft über Entwicklungstendenzen; sie ist also gerade für den langjährigen Düngungsversuch auf der Lunerallmend ungeeignet. Sie hilft aber bei der Eruiierung derjenigen Arten, die am stärksten auf die Düngung bzw. das Schnittregime reagierten, für den ersten Fall also der Arten, denen bei der Ueberwachung von Schutzgebieten am meisten Beachtung geschenkt werden muss.

Die in dieser Arbeit verwendete "stepwise discriminant analysis" (Programm 7M aus DIXON 1981) bildet Diskriminanzfunktionen (kanonische Variablen) zur Trennung vorgegebener Gruppen, indem sie schrittweise Merkmale (in unserem Fall Deckungsgradwerte oder Zählraten) auswählt. Die zuerst gewählte Variabel trennt die Gruppen am besten; wenn ein weiteres Merkmal keine signifikant bessere Trennung ergibt, wird die Analyse abgebrochen. Anschliessend werden die nicht eingeteilten Fälle den vorgegebenen Gruppen zugeordnet. Ein "Fall" entspricht hier einer mit Zählraten ergänzten reduzierten Vegetationsaufnahme (Kap. 3.7.1.).

Für die in Kapitel 4.4.3. zur Besprechung gelangenden Analysen der Regenerationsexperimente auf der Lunerallmend wurden folgende Gruppen vorgegeben:

- a) 1. ungedüngt - 2. Herbst-Variante am Schluss (1983)  
    Zugeordnet werden: Juni- und Juli-Varianten 1983
- b) 1. Herbstvariante - 2. Juni-Variante - 3. Juli-Variante (alle 1983)

#### 3.7.4.2. Gruppierungs-/Cluster- und Korrespondenzanalyse

Was die Diskriminanzanalyse nicht zu erfüllen vermag, wird mit diesen Analysen angestrebt. Es sollen Entwicklungstendenzen, "verwandschaftliche Beziehungen" und Ähnlichkeiten zwischen den verschiedenen Aufnahmen aufgezeigt werden (z.B.: Zeigen die Frühschnittvarianten eine Tendenz, sich der ungedüngten Umgebung anzugleichen? Stabilisiert sich die Vegetation auf den Herbstschnittvarianten?).

Die Clusteranalyse liefert einen "Ähnlichkeitsbaum" (Dendrogramm) der Aufnahmen. Die Resultate der Korrespondenzanalyse, Koordinaten für alle



Aufnahmen, lassen sich in einem zwei- oder dreidimensionalen Koordinatensystem darstellen (Ordination). Der Abstand zwischen den Aufnahmen ist ein Mass für ihre Verwandtschaft.

Beide multiplen Analysen wurden mit dem Programmpaket von WILDI und ORLOCI (1983) durchgeführt. Alle im folgenden erwähnten Programmnamen beziehen sich auf dieses Handbuch:

- In einem ersten Schritt wurden die Daten (= Deckungsprozentwerte und Zählraten) zu ihren "Abweichungen vom Erwartungswert" (deviation from expectation) transformiert (INIT, Option 3).
- Die Clusteranalyse (CLTR) wurde mit Option 2 (complete linkage clustering) durchgeführt. Die ihr zugrunde liegende Ähnlichkeitsmatrix wurde mit dem "Koeffizienten von van der Maarel" berechnet (RESE, Option 7). Die Analyse liefert ein Aufnahme- oder Artendendrogramm.
- Die Korrespondenzanalyse und die Ordination deren Resultate seien etwas näher erläutert, da sie die wichtigste Grundlage für die Aussagen in den Kap. 4.2.1. 4.2.2., 4.3.2. und 4.4.3. bilden:

Man muss sich die Gesamtheit aller Arten als mehrdimensionales Achsensystem vorzustellen versuchen, in dem jede Art eine Dimension, eine Achse bildet. (Die mit dreidimensionalen Abbildungen versehenen Erklärungen von GROENEWOOD (1965) sind dazu sehr hilfreich.) Die Skalierung der Achsen entspräche unseren (transformierten) Deckungsprozentwerten. Nun lässt sich jede Aufnahme in diesem System als ein Punkt darstellen. Programm RESE vergleicht nach einem bestimmten (gewählten) Ähnlichkeitsmass alle Arten (Achsen) miteinander. Bei zehn Arten erhalten wir somit eine Ähnlichkeitsmatrix von 100 Werten. Auf den (transformierten) Daten und der Ähnlichkeitsmatrix aufbauend spannt nun das Programm PCAB, das aufgrund der bisher getroffenen Entscheide (= der gewählten Optionen) eine Korrespondenzanalyse durchführt, über das bestehende Achsensystem ein neues auf, wobei die erste Achse so gelegt wird, dass sie ein Maximum der Gesamtvarianz erklärt. Die zweite Achse steht senkrecht zur ersten und erklärt ein Maximum an Restvarianz. Bei der Festlegung der weiteren Achsen geht PCAB analog vor. Auf diese Weise kann die Gesamtzahl der Achsen, die ursprünglich je für eine Art standen, reduziert werden; die Merkmale (hier Arten) werden zusammengefasst (aber nicht addiert). Das Programm PCAB liefert folgende Informationen:

- Prozentuale Beiträge der einzelnen neuen Achsen zur Erklärung der Gesamtvarianz. (Diese sind jeweils im Abbildungstext aufgeführt.)
- Koordinaten der Aufnahmen, die mit Programm ORDB dreidimensional dargestellt (ordiniert) werden, wobei die Achsen gewählt werden können. In dieser Arbeit wurden immer die ersten drei (neuen) Achsen berücksichtigt.
- Koeffizienten, die ein Mass für die Uebereinstimmung der alten mit den neuen Achsen sind. Bei Diagramm 3-A (Abb. 17) z.B. haben die alten Achsen Solidago serotina und Molinia coerulea bei der neuen 1. Achse die grössten Koeffizienten. Man kann deshalb sagen, dass diese beiden Arten bezüglich der 1. Achse den grössten Beitrag zur Erklärung der Varianz liefern. In unserem Fall lassen sich die von PCAB festgelegten neuen Achsen häufig mit nur zwei, drei Arten (= alte Achsen) erklären. Es ist auch möglich, dass eine Art an zwei neuen Achsen wesentlichen Anteil hat.

### 3.8. PRODUKTIONSMESSUNGEN

Im Rahmen des Regenerationsexperimentes auf der Lunnerallmend schnitten wir jeweils unmittelbar vor dem Schnitt auf der jeweiligen Bewirtschaftungsvariante und in der ungedüngten Umgebung der Versuchsflächen Nr. 1, 3, 6, 13, 14, 15 und 20 je drei Biomasse-Proben von 0.25 m<sup>2</sup>. Im Herbst wurden auch vom Zweitaufwuchs der Frühschnitt-Varianten und auf den ehemaligen P-Parzellen Proben genommen (Tab. 3).

Die 0.25 m<sup>2</sup> grossen Schnittkreise auf den Bewirtschaftungsvarianten wurden eingemessen; in beiden Jahren wurde an derselben Stelle abgeerntet. Für die Probenahme in der Umgebung wurde der ringförmige Schnittrahmen willkürlich ausgeworfen. Die oberirdische Biomasse wurde bis auf ca. 3 cm über Grund abgeschnitten, anschliessend im Labor sortiert (Gras-Fraktion, Fraktionen dominierender Kräuter\*, Kräuter-Restfraktion) und schliesslich im Trockenschrank getrocknet (16 Stunden mit Frischluft bei 80°C plus 8 Stunden mit Umluft bei 105°C).

\* "Kräuter" ist als "landwirtschaftliche Artengruppe" zu verstehen.

### 3.9. MINERALSTOFFANALYSE DES SCHNITTGUTS

Nachdem die Biomasseproben (Kap. 3.8.) der N1-Parzellen der Flächen 3, 13, 14, 15 und 20 sowie die entsprechenden Referenzproben aus der Umgebung sortiert und getrocknet worden waren, wurden sie mit der Schere in kleine Stücke geschnitten und anschliessend gemahlen.

Der Gesamtstickstoffgehalt wurde nach der Kjeldahl-Methode bestimmt (mit geringen Modifikationen nach SCHLICHTING und BLUME 1966), wobei die Einwäge an Pflanzematerial 0.4 g betrug.

Bei der Bestimmungen der P- und K-Gehalte richteten wir uns nach den Anleitungen der Eidg. land. Forschungsanstalten (s. z.B. FAP 1975-1977). Die 5 g-Proben wurden 3 Stunden lang bei 540°C trocken verascht und anschliessend in 25%iger Salzsäure gekocht. Die Phosphorbestimmung erfolgte kolorimetrisch als gelber Phosphorvanadomolybdat-Komplex mit einem Spektralphotometer (Philipps SP-6-550) bei 420 nm, während die Kaliumgehalte mit einem Atomabsorptionsspektrometer (Perkin-Elmer 373) bei 766.5 nm bestimmt wurden.

### 3.10. BODENKUNDLICHE METHODEN

Die Versuche wurden von keinen Bodenuntersuchungen begleitet. Die wenigen durchgeführten bodenchemischen- und physikalischen Analysen dienten der Charakterisierung der Versuchsflächen (Kap. 2.1.1., 3.4.2., Tab. 6).

- **pH-Wert:** In Wasser- und 0.01 m CaCl<sub>2</sub>-Suspension (nach FAP 1975-1977).
- **CaCO<sub>3</sub>-Gehalt:** Nach Scheibler (SCHLICHTING und BLUME 1966).
- **Gehalt an Organischer Substanz:** Bestimmung des Gehalts an organischem Kohlenstoff nach Walkley und Black (STICHER et al. 1971). Multiplikation der Werte mit 2 (nach SCHROEDER 1972).
- **Korngrössenfraktionen:** Nach STICHER et al. (1971); Modifikation: nicht mit luftgetrockneter, sondern mit bei 105°C getrockneter Feinerde.

### 3.11. PHOTOGRAPHISCHE AUFNAHMEN

Unmittelbar vor den Frühschnitt-Terminen und im Abstand von ca. einem Monat wurde die Vegetation aller Regenerationsflächen jeweils von denselben Stellen aus photographisch festgehalten. Ebenfalls in Monatsintervallen wurden die Klotener Düngungsflächen aufgenommen, während von den ehemaligen PK-Parzellen der Lunnerallmend nach 1979 nur noch sporadisch Aufnahmen gemacht wurden. Verwendet wurden ein Weitwinkelobjektiv ( $f=28$  mm), Normalfarben-Diafilme und teilweise eine Kiste als "Aufnahmewarte".