

AUSWIRKUNGEN MENSCHLICHER EINFLÜSSE AUF DIE STABILITÄT EINES SUBALPINEN BORSTGRASRASENS

*Analysen an alten und neuen Daten aus der „Versuchsweide“
auf der Schynigen Platte ob Interlaken (CH)*

*Inauguraldissertation
der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Bern*

*vorgelegt von
SVENJA TIDOW
von Deutschland*

Leiter der Arbeit: Prof. Dr. David M. Newbery
Institutsdirektor
Geobotanisches Institut
(Vegetationsökologie)
Universität Bern

Originaldokument gespeichert auf dem Webserver der Universitätsbibliothek Bern



Dieses Werk ist unter einem

Creative Commons Namensnennung-Keine kommerzielle Nutzung-Keine Bearbeitung
2.5 Schweiz Lizenzvertrag lizenziert. Um die Lizenz anzusehen, gehen Sie bitte zu
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ch/> oder schicken Sie einen Brief an
Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.

Urheberrechtlicher Hinweis

Dieses Dokument steht unter einer Lizenz der Creative Commons
Namensnennung-Keine kommerzielle Nutzung-Keine Bearbeitung 2.5 Schweiz.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ch/>

Sie dürfen:



dieses Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen

Zu den folgenden Bedingungen:



Namensnennung. Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen (wodurch aber nicht der Eindruck entstehen darf, Sie oder die Nutzung des Werkes durch Sie würden entlohnt).



Keine kommerzielle Nutzung. Dieses Werk darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden.



Keine Bearbeitung. Dieses Werk darf nicht bearbeitet oder in anderer Weise verändert werden.

Im Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen die Lizenzbedingungen, unter welche dieses Werk fällt, mitteilen.

Jede der vorgenannten Bedingungen kann aufgehoben werden, sofern Sie die Einwilligung des Rechteinhabers dazu erhalten.

Diese Lizenz lässt die Urheberpersönlichkeitsrechte nach Schweizer Recht unberührt.

Eine ausführliche Fassung des Lizenzvertrags befindet sich unter

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ch/legalcode.de>

It's all very simple. Or else: it's all very complex. Or perhaps it's neither. Or both.

Meiner Familie

Begriffsdefinitionen und häufig verwendete Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
Versuchsweide=VW	Die 360 von LÜDI angelegten und eingezäunten Flächen auf der Schynigen Platte
Weideplan	Im Anhang befindet sich eine schematische Abbildung von der Flächenaufteilung in der Versuchsweide. Die Versuchsweide ist nur ein kleiner Teil der Weide auf der Schynigen Platte
Schema	Die Abbildung im Anhang verdeutlicht auf einer Zeitachse den Ablauf der Untersuchungen in den ausgewählten Flächen.
„Nutzung“	Mahd einzelne Flächen mit einer Sichel zur Bestimmung der Biomasse
„natürlicher Rasen“	Begriff von LÜDI zur Abgrenzung von Flächen mit behandelter Grasnarbe (z. B. geschält/gehackt)
Perioden	Die beiden Untersuchungszeiträume von LÜDI
Versuchsperiode 1	LÜDIS Arbeiten in der Versuchsweide von 1930-1945 ¹
Versuchsperiode 2	LÜDIS Arbeiten in der Versuchsweide von 1946-1958
Parallelfächen	Flächen gleicher Behandlung in der Weide, jedoch nicht nebeneinanderliegend. Alte Flächen: im immer wiederkehrender Reihenfolge verteilt, neue Flächen randomisiert angeordnet
Einzäunung	Fernhalten der Rinder durch Erstellen eines Zaunes rund um die Versuchsweide. 1930 durch LÜDI zum ersten Mal, ~1980 zum zweiten Mal.
Reihe	5 Parallelfächen in LÜDIS Versuchen, 6 Flächen im neuen Versuch
„Gruppe“	Eine Anzahl Reihen, welche außer der Düngung gleich behandelt wurden (vgl. DÄHLER 1993:17). z. B. „Gruppe“ X
TB	Angaben und Zitate aus LÜDIS Tagebüchern
Teile	die drei Untersuchungs- und Darstellungsschwerpunkte in dieser Arbeit
Alte Flächen	Die durch LÜDI ab 1931 angelegten Flächen und die Daten aus ausgewählten bestehenden Flächen der Versuchsweide
Alte Daten (Teil 1)	
Neue Flächen	Die 1994 angelegten Flächen in der Versuchsweide und die Daten aus diesen 42 neuen Flächen.
Neue Daten (Teil 2)	
Zusammensetzung (Teil 3)	Gemeinsame Auswertung und Darstellung der neuen und alten Daten für die Behandlungen Null, NPKCa, Ca und NPK nach multivariaten Methoden. Hierdurch soll der hypothetische Verlauf der Entwicklungen dargestellt werden
F ₂₈	„Standardfestucetum“: 10 Vegetationsaufnahmen von Festucetum-Flächen im Alpengarten aus dem Jahre 1928 (LÜDI 1948:34ff.). Zur Vergleichbarkeit wurde die Codierung in Deckungsprozent umgerechnet.
N ₃₂	„Standardnardetum“: 10 Aufnahmen der Nullflächen der Versuchsweide („Gruppen“ XVI und XVII) aus den Jahren 1931 und 1932.
Zentroid	Künstlich generierte Aufnahme aus allen Originalaufnahmen einer Behandlung in einem Jahr. Die Berechnung erfolgte jeweils gewichtet und ungewichtet.
*	Darstellung der Zentroide der jeweiligen Flächen in den Fuzzy-Set-Ordinationen
#	In den Fuzzy-Set-Ordinationen: Zentroid von F ₂₈ resp. N ₃₂ . Sonst: Anzahl
t	Im Zugehörigkeitsdiagramm: Ähnlichkeit der Flächen im Vergleich zum Standardnardetum
plot	Im Zugehörigkeitsdiagramm: Ähnlichkeit der Parallelfächen untereinander
Gruppe	Gruppe von Arten entsprechend der pflanzensoziologischen Unterteilung oder der Einteilung in Futterwerte oder Wuchsformen (z.B. D NPK-Gruppe, Gruppe der guten Futterpflanzen, Gruppe der Nardetumgräser, Gruppe der Satellitenarten)
Basislinie	Entwicklung der Vegetation in den Nullflächen der „Gruppe“ X und XI, als Grundlage für die Interpretation düngungsbedingter Veränderungen.
Null ₃₁	Die 10 ungedüngten Parallelfächen, resp. das Zentroid, aus 5 Flächen der „Gruppe“ XVI und XVII für das Jahr 1931
NPKCa ₃₆	Die 5 NPKCa-gedüngten Parallelfächen, resp. das Zentroid, der „Gruppe“ V für das Jahr 1936
Ca ₃₂ , Ca ₉₀ , NPK ₃₆ .	Alle Parallelfächen und ihre Zentroide werden für jedes Jahr und jede Behandlung analog abgekürzt
B	Beweidung
M	Mahd
'	Nutzungseinfluß. ' nach dem <i>Gesellschaftskürzel</i> „N“ bedeutet: durch Mahd beeinflusst. ' nach der <i>Düngungsbezeichnung</i> bedeutet: nun <i>auch</i> durch Beweidung beeinflusst
N'	Das sich nach der ersten Einzäunung der Weide durch Mahd (ohne Düngung) entwickelnde Nardetum (z.B. N'Null).
N'Dgg	das durch die jeweilige Düngung nach der ersten Einzäunung modifizierte Nardetum (z.B. N'NPKCa).
+, +-, (+), +/- etc.	„Geltung für die Versuchsweide“ gibt an, ob die besprochenen Parameter in der Versuchsweide gelten (+) oder nicht (-).
!	Neue Daten (in den Jahren 1994-1996 erhoben), werden mit einem „!“ gekennzeichnet

¹ HEGG (1984b:142) gibt den Zeitraum 1931-1942 resp. 1946-1954 an.

Am	<i>Arnica montana</i>
Cb	<i>Campanula barbata</i>
Gm	<i>Geum montanum</i>
Gp	<i>Gentiana purpurea</i>
Lh	<i>Leontodon helveticus</i>
E _{NPK89}	Die allgemein mit E abgekürzte Evenness wird durch die Angabe der Behandlungen und Jahre ergänzt, auf die sie sich bezieht.
F, L, N, R, T	F = Feuchte-Zeigerwerte, L = Licht- Zeigerwerte, N = Stickstoff- Zeigerwerte, R = Reaktions-Zeigerwerte, T = Temperatur- Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992).
Kern, k31	Kernarten des jeweiligen Jahres
Satel, s31	Satellitenarten des jeweiligen Jahres
K	Kräuter
G	Gräser
L	Leguminosen
N	Arten des Nardetums
F	Arten des Festucetums
S	Sonstiger Gesellschaften
GF	gute Futterpflanzen
SF	Schlechte Futterpflanzen
Indif	Indifferente Futterpflanzen
O	ohne Gesellschaftzugehörigkeit

Erklärung der Symbole

>61-80 IV ■■■■■
 >81-100 V ■■■■■
 nach DIERSCHKE 1994:192, verändert

Symbol	Bedeutung
●	Entfernen des Zaunes
●●	Einzäunung (Setzen des Zaunes)
□	Anlage der Flächen
✂	„Nutzung“
✂✂	Mahd
☀	Düngung/ keine Düngung
🐄	Beweidung
📖	Vegetationsaufnahmen

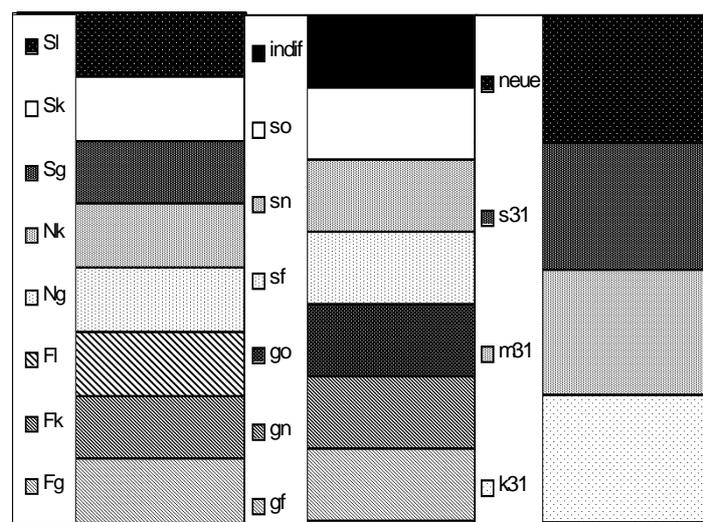
Legende zu den Abkürzungen der errechneten Deckungsverhältnissen und deren Darstellung in den Graphiken²

Legende zur Verschlüsselung der Deckung in den Histogrammen

0-0.9	■
1-4	■ ■
5-9	■ ■ ■
10-19	■ ■ ■ ■
20-49	■ ■ ■ ■ ■
> 50	■ ■ ■ ■ ■ ■

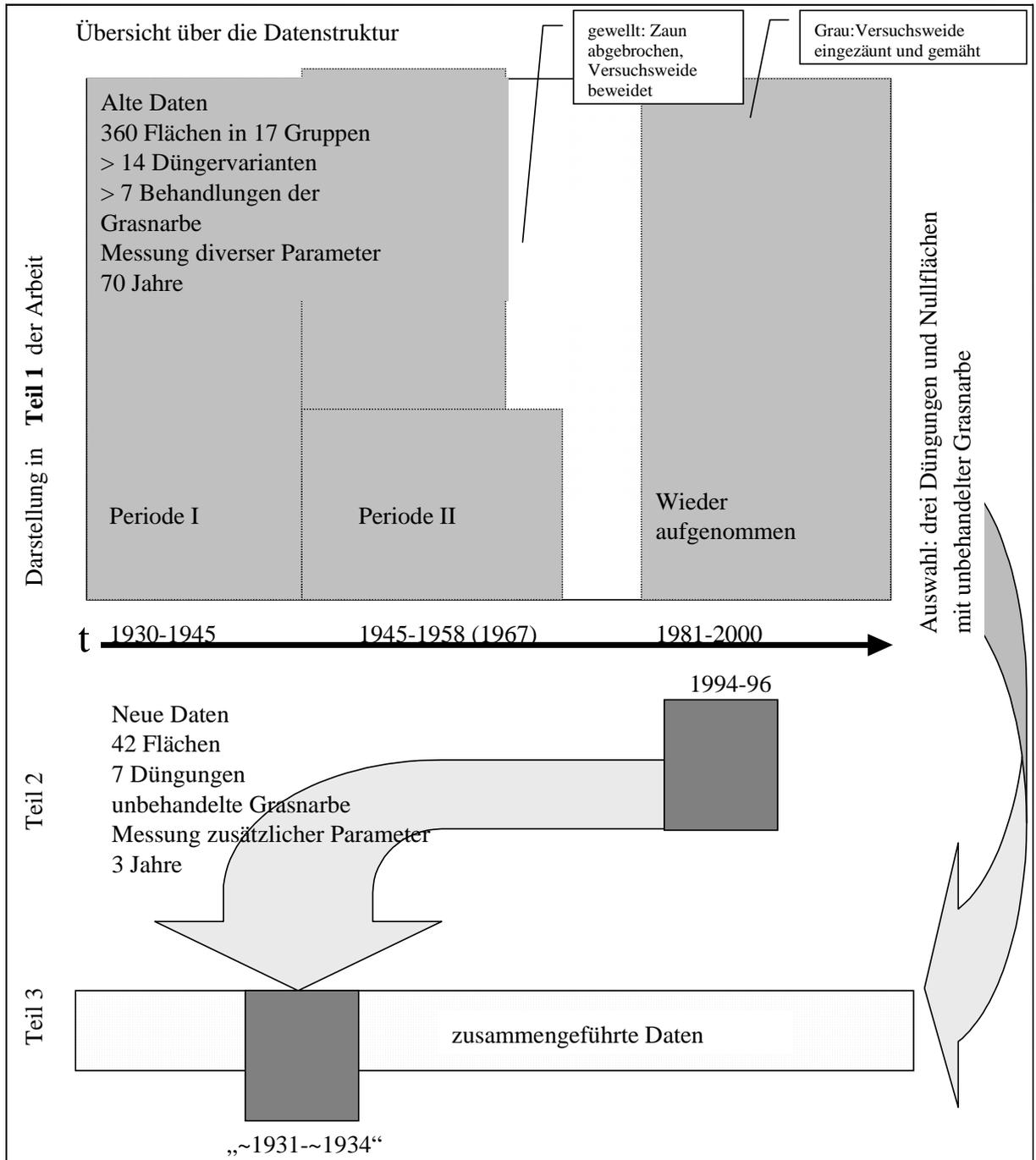
Legende zur Verschlüsselung der Stetigkeit in den Histogrammen

0-20	I	■
>21-40	II	■ ■
>41-60	III	■ ■ ■



² Die Einteilung in „Nardetum- und Festucetumarten“ sowie darüber hinaus in „Gräser/Kräuter/Sonstige“ und „gute/schlechte Futterpflanzen“ wird für die Auswertung der Änderungen in der Vegetation nach Einteilungen aus LÜDIS Tagebüchern verwendet.

Übersicht über die Struktur der Daten aus den beiden Versuchen



Die Abbildung verdeutlicht den Aufbau des Datensatzes. Die Einzelheiten werden im Text erläutert.

Dank

Die Seite mit dem Dank ist wahrscheinlich eine der meistgelesenen Seiten, aber jeder, der sie gelesen hat, meint hinterher, der Dank könne eigentlich weg. Dennoch.

Obwohl diese Arbeit zum großen Teil im stillen Kämmerlein, ohne Kontakt zu einer Arbeitsgruppe, die an ähnlichen Themen arbeitet, entstanden ist, bin ich vielen Leuten zu Dank verpflichtet, die sich ohne Not bereit erklärt haben, den vorliegenden Text in mehr oder weniger vollständiger Form in mehr oder weniger großem Umfang zu lesen.

Ich danke Herrn Prof. O. Hegg für die Vorstellung der Versuchswaide und die Einführung in das Thema. Er kümmerte sich um mich und die Arbeit, obwohl er bereits im wohlverdienten Ruhestand ist. Ich danke ferner Dr. Werner Dähler für die Hilfe bei dem Abstecken der neuen Flächen und seine Geduld mit der wiederholten Überspielung der Datenbank. Er konnte mir viele Fragen zur Genese der Daten beantworten. Herr Hegg und Herr Dähler gingen mir 1995 trotz Schneeregens bei der Ernte der unzähligen Flächen zur Hand.

Noch in Zürich verdanke ich der Arbeitsgruppe „Vegetation und Erhebungsmethoden“ an der WSL wertvolle Tips zur modernen Analyse der Daten, allen voran danke ich Dr. Martin Schütz für die Hinweise zur Fuzzy-Set-Ordination und zu den Hauptkomponentenanalysen mit Hilfe des Programmes „Mulva“. Probleme mit diesem klärte immer rasch dessen „Vater“ Otto Wildi.

Herr Prof. David M. Newbery (Bern) und Herr Prof. U. Schickoff (Greifswald) lasen das Werk unabhängig von ihrer ausreichenden Auslastung mit eigenen Themen und gaben mir hilfreiche Tips. Ihrem Insistieren verdanke ich viele gute Ideen bei Interpretation und Darstellung.

Herrn Prof. Eddy van der Maarel danke ich für die unkonventionellen und hilfreichen Mails aus Schweden. Frau Prof. Bürger-Arndt schickte mir kurz vor Weihnachten unbekannterweise ohne Zögern eine wichtige Quelle, als die Fernleihe schon im Winterschlaf war.

Almut Spangenberg las den Text in unfertiger Form und gab mir den hilfreichen Rat, auch mal die ganz allgemeinen Dinge zu erwähnen (Wo ist die Schynige Platte überhaupt, wie kommt man vom Alpengarten in die Versuchswaide, etc.) und spornte mich an, doch noch alle Autoren in KAPITÄLCHEN zu setzen und die Arten *kursiv* zu schreiben. Dr. Tiemo Timmermann danke ich für die handfeste, hilfreiche Kritik und Ralf Döring für das wiederholte Lesen und die Einblicke in nachhaltige Fischereiwirtschaft. Dr. Doris Koppisch half mir sehr bei der Bewältigung der statistischen Fragen, die schon zu Beginn der Arbeit von Dr. Janine Bolliger und Dr. Philip Egli angerissen wurden. Ich danke Janine auch für das wiederholte Waschen/Abhängen meiner Wäsche, wenn meine Besuche in der Versuchswaide wieder einmal mit der Zuteilung der „Waschtage“ in der Altwiesenstraße kollidierten.

Klaus Tidow ackerte sich fleißig durch den ihm fachfremden Text und fand dadurch diverse „Hyperlinks“, mit denen das neue Wordprogramm meine Tabellen in mehrfacher Ausführung in den Text geschummelt hatte. Dörte Tidow erleichterte mir das Sichten der Rohdaten sehr, indem sie meinen Sohn Benne in ihren Ferien nahezu rund um die Uhr hütete und ihn nur zum Füttern darreichte.

Henning Holst las nahezu alle Fragmente der Arbeit und entfachte fruchtbare Diskussionen um das Warum und Wohin der Arbeit. Außerdem half er, wie auch meine Nense Swantje Eigner, bei Vegetations- und fotografischen Aufnahmen. Er ertrug mit bewundernswerter Fassung und Großmut mein endloses Gerede und Geklage über Borstgrasrasen, absolvierte klaglos unzählige Nachschichten und „entführte“ in Zeiten der Eile auch die Kinder. Last not least danke ich meinem jüngsten Sohn Till, daß er tatsächlich seine Hauptschlafphase auf den Vormittag gelegt hat, so daß ich einigermaßen in Ruhe schreiben konnte. Elisa Wiener sprang noch in der Woche vor Weihnachten als Babysitterin ein und ermöglichte so noch etwas weihnachtliche Ruhe. In ihren Wachphasen sorgten die Kinder für erfrischende Rückführung in die lebendige Welt.

1	Überblick.....	11
1.1	Verbindung zweier Fragen und Datensätze	11
1.2	Ausgangslage: ein bestehender Dauerflächenversuch	11
1.3	LÜDIS Fragestellung.....	12
1.4	Stand der Auswertungen von Daten aus der Versuchsweide.....	12
1.5	Fragestellung der vorliegenden Arbeit.....	13
1.6	Struktur der vorliegenden Daten.....	14
1.6.1	Versuchsdesign alte Flächen	14
1.6.2	Versuchsdesign neue Flächen	15
1.7	Auswahl der alten Daten.....	16
1.8	Die neuen Daten	16
1.9	Zusammensetzung der Daten, resultierende Datendichte	17
1.10	Definition der „Standardgesellschaften“.....	18
1.11	Aufgabe und Wiederaufnahme der Untersuchungen.....	19
1.12	Vorgehen bei Datenanalyse und Darstellung der Ergebnisse	20
2	Das Versuchsgebiet „Schynige Platte“.....	22
2.1	Die Versuchsweide	22
2.1.1	Lüdis Tagebücher aus dem alten Versuch.....	22
2.1.2	räumliche Aufteilung der Versuchsweide	23
2.1.3	Eingriffe und Probenahme in den Dauerflächen	24
2.1.4	Nutzungsgeschichte der Versuchsweide	25
2.1.5	Nutzungsintensivität der Versuchsweide	26
2.1.6	Nutzungswechsel der Versuchsweide	27
2.2	Geologie, Klima und Böden	27
2.3	Beziehungen zwischen Nardetum und Festucetum	28
2.3.1	Geo montani-Nardetum strictae LÜDI 48 (Nardetum = N ₃₂).....	29
2.3.2	Crepido-Festucetum rubrae commutatae LÜDI 48 (Festucetum = F ₂₈)	30
2.3.3	Einordnung der Vegetation in die Synsoziologie.....	31
2.3.4	Mischbestände.....	31
2.3.5	Problematische Abgrenzung	32
2.3.6	Entstehung und Entwicklung von N ₃₂ und F ₂₈ auf der Schynigen Platte	32
3	Methoden.....	36
3.1	Gestalt der alten und neuen Dauerflächen, Neuanlage	36
3.2	Untersuchungszeitraum und Zeitpläne	37
3.3	Düngung	38
3.4	Vegetationskundliche Untersuchungen	39
3.4.1	Nomenklatur.....	40
3.4.2	Mittelwerttabellen	40
3.4.3	Stetigkeitstabellen	40
3.4.4	Histogramme	40
3.4.5	Artengruppen	40
3.4.6	Artenzahlen	42
3.4.7	Shannon-Index und Evenness	42
3.5	Kern- und Satellitenarten	43
3.6	Multivariate Auswertung und Darstellung.....	43
3.6.1	Zentroide	44
3.6.2	Fuzzy-Set-Ordinationen	44
3.6.3	Zugehörigkeitsdiagramme.....	45
3.7	Populationsbiologische Untersuchungen.....	46
3.7.1	Auswahl der Kräuter	47
3.7.2	Populationsbiologische Messungen	49
3.8	Biomasse der Flächen und Einzelindividuen	50
3.9	pH-Werte	50
3.10	Berechnung der Zeigerwerte (gewichtet und ungewichtet)	50
3.11	Nährstoffanalysen.....	51
3.12	Statistische Auswertung.....	54

3.13	Software.....	55
4	Ergebnisse.....	56
4.1	Übersicht über den zeitlichen Ablauf der Versuche LÜDIS.....	56
4.2	Unterschiede zwischen N ₃₂ und F ₂₈	56
4.3	Zur Darstellungsweise.....	58
4.4	Gliederung der Vegetationstabelle.....	59
4.5	Teil 1: Entwicklung in den alten Flächen.....	62
4.5.1	Alte Nullflächen.....	62
4.5.2	Alte NPK-Flächen.....	64
4.5.3	Alte Ca-Flächen.....	66
4.5.4	Alte NPKCa-Flächen.....	68
4.6	Teil 2: Entwicklung in den neuen Flächen.....	71
4.6.1	Stetigkeit, Histogramme, sechs Einzelarten in den neuen Flächen.....	71
4.6.2	Anmerkungen zu den neuen N-, NK- und PK-Flächen.....	71
4.6.3	Neue Nullflächen.....	71
4.6.4	Neue N-Flächen.....	73
4.6.5	Neue NK-Flächen.....	74
4.6.6	Neue PK-Flächen.....	75
4.6.7	Neue NPK-Flächen.....	75
4.6.8	Neue Ca-Flächen.....	77
4.6.9	Neue NPKCa-Flächen.....	78
4.7	Teil 3: möglicher Verlauf der Entwicklungen.....	80
4.7.1	Mögliche Entwicklung der Nullflächen.....	80
4.7.2	Mögliche Entwicklung der NPK-Flächen.....	86
4.7.3	Mögliche Entwicklung der Ca-Flächen.....	91
4.7.4	Mögliche Entwicklung der NPKCa-Flächen.....	94
4.8	Artenzahlendynamik in der gesamten Versuchsweide.....	98
4.9	Zeigerwerte der verschiedenen Artengruppen.....	99
4.10	Überblick über die Vegetationsveränderungen.....	101
4.11	Biomasseentwicklung in den neuen Flächen.....	103
4.12	pH-Werte.....	103
4.13	populationsbiologische Untersuchungen.....	104
4.13.1	Verhalten der Arten in den alten Flächen.....	104
4.13.2	Zu den Darstellungen.....	106
4.13.3	<i>Arnica montana</i>	106
4.13.4	<i>Campanula barbata</i>	108
4.13.5	<i>Gentiana purpurea</i>	109
4.13.6	<i>Geum montanum</i>	110
4.13.7	<i>Leontodon helveticus</i>	112
4.13.8	Gewicht der Einzelblätter.....	113
4.14	Ergebnisse der Nährstoffanalysen.....	114
4.14.1	Konzentrationen und Gehalte.....	114
4.14.2	N/P-Verhältnis.....	116
5	Zusammenschau der Ergebnisse und zu diskutierende Hypothesen.....	118
6	Diskussion.....	122
6.1	Grenzen und Möglichkeiten von Langzeitexperimenten.....	122
6.1.1	Monitoring.....	122
6.1.2	Dauerflächen.....	123
6.1.3	Eigenheiten von Langzeitbeobachtungen.....	124
6.1.4	Weiterführung eines bestehenden Versuches.....	125
6.1.5	Qualität der Daten.....	125
6.1.6	Datentest.....	126
6.1.7	Basislinie.....	127
6.1.8	Nährstoffauswaschung.....	128
6.1.9	Homogenität der Vegetation.....	130
6.1.10	Minimumareal in einem Nardetum.....	130
6.1.11	Größe der Probeflächen.....	131
6.1.12	Zeitpunkt und -abstände bei Vegetationsaufnahmen.....	132

6.1.13	Zyklen	133
6.1.14	Nährstoffeintrag und Versauerung aus der Luft.....	134
6.1.15	Einfluß des Klimas.....	137
6.2	Darstellungsweise der Daten	138
6.2.1	Formate der Diagramme	138
6.2.2	Zusammensetzung der Daten	141
6.3	Ergebnisse verschiedenener Methoden.....	141
6.3.1	statistische Methoden.....	142
6.3.2	Pflanzensoziologische Vegetationsanalyse.....	143
6.3.3	multivariate Analysen	145
6.3.4	Fuzzy-Set-Ordinationen.....	145
6.3.5	Zugehörigkeitsdiagramme.....	146
6.3.6	Evenness.....	147
6.3.7	Artenzahlen	148
6.3.8	Deckungsverhältnisse.....	151
6.3.9	ungewichtete Zeigerwerte nach Ellenberg.....	153
6.3.10	gewichtete Zeigerwerte nach Ellenberg	156
6.3.11	Gefährdungswerte einzelner Arten.....	158
6.3.12	Stetigkeitsverhältnisse (Kernartendiagramme)	159
6.3.13	Biomasse.....	160
6.3.14	pH-Werte.....	162
6.4	Wirkung der Düngung auf die Vegetation.....	163
6.4.1	Wirkung der Düngung auf Einzelarten (populationsbiologische Auswertungen).....	165
6.4.2	Wirkung der Düngung auf Einzelarten (Blattanalysen).....	167
6.4.3	N/P-Verhältnis	171
6.4.4	Nährstoffgehalt in den Böden der Schynigen Platte	171
6.4.5	Dauer der Einwirkungen	176
6.5	Auswirkungen der Nutzungsänderungen.....	176
6.6	Entstehung der Vegetation bei Ansaat auf einem Magerrasenstandort	184
6.7	Stabilität der untersuchten Vegetation.....	187
6.8	Schwund und Schutz der Borstgrasrasen.....	193
6.9	Einordnung der Ergebnisse.....	195
6.10	Ausblick: Wert und Möglichkeiten der Versuchsanlage	196
7	Beantwortung der gestellten Fragen.....	198
8	Zusammenfassung.....	200
9	Literatur.....	206
10	Anhang I: Daten	213
10.1	Weideplan.....	213
10.2	Schema.....	214
10.3	Vita Dr. Werner LÜDI † und Entwicklung der Pflanzensoziologie.....	215
10.4	Zugehörigkeitsdiagramme, Evenness	215
10.5	Artengruppen und Deckungsverhältnisse	215
10.6	Biomasse, PH-Werte und N/P-Verhältnis.....	220
10.7	Zeigerwerte, gewichtet und ungewichtet.....	221
10.8	Artenzahlen.....	223
10.9	Kern- und Satellitenarten	226
10.10	Änderung der Vegetation außerhalb der Versuchsweide.....	229
10.11	Populationsbiologie und Nährstoffgehalte.....	231
10.12	Gewicht der Einzelblätter	235
10.13	Blattnährstoffanalyse	236
10.14	Signifikanzen	238
10.15	Zu den Vegetationstabellen.....	240
11	Anhang II: Vegetationstabellen.....	246

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einfügen der neuen Daten in die alten Zeitreihen am Beispiel der Ca-Flächen..... 17

Abbildung 2: Entsteht durch Düngung eines Nardetums ein Festucetum? 19

Abbildung 3: Situation des Nardetums in der Versuchsweide bis heute..... 19

Abbildung 4: Situation der ausgewählten Versuchsflächen in der Versuchsweide bis heute 19

Abbildung 5: Datenherkunft und Vorgehen bei der Auswertung der Daten und dem Vergleich mit den Standardgesellschaften 20

Abbildung 6: Lageplan von Alpengarten und Versuchsweide auf der Schynigen Platte (nicht maßstabsgetreu) 22

Abbildung 7: Skizze der Versuchsweide 1930 nach LÜDIS TB 24

Abbildung 8: Ursprungsgesellschaften von Nardetum und Festucetum 28

Abbildung 9: Synsystematische Einordnung von Nardetum und Festucetum in der Versuchsweide 32

Abbildung 10: Entstehung von Nardetum und Festucetum auf der Schynigen Platte..... 35

Abbildung 11: Weiterentwicklung der Borstgrasrasen im Alpengarten und der Versuchsweide nach Ende der Nutzung (Brache)..... 35

Abbildung 12: Die Anordnung der Markierungen und Probepunkte in den neuen Flächen. 36

Abbildung 13: Interpretationsbeispiel einer Fuzzy-Ordination..... 45

Abbildung 14: Interpretation der Grafiken mit der Darstellung der Zugehörigkeitsdiagramme 46

Abbildung 15: Die Zeigerwerte nach ELLENBERG der für die populationsbiologischen Untersuchungen ausgewählten Arten im Vergleich zu N₃₂..... 48

Abbildung 16: Die Markierung der Individuen in den Flächen 49

Abbildung 17: Interpretation der Unterschiede in Nährstoffkonzentration, Nährstoffgehalt und Trockengewicht zwischen Pflanzen unterschiedlichen Nährstoffstatus' 53

Abbildung 18: Unterschiede in Evenness und Artenzahl zwischen N₃₂ und F₂₈..... 56

Abbildung 19: Deckungsverhältnisse der soziologischen Artengruppen zwischen N₃₂ und F₂₈..... 56

Abbildung 20: Unterschiede in den Artenzahlen der soziologischen Artengruppen zwischen N₃₂ und F₂₈..... 57

Abbildung 21: Unterschiede in den Deckungsverhältnissen der Futterpflanzen zwischen N₃₂ und F₂₈..... 57

Abbildung 22: Unterschiede in den Artenzahlen Futterpflanzen zwischen N₃₂ und F₂₈ 57

Abbildung 23: Mittlere Zeigerwerte der Standardgesellschaften Nardetum (N₃₂) und Festucetum (F₂₈) 58

Abbildung 24: Überblick über den Aufbau der Vegetationstabelle, gekürzt 61

Abbildung 25: Fuzzy-Set-Ordination von LÜDIS Nullflächen..... 62

Abbildung 26: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm in LÜDIS ungedüngten Flächen 63

Abbildung 27: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen in LÜDIS ungedüngten Flächen 63

Abbildung 28: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte (Feuchte, Licht, Stickstoff, Reaktion, Temperatur) in den alten Nullflächen 64

Abbildung 29: Fuzzy-Set-Ordination der NPK-Flächen LÜDIS 64

Abbildung 30: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der NPK - Flächen LÜDIS..... 65

Abbildung 31: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den NPK-Flächen LÜDIS..... 65

Abbildung 32: mittlere ungewichtete Zeigerwerte (Feuchte, Licht, Stickstoff, Reaktion, Temperatur) in den alten NPK-Flächen..... 66

Abbildung 33: Fuzzy-Set-Ordination der Ca-Flächen LÜDIS..... 66

Abbildung 34: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der Ca- Flächen LÜDIS 67

Abbildung 35: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den Ca-Flächen LÜDIS 68

Abbildung 36: mittlere ungewichtete Zeigerwerte (Feuchte, Licht, Stickstoff, Reaktion, Temperatur) in den alten Ca-Flächen 68

Abbildung 37: Fuzzy-Set-Ordination der NPKCa-Flächen 69

Abbildung 38: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der NPKCa-Flächen LÜDIS 69

Abbildung 39: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den NPKCa-Flächen LÜDIS..... 70

Abbildung 40: mittlere ungewichtete Zeigerwerte (Feuchte, Licht, Stickstoff, Reaktion, Temperatur) in den alten NPKCa-Flächen 71

Abbildung 41: Fuzzy-Set-Ordination der neuen ungedüngten Flächen 72

Abbildung 42: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der neuen Nullflächen 72

Abbildung 43: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen Nullflächen 73

Abbildung 44: Fuzzy-Set-Ordination der neuen N-Flächen 73

Abbildung 45: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen N-Flächen 74

Abbildung 46: Fuzzy-Set-Ordination der neuen NK-Flächen 74

Abbildung 47: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen NK-Flächen 75

Abbildung 48: Fuzzy-Set-Ordination der neuen PK-Flächen 75

Abbildung 49: Fuzzy-Set-Ordination der neuen NPK-Flächen 76

Abbildung 50: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der neuen NPK- Flächen..... 76

Abbildung 51: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen NPK-Flächen 77

Abbildung 52: Fuzzy-Set-Ordination der neuen Ca-Flächen..... 77

Abbildung 53: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der neuen Ca-Flächen 78

Abbildung 54: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen Ca-Flächen..... 78

Abbildung 55: Fuzzy-Set-Ordination der neuen NPKCa- Flächen 79

Abbildung 56: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der neuen NPKCa-Flächen 79

Abbildung 57: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen NPKCa-Flächen	80
Abbildung 58: Fuzzy-Set-Ordination der gewichteten Daten der ungedüngten Flächen.....	81
Abbildung 59: Fuzzy-Set-Ordination der ungewichteten ungedüngten Flächen LÜDIS	81
Abbildung 60: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der chronologisch zusammengesetzten Nullflächen.....	82
Abbildung 61: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den chronologisch zusammengesetzten Nullflächen	82
Abbildung 62: Entwicklung der Artenzahlen in den einzelnen Artengruppen in den chronologisch zusammengesetzten Nullflächen	82
Abbildung 63: Deckungsverhältnisse sogenannter guter und schlechter Futterpflanzen in den chronologisch zusammengestellten Daten der Nullflächen.....	83
Abbildung 64: hypothetische Entwicklung der Artenzahlen der Futterpflanzengruppen in den Nullflächen.....	83
Abbildung 65: Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden im Laufe der Zeit in den Nullflächen	84
Abbildung 66: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der zusammengesetzten Daten der Nullflächen	84
Abbildung 67: Artenzahlen in den Nullflächen.....	84
Abbildung 68: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der achronologisch zusammengesetzten Daten der Nullflächen	85
Abbildung 69: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den achronologisch zusammengesetzten Nullflächen.....	85
Abbildung 70: Änderung der Anzahl verschiedener Arten der Gesellschaftsgruppen achronologisch ungedüngten Flächen...	86
Abbildung 71: Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden im Laufe der Zeit in den Nullflächen	86
Abbildung 72: achronologische Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten NPK- Flächen I	86
Abbildung 73: achronologische Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten NPK- Flächen II	87
Abbildung 74: Fuzzy-Set-Ordination der ungewichteten NPK-Flächen LÜDIS.....	87
Abbildung 75: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der zusammengesetzten NPK- Flächen	88
Abbildung 76: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten NPK-Flächen	88
Abbildung 77: Darstellung der Artenzahlen der einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten NPK-Flächen.....	88
Abbildung 78: Änderung der Deckungsverhältnisse von guten und schlechten Futterpflanzen bei der NPK-Düngung.....	89
Abbildung 79: Änderung der Anzahlen von guten und schlechten Futterpflanzen bei der NPK-Düngung	89
Abbildung 80: Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden im Laufe der Zeit in den NPK-Flächen.....	90
Abbildung 81: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der zusammengesetzten Daten der NPK-Flächen.....	90
Abbildung 82: Entwicklung der Artenzahlen in den NPK-Flächen. Chronologische Darstellung!.....	90
Abbildung 83: Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten Ca- Flächen	91
Abbildung 84: Ungewichtete Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten Ca- Flächen	91
Abbildung 85: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der zusammengesetzten Ca- Flächen.....	92
Abbildung 86: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten Ca- Flächen.....	92
Abbildung 87: Darstellung der Artenzahlenverhältnisse bei den zusammengesetzten Ca- Flächen	92
Abbildung 88: Änderung der Deckungsverhältnisse von guten und schlechten Futterpflanzen bei der Ca-Düngung	93
Abbildung 89: Änderung der Artenzahlen von guten und schlechten Futterpflanzen bei der Ca-Düngung	93
Abbildung 90 Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden, im Laufe der Zeit in den Ca-Flächen.....	94
Abbildung 91: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der zusammengesetzten Daten der Ca-Flächen	94
Abbildung 92: Artenzahlen in den Ca-Flächen. Chronologische Darstellung!	94
Abbildung 93: Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten NPKCa-Flächen	95
Abbildung 94: Fuzzy-Set-Ordination der ungewichteten NPKCa-Flächen LÜDIS	95
Abbildung 95: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der zusammengesetzten NPKCa- Flächen.....	96
Abbildung 96: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten NPKCa-Flächen (in % für	96
Abbildung 97: Darstellung der Artenzahlen in den einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten NPKCa-Flächen.....	96
Abbildung 98: Änderung der Deckungsverhältnisse von guten und schlechten Futterpflanzen bei der NPKCa-Düngung.....	97
Abbildung 99: Änderung der Artenzahlen von guten und schlechten Futterpflanzen bei der NPKCa-Düngung.....	97
Abbildung 100: Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden, im Laufe der Zeit in den NPKCa-Flächen.....	98
Abbildung 101: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der zusammengesetzten Daten der NPKCa-Flächen	98
Abbildung 102: Entwicklung der Artenzahlen in den NPKCa-Flächen. Chronologische Darstellung.....	98
Abbildung 103: Allgemeine Entwicklung der Artenzahlen in allen Flächen	99
Abbildung 104: graphische Darstellung der Zeigerwerte der in der Vegetationstabelle erarbeiteten soziologischen Gruppen	100
Abbildung 105: Zeigerwerte der Wuchsformen- und soziologischen Artengruppen	101
Abbildung 106: graphische Darstellung der Zeigerwerte der unterschiedlichen Futterpflanzengruppen.....	101
Abbildung 107: Biomasse in den neuen Flächen (kg/ha).....	103
Abbildung 108: pH-Werte der neuen Flächen 1994 und 1995 (Mittelwerte aus 6 Flächen á 2 Proben)	104

Abbildung 109: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1995 bei <i>Arnica montana</i> (Erläuterungen im Text).....	107
Abbildung 110: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei <i>Arnica montana</i> (Erläuterungen im Text).....	108
Abbildung 111: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei <i>Campanula barbata</i> (Erläuterungen im Text) .	109
Abbildung 112: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei <i>Gentiana purpurea</i> (Erläuterungen im Text) ...	110
Abbildung 113: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1995 bei <i>Geum montanum</i> (Erläuterungen im Text)	111
Abbildung 114: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei <i>Geum montanum</i> (Erläuterungen im Text)	111
Abbildung 115: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1995 bei <i>Leontodon helveticus</i> (Erläuterungen im Text) 112	
Abbildung 116: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei <i>Leontodon helveticus</i> (Erläuterungen im Text) 113	
Abbildung 117: Gewichte der einzelnen Blätter der untersuchten Arten in g (Pflanzengewicht/Blattzahl)	114
Abbildung 118: Änderungen der N-Konzentration und des N-Gehaltes bei den vier ausgewählten Arten bei verschiedenen Düngungen	114
Abbildung 119: Änderungen der P-Konzentration und des P-Gehaltes bei den vier ausgewählten Arten bei verschiedenen Düngungen	115
Abbildung 120: N/P-Verhältnis in den Blättern der ausgewählten Individuen bei unterschiedlichen Düngungen.....	117
Abbildung 121: Das Verhältnis von N/P-Konzentrationen in den Blättern der ausgewählten Individuen bei unterschiedlichen Düngungen	117
Abbildung 122: Test für die Datenqualität von Dauerflächendaten nach GREEN (1979:72).....	127
Abbildung 123: Änderungen der Zeigerwerte in denselben Nullflächen zwischen 1932 und 1997	129
Abbildung 124: Entwicklung der Nullflächen unterhalb NPKCa-gedüngter Flächen (Deckungsverhältnisse).....	129
Abbildung 125: Entwicklung der Nullflächen unterhalb ungedüngter Flächen (Deckungsverhältnisse).....	129
Abbildung 126: Ursachen sukzessiver Veränderungen in Grünland- und Heidevegetation	137
Abbildung 127: Darstellung der Deckungsverhältnisse der soziologischen Artengruppen als Säulendiagramm (NPKCa-Flächen).....	139
Abbildung 128: Zeitlich gestreckte Abbildung der Entwicklung in den NPKCa-Flächen.....	139
Abbildung 129: Darstellung eines Zugehörigkeitsdiagramms mit korrekter Zeitachse (ungedüngte Flächen, 1930= N ₃₂ , chronologisch).....	140
Abbildung 130: Darstellung der ungedüngten Flächen als Punktediagramm	140
Abbildung 131: Korrekte, aber unübersichtliche Darstellung der Zeigerwerte der Artengruppen als Säulendiagramm	141
Abbildung 132: Ergebnisse der Tabellenarbeit im Überblick.....	144
Abbildung 133: Ergebnisse der Zugehörigkeitsdiagramme im Überblick	146
Abbildung 134: Ergebnisse der Berechnung der Evenness (E) im Vergleich zu N ₃₂ und Artenzahlen (AZ) im Überblick	148
Abbildung 135: Zunahme der Artenzahlen in den gedüngten Flächen vor und nach der Beweidungsperiode	151
Abbildung 136: Änderung der Gras-Kraut-LeguminosenVerhältnisse in den Nullflächen durch Nutzungsänderung.....	152
Abbildung 137: mittlere Zeigerwerte der alten und neuen Kern- und Satellitenarten.....	160
Abbildung 138: Entwicklung von pH-Werten in Borstgrasrasen und einem Festucetum bei unterschiedlichen Behandlungen, Flächen und Jahren.....	163
Abbildung 139: Deckungsverhältnis von Gräsern/Kräutern/Leguminosen in den ungedüngten Flächen.....	177
Abbildung 140: Verhältnis von Gräsern/Kräutern/Leguminosen in den ungedüngten Flächen.....	177
Abbildung 141: Deckungsverhältnis von Gräsern/Kräutern/Leguminosen in den NPKCa-gedüngten Flächen.	180
Abbildung 142: Verhältnis von Gräsern/Kräutern/Leguminosen in den NPKCa-gedüngten Flächen.	180
Abbildung 143: Zusammenhang zwischen Nutzung und Düngung bei Magerrasenarten (N) und Festucetumarten (F)	185
Abbildung 144: Reaktion des Standortes Versuchsweide auf Ansaat mit Düngung.....	186
Abbildung 145: Stabilitäts- und Instabilitätstypen für natürliche und anthropogen beeinflusste Pflanzengesellschaften.....	190
Abbildung 146: Stabilitätstypen in der Vegetation der Versuchsweide in Abhängigkeit von Ausmaß der Störung und Dauer der Beobachtung.....	192

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Von LÜDI untersuchte Parameter, zeitliche Dichte und Verfügbarkeit der Daten	15
Tabelle 2: In den neuen Flächen untersuchte Parameter, zeitliche Dichte und Verfügbarkeit der Daten	15
Tabelle 3: Die alten Daten	16
Tabelle 4: Jahre mit Vegetationsaufnahmen in den alten Flächen und dazwischenliegender Zeitraum	16
Tabelle 5: Herkunft der neuen Daten	17
Tabelle 6: Durch die neuen Daten repräsentierte Erhebungen	18
Tabelle 7: Die für die „Standardgesellschaften“ ausgewählten Flächen	19
Tabelle 8: Methoden für die Analyse der Daten	20
Tabelle 9: Übersicht über die Behandlungszeiträume und Düngerqualitäten in der Versuchswaide von LÜDI	25
Tabelle 10: Einsetzen der <i>ersten</i> Manipulationen in den untersuchten Flächen	27
Tabelle 11: Bodentypisierung in der Versuchswaide	28
Tabelle 12: Systematische Einordnungen der untersuchten Assoziationen	31
Tabelle 13: Unterschiedliche Nardeten in Alpengarten und Versuchswaide nach LÜDI	33
Tabelle 14: Zeitplan 1994	37
Tabelle 15: Zeitplan 1995	37
Tabelle 16: Zeitplan 1996	38
Tabelle 17: Von LÜDI verwendete Düngerqualitäten	38
Tabelle 18: In den neuen Flächen verwendete Düngerqualitäten	39
Tabelle 19: Deckungsschätzung in den Flächen (Beispiel)	39
Tabelle 20: Übersicht über die Hierarchiestufen der populationsbiologischen Untersuchungen	47
Tabelle 21: Datengewinnung der populationsbiologischen Ergebnisse	47
Tabelle 22: Die für die populationsbiologischen Untersuchungen ausgewählten Arten	47
Tabelle 23 Jahre, in denen die für die populationsbiologischen Untersuchungen ausgewählten Arten ausgeführt wurden	49
Tabelle 24: Nährstoffanalyse von populationsbiologisch untersuchten Individuen	51
Tabelle 25: Begriffsdefinitionen zur Nährstoffaufnahme	52
Tabelle 26: Codierung der Reaktionen der Pflanzen auf unterschiedlichen Nährstoffhaushalt. Darstellungsweise der Ergebnisse	54
Tabelle 27: Darstellung der Signifikanzniveaus	54
Tabelle 28: Überblick über Einzäunung und Beginn der Manipulationen der untersuchten Flächen	56
Tabelle 29: Übersicht über die im Anhang aufgeführten und im Text besprochenen Daten	59
Tabelle 30: Die in der Vegetationstabelle gefundenen soziologischen Artengruppen (incl. Gattungsbezeichnungen aus der Datenbank)	60
Tabelle 31: Mittlere Zeigerwerte von Borstgrasrasen (Literatur und Flächen LÜDIS)	99
Tabelle 32: Interpretationsbeispiele der Entwicklung der Flächen anhand der vorgestellten Abkürzungen für die Ausbildungen	102
Tabelle 33: Mittlere Deckungen der 5 für populationsbiologische Analysen ausgewählten Arten in den <i>alten</i> Flächen	105
Tabelle 34: Stetigkeit der 5 für populationsbiologische Analysen ausgewählten Arten in den <i>alten</i> Flächen	106
Tabelle 35: Ergebnisse der Düngung	121
Tabelle 36: Anforderungen an Dauerflächenexperimente, die die Flächen der Versuchswaide erfüllen	123
Tabelle 37: Angaben zu den ausgebrachten Düngerquantitäten	126
Tabelle 38: Behandlung der über den für die Analyse ausgewählten Flächen liegenden Flächen	128
Tabelle 39: Minimumareale für Grasgesellschaften	131
Tabelle 40: Gründe für und gegen die Verwendung von Flächen, die kleiner sind als das Minimumareal und Gültigkeit für die Versuchswaide	132
Tabelle 41: Depositionswerte	135
Tabelle 42: Stärken und Schwächen der verwendeten Analysemethoden	142
Tabelle 43: Artenzahlen in Nardeten	148
Tabelle 44: Vor- und Nachteile bei der Arbeit mit Zeigerwerten nach Ellenberg 1992	153
Tabelle 45: Veränderungen der mittleren Zeigerwerte in den neuen Flächen	157
Tabelle 46: Veränderungen der mittleren gewichteten Zeigerwerte in den neuen Flächen	157
Tabelle 47: Anzahl der Arten mit Zeigerwert in den neuen <i>und</i> alten Flächen	158
Tabelle 48: Prozentualer Anteil der Arten ohne Zeigerwerte in den neuen Flächen	158
Tabelle 49: Gefährdungsgrade der in den alten und neuen Flächen gefundenen Arten und deren mittlere Zeigerwerte. Zum Vergleich die Werte der Nullflächen 1932, 1997, N ₃₂ und F ₂₈	159
Tabelle 50: In der Literatur angegebene Erträge von Borstgrasrasen	160
Tabelle 51: Auswirkungen der Nährstoffgabe auf die Reaktionen der untersuchten Arten	171
Tabelle 52: Elementgehalte im Boden der Schynigen Platte verglichen mit Durchschnittsangaben in %	172
Tabelle 53: Errechneter N-Gehalt der Gesamtbiomasse in den neuen Flächen	173
Tabelle 54: Errechneter P-Gehalt der Gesamtbiomasse in den neuen Flächen	175
Tabelle 55: Änderung der Deckung von <i>Nardus stricta</i> bei Beweidung und Mahd mit und ohne Düngung in der Literatur	178

Tabelle 56: Änderung der Deckung von <i>Nardus stricta</i> bei Beweidung und Mahd mit und ohne Düngung in der Versuchswaide	178
Tabelle 57: Errechneter Rohprotein-Gehalt der Gesamtbiomasse in den neuen Flächen	183
Tabelle 58: Abkürzung der durch Ansaat in der Versuchswaide entstehenden Ausbildungen	186
Tabelle 59: Einordnung der Versuchswaide als potentieller Magerrasenstandort	187
Tabelle 60: Stabilitätskonzepte.....	189
Tabelle 61: minimaler Begriffsrahmen für Stabilitätsaussagen	190
Tabelle 62: Vor- und Nachteile der untersuchten Daten.....	196
Tabelle 63: Auswirkungen von Düngung und Nutzung auf die Flächen der Versuchswaide.	201
Tabelle 64: Die Daten der Zugehörigkeitsdiagramme	215
Tabelle 65: Einteilung der Arten in Gesellschaftszugehörigkeit und Wuchsform	215
Tabelle 66: Einteilung der Arten nach ihrem Futterwert	216
Tabelle 67: Einteilung der Arten in LÜDIS Artengruppen (Gesellschaftszugehörigkeit und Futterwert) F=Futterpflanzen.....	217
Tabelle 68: Die Daten der Deckungsverhältnisse, alte Daten	217
Tabelle 69: Die Daten der Deckungsverhältnisse, neue Daten	218
Tabelle 70: Die Daten der Zahlenverhältnisse, alte Daten	219
Tabelle 71: Die Daten der Zahlenverhältnisse, neue Daten	219
Tabelle 72: Biomasse in den neuen Flächen (kg/ha)	220
Tabelle 73: pH-Werte der neuen Flächen 1994 und 1995	220
Tabelle 74: gemessene pH-Werte in unterschiedlichen Behandlungen, Flächen und Jahren.....	220
Tabelle 75: Verhältnis der N- und P-Konzentrationen in den Blättern	220
Tabelle 76: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der alten und neuen Flächen.....	221
Tabelle 77: Zeigerwerte der Wuchsformen- und soziologischen Artengruppen.....	221
Tabelle 78: Zeigerwerte der in der Vegetationstabelle erarbeiteten soziologischen Gruppen	221
Tabelle 79: mittlere Zeigerwerte der Artengruppen.....	222
Tabelle 80: gewichtete Zeigerwerte der neuen Flächen mit Differenz 1994-1996	222
Tabelle 81: mittlere Zeigerwerte der Kern- und Satellitenarten 1931 und 1994.....	222
Tabelle 82: Gefährdungsstufen in den Flächen gefundener Arten.....	222
Tabelle 83: Die für die populationsbiologischen Untersuchungen ausgewählten Arten mit Zeigerwerten nach ELLENBERG et al. (1992).....	223
Tabelle 84: Durchschnittliche Artenzahlen in den alten und neuen Flächen	223
Tabelle 85: Änderungen in den Artenzahlen vor und nach der Beweidung in den alten Flächen.....	224
Tabelle 86: mittlere Deckung und Stetigkeiten in den alten Flächen nach Ende der Mahd- resp. Beweidungsperiode im Vergleich zu N ₃₂	224
Tabelle 87: Wechsel zwischen Kern- und Satellitenarten zwischen 1930 und 1994	226
Tabelle 88: Kern- und Satellitenarten in den alten Aufnahmen (1931-34*)	227
Tabelle 89: Kern (100-80 % Deckung)- und Satellitenarten (> 29 % Deckung) in den neuen Aufnahmen (1994).....	227
Tabelle 90: Kern- (100-80 % Deckung)- und Satellitenarten (> 29 % Deckung) 1931	228
Tabelle 91: „ausgestorbene“ resp. „eingewanderte“ Arten in der Versuchswaide.....	228
Tabelle 92: Zusammensetzung der Vegetation außerhalb der Versuchswaide	229
Tabelle 93: Reihenfolge der Blattlängen, -zahlen und -gewichte der populationsbiologisch untersuchten Arten.....	231
Tabelle 94: Mittlere Blattlängen (lt) und -anzahlen (#) der beobachteten Individuen bei unterschiedlichen Behandlungen 1995 (N= Anzahl der Wiederholungen)	233
Tabelle 95: Mittlere Blattlängen (lt) und -anzahlen (#) der beobachteten Individuen bei unterschiedlichen Behandlungen 1996 (N= Anzahl der Wiederholungen)	234
Tabelle 96: Durchschnittliches Einzelblattgewicht der Einzelindividuen 1996.....	235
Tabelle 97: mittlere Nährstoffkonzentrationen (%N resp. %P) und -gehalt (N resp. P*wt) der untersuchten Arten	236
Tabelle 98: Elementkonzentrationen der ungedüngten Pflanzen 1996*** im Vergleich zu Literaturangaben.....	236
Tabelle 99: Elementkonzentrationen in der gesamten Vegetation unterschiedlich gedüngter Flächen.....	236
Tabelle 100: Das Verhältnis von N/P in den Blättern ausgewählter Individuen.....	237
Tabelle 101: Verhältnisse von Elementgehalt und -konzentration, sowie Blattgewichte.....	237
Tabelle 102: Statistische Auswertung der populationsbiologischen Erhebungen	238
Tabelle 103: Übersicht über die Synonyme (oberer Teil) und Übergänge (unten) beider Gesellschaften (Literaturangaben) 240	240
Tabelle 104: Zeigerwerte und Soziologie der in den Flächen gefundenen Arten nach ELLENBERG 1992.....	241
Tabelle 105: Übersicht über die Einteilung der Arten in Gruppen und ökologische Parameter	243

Verzeichnis der Gleichungen

Gleichung 1: Shannon-Index	42
Gleichung 2: Evenness	42
Gleichung 3: Qualitativer mittlerer Zeigerwert	50
Gleichung 4: Gewichtung der quantitativen Zeigerwerte	50

1 Überblick

1.1 Verbindung zweier Fragen und Datensätze

Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um einen Vergleich neuer und alter Daten aus einem bestehenden Versuch handelt, geht der klassischen Reihenfolge in der Darstellung (Material, Methode, Ergebnisse, Diskussion) ein allgemeiner Überblick über die Struktur der Daten voraus. Aufgrund der Verschachtelungen durch die gemeinsame Auswertung alter und neuer Daten nach bestehenden und neuen Methoden, ist ein gelegentlicher Vorgriff im Überblick auf späteres unvermeidlich.

1.2 Ausgangslage: ein bestehender Dauerflächenversuch

Seit Beginn des Ackerbaus treibt den Menschen die Angst vor Produktionsausfall und damit verbundene Hungersnöte zur Intensivierung seiner landwirtschaftlichen Bemühungen. Die Sorge um das tägliche Brot hat sich immer auch auf weniger ergiebige Standorte erstreckt. Unter den Magerrasen waren es besonders die Borstgrasrasen mit ihrer dominanten, aber für Weidevieh nahezu ungenießbare Leitart *Nardus stricta* (Fax, Borstgras), welche Verbesserungsbemühungen auf sich zogen. In der Not der (Vor-) Kriegsjahre war es für die Schweiz notwendig, alle Möglichkeiten der Produktionsvermehrung zu nutzen. Trotz jahrzehntelanger unermüdlicher Werbe- und Aufklärungsarbeit war der weitaus größere Teil der Alpweiden sehr extensiv³ bewirtschaftet. Sogenannte „minderwertige“ Rasen nahmen große Flächen ein (LÜDI 1941a:20). Die Leistung der Alpweiden war Mitte des Jahrhunderts im Durchschnitt 25x geringer als die einer Kunstwiese. Ungezählte Alpdüngungsversuche bewiesen, dass auch in grossen Höhen Weideerträge möglich sind, die weit über dem Durchschnitt liegen (vgl. MARSCHALL 1958:81f.). Alpverbesserung galt in den dreißiger und vierziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts, als in den tieferen Lagen der Umfang des Graslandes sehr verkleinert war, als patriotische Pflicht. Was fehlte, waren Arbeitskräfte, Dünger und vielfach auch Unternehmungsgeist oder guter Wille (LÜDI 1941b:20).

LÜDI (*1888-†1968) wollte daher erforschen, wie man eine solche unfruchtbare Weide verbessern kann. Dazu legte er ab 1930 in den Berner Alpen auf der Schynigen Platte (ca. 2000m NN) ob Interlaken (CH) einen Dauerflächenversuch („Versuchsweide“) mit 360 Versuchsflächen in einem Borstgrasrasen (Geo montani-Nardetum strictae) an. Das Nardetum war als Großviehweide auf der Unterlage von unterem Dogger außerordentlich weit verbreitet (LÜDI 1948:39). Der Boden war tiefgründig, aber durch Auslaugung versauert. Vorherrschend waren zu Beginn des Jahrhunderts *Nardus stricta* mit 40 % und *Arnica* mit 20 % Deckung, sowie Zwergsträucher und acidophile Kräuter wie *Campanula barbata*, *Gentiana purpurea*, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG, *Potentilla aurea* und *P. erecta*, *Geum montanum*, *Carex pallescens*, *Luzula multiflora*. Futterpflanzen bedecken nur ca. 15-20 %. Kleearten fehlten nahezu (LÜDI 1959:2). Die Literatur über die Borstgrasrasen und die Versuche zur „Bekämpfung“ des Borstgrases (mit einem Höhepunkt um die Mitte dieses Jahrhunderts) ist umfangreich (z. B. STEBLER und SCHOETER 1887, STEBLER und SCHOETER 1888, KLAPP 1944, 1950, 1951a+b, 1956, MARSCHALL 1958,). Hauptziel war oft die „Vernichtung“ des Weideunkrautes *Nardus stricta* durch die möglichst schnelle, billige und dauerhafte Umwandlung des Nardetums in eine ertragreiche Fettwiese (Crepido-Festucetum rubrae). Mineralische Düngemittel heben die Erträge

³ Extensiv: geringer Einsatz von Produktionsmitteln, daher geringe Trockenmasseerträge (PFADENHAUER 1997:346). Extensiv in diesem Sinne kann dennoch bedeuten, daß jedes Fleckchen, jedes Pflänzchen „intensiv“, aber ohne den Einsatz mineralischer Dünger, genutzt wurde.

bodensaurer Magerrasen rasch auf das Niveau mehrschüriger Wiesen oder Fettweiden an. Allein durch Kalkung und Phosphatdüngung kann der Heuertrag von 4 dz/ha auf 30-50 dz/ha gesteigert werden. In 5 Jahren erfolgt die Umschichtung der Vegetation bei Umtriebsweide mit gleichzeitiger Düngung (STEIDL und RINGLER 1996:166). Weniger gut dokumentiert ist, wie lange diese "Bekämpfung" erfolgreich war, resp. aus heutiger Sicht, ob die Beeinträchtigung der Magerrasen dauerhaft ist. Zur Beantwortung dieser Frage eignen sich Dauerflächen gut, da sie umfassendere Antworten geben können als kurzfristige Untersuchungen. Die Anlage der sogenannten „Versuchsweide“ ist weltweit der umfangreichste und größte Dauerflächen-Versuch an der Waldgrenze⁴ und wurde 1958 zu 2/3 und 1968 ganz aufgegeben.

1.3 LÜDIS Fragestellung

Lässt sich der Borstgrasrasen (*Geo montani-Nardetum*) in der Versuchsweide durch Düngung in eine Milchkrautweide (*Crepido-Festucetum rubrae*) zurückversetzen oder umwandeln (LÜDI 1959:2, HEGG 1984:141) oder zumindest in eine bessere Weide verwandeln? LÜDI wertete die Zunahme der Biomasse und die Entwicklung des Magerrasens zu einer „Fettweide“ als Erfolg. Neben dem Effekt des Düngers war für LÜDI von besonderem Interesse, die Veränderungen zu verfolgen, nachdem im Alpengarten die Nutzung als Großviehweide völlig wegfiel (LÜDI 1936:632). Die Untersuchungen fanden in 2 getrennten Perioden statt, in denen sich die Zielsetzung v. a. aufgrund der gewonnenen Ergebnisse leicht änderte (LÜDI 1959:4). LÜDI notierte um 1933 für die 1. Periode (1930-1945) als vegetationskundliche Ziele wörtlich:

- „Rasenerneuerung mit und ohne Düngung
- Einwirkung der Düngung auf den natürlichen Rasen
- Rasenveränderung und Düngung
- Bodenazidität und Weiderasen
- Das Problem der Klimaxgesellschaften“

1946 hielt er für die 2. Periode (1946-1958) als vegetationskundliche Ziele unter anderem fest:

- „länger andauernde Verfolgung eingeleiteter Rasenveränderungen
- Versuch zur Rückführung eingetretener Rasenverschlechterungen
- Rasenzerfall bei einsetzender Düngung
- Vergleich von jährlicher zu 2-jähriger Ernte
- Beobachtung der Kalkauslaugung aus gekalktem Boden
- Düngerwirkung bei gekalkten Böden“

Zur Beantwortung dieser Fragen schuf LÜDI ein vielfältiges räumliches und zeitliches Mosaik von Eingriffen in die Grasnarbe des *Geo montani-Nardetum strictae* (Mähen, Säen, Schälen, Umgraben) kombiniert mit diversen Düngerkombinationen und Nutzungsformen. Darauf wird weiter unten genauer eingegangen (2.1.2).

1.4 Stand der Auswertungen von Daten aus der Versuchsweide

Alle Daten des alten Versuches liegen als handschriftliche Tagebuchaufzeichnungen (im folgenden: TB) dem botanischen Institut Bern vor. Aufgrund der damals unzureichenden Möglichkeit

⁴ Einen älteren, in geringerer Höhe gelegenen Versuch gibt es in Rothamsted (GB). Dort wurde ursprünglich untersucht, wie man Gras für die Heugewinnung am besten mit anorganischem N, in Verbindung mit P, K, Na, Mg und Si, den Komponenten von Heuasche (hay ash) düngt. 1856 wurden die Flächen auf eine schon damals mindestens 100 Jahren altem Dauergrünland angelegt. Anfang des Jahrhunderts wurden die Düngungen durch Kalkung ergänzt. Zu keinem Zeitpunkt wurden Arten entfernt. Heute hat jeder Plot seine eigene Flora. Es besteht kaum noch ein Zusammenhang zu der ursprünglichen Fragestellung (z. B. JENKINSON et al. 1994, SILVERTON 1980 u.a.).

der Datenverarbeitung konnte nur ein Bruchteil der Daten von den Versuchen in der Versuchsweide und dem benachbarten Alpengarten ausgewertet werden. Die Auswertung der Daten durch LÜDI erfolgte vornehmlich nach den Kriterien der Biomassezunahme, der Reduktion der Weideunkräuter und Zunahme der Futterpflanzen sowie der Wirtschaftlichkeit und allgemeiner Unterschiede in der Vegetation. Die Veröffentlichung erster Ergebnisse erfolgte durch LÜDI selbst (LÜDI 1923/24, 1928, 1931, 1936, 1940a+, 1941a+b, 1948, 1959).

Die Versuchsflächen wurden ab 1980 nach dem Wiederauftauchen der Tagebücher (DÄHLER 1993:8f.) aufgrund alter Markierungsreste und Strukturen in der Vegetation rekonstruiert und neu markiert. Damit sind die Flächen und Daten für eine erneute Bearbeitung zugänglich.

Ein Teil der Daten wurde in eine Datenbank eingegeben und geprüft (DÄHLER 1992a+b, 1993, HEGG 1984 a-c, HEGG et al. 1992). Kurzfristige anthropogene Eingriffe auf subalpine Nardeten (besonders mineralische Düngung) sollen über ihre Dauer hinaus Auswirkungen haben. Die Auswirkungen der bisherigen Manipulationen der Versuchsweide (VW) manifestieren sich bis in die Gegenwart. Angesäte und/oder mit mineralischem Dünger behandelte Flächen zeigen, daß „gute Futtergräser“ ebenso wie Leguminosen positiv auf die Düngung reagieren, wohingegen „Weideunkräuter“ und Zwergsträucher reduziert werden. Die erwünschte Ertragssteigerung/Umwandlung ist zunächst erfolgreich, eine lange Wirksamkeit der Düngung ist feststellbar, besonders bei der Betrachtung der Deckung einzelner Arten (vgl. ELLENBERG 1996:600ff., HEGG 1984 a-c, DÄHLER 1993 + 1992). Die Rückentwicklung ist offenbar bisher nicht vollständig verlaufen.

Ein Großteil der Daten liegt aber nach wie vor nur in handschriftlicher Form vor. Unveröffentlichte Daten zum Nährstoffgehalt der Gesamtbiomasse bei unterschiedlichen Düngungen wurde für die vorliegende Arbeit verwendet (TB 1945).

1.5 Fragestellung der vorliegenden Arbeit

Ausgehend von den bereits ausgewerteten Daten sollten vertiefend folgende Fragen untersucht werden:

- Wie wirken bestimmte Mineraldünger langfristig auf die Stabilität eines subalpinen Nardetums?
- Findet eine Entwicklung von Nardetum zu einem Festucetum/einer besseren Weide statt?

Zwischen der ersten Düngung und der ersten Vegetationsaufnahme vergingen 2 bis 7 Jahre (vgl. Tabelle 9), die einzelnen Aufnahmen in einer Fläche wurden mit bis zu 36 Jahren Abstand gemacht. Über den Beginn der Veränderungen und die Dynamik der Vegetation ist bisher nicht viel bekannt. Es fehlen Informationen darüber, wie die Vegetation *direkt* nach der Düngung reagiert.

- Wie entwickelt sich die Vegetation in den ersten Jahren nach der Düngung?

Um dieses Manko zu beheben, wurden für die vorliegende Arbeit in der Versuchsweide nahe den alten Flächen 42 neue angelegt, ausgewählte Behandlungen (7 Mineraldünger auf natürlichem Rasen, 6 Parallelen, Reihenfolge randomisiert) wiederholt und anschließend für drei Jahre beobachtet. Über die stellvertretende Untersuchung der neuen Flächen soll untersucht werden, wie die Vegetation in den ersten Jahren nach mineralischer Düngung reagiert und –in Verbindung mit ausgewählten Daten aus bestehenden Flächen- ob diese damals beobachtete Reaktion der Beginn dauerhafter Bestandesänderungen ist. Es wurden dazu Daten vorhandener Flächen ausgewählt, in denen die

Flächen von LÜDI in der ersten Versuchsperiode kontinuierlich mit nur einer Düngervariante behandelt wurden (Ca-, NPK-, NPKCa-Flächen und zur Kontrolle ungedüngte Flächen, vgl. 1.7). Obwohl das Zusammenfügen von Daten unterschiedlichen Ursprungs streng wissenschaftlich gesehen, nicht statthaft ist, können durch dieses Verfahren dennoch hypothetische Entwicklungsverläufe an realen Daten dargestellt werden (vgl. 6.2.2).

- Könnte diese Entwicklung analog in den alten Flächen stattgefunden haben?
- Lassen sich in unterschiedlichen Dekaden erhobene Daten zu einem einzigen Datensatz zusammenschließen? Läßt sich der neue Datensatz beispielhaft in den alten eingliedern?
- Wird ein sinnvoller Ablauf der Entwicklungen erkennbar?
- Oder verhindern langfristige Veränderungen in den Lebensräumen einen direkten Vergleich?

Für die Anlage der Versuchsweide wurde 1930 eine stark beweidete Fläche eingezäunt. Nach Aufgabe der Flächen ab 1958 wurde wieder beweidet und 1981 erneut eingezäunt. Daher muß auch der Einfluß der Nutzungsänderung (Übergang von Weide zu Mahd) untersucht werden.

- Hatte die durch den Versuchsbeginn/ das Versuchsende erfolgende Nutzungsänderung (wiederholte Einzäunung) Einfluß auf die Vegetation?
- Können Daten von vorhandenen Nullflächen als „Basislinie“ für unbeeinflusste Entwicklung genutzt werden?

Ferner wird der „kleinere Maßstab“ untersucht, indem populationsbiologische Analysen mit den Ergebnissen der Gesamtvegetation verglichen werden.

- Reagieren einzelne Arten anders als die gesamte Vegetation?
- Läßt sich aus der Populationsdynamik ausgewählter Arten auf die Reaktion der Gesamtvegetation schließen?

Für die vorliegende Untersuchung werden also vorliegende Daten aus dem bestehenden Versuch mit solchen verknüpft, die aus neu angelegten Dauerflächen in der Versuchsweide stammen. „Alte“ und „neue“ Daten werden jeweils nach denselben Methoden ausgewertet und vorgestellt.

- Sind die verwendeten Methoden für die Bearbeitung des gestellten Themas geeignet?
- Sind die Ergebnisse übertragbar?
- Welchen Wert hat die Versuchsweide heute? Sortierung, Sichtung und Einordnung?
- Welche Schlußfolgerungen lassen sich für Dauerflächenversuche ziehen?

Daraus ableitend werden Hinweise auf die Gefährdung und Störung alpiner Ökosysteme durch externe Einflüsse erwartet.

1.6 Struktur der vorliegenden Daten

Im folgenden wird das Design des alten und des neuen Versuches stichwortartig erläutert. Unterschiede und Gemeinsamkeiten sind erkennbar.

1.6.1 Versuchsdesign alte Flächen

- 1930-1932 Einzäunung der Versuchsweide
- Anlage der Flächen zwischen 1930-1933
- Unterschiedliche Behandlung der Grasnarbe (Düngung des „natürlichen Rasens“, pH-Neutralisierung, Abbrennen, Abschaben, Hacken, Ansaat (23 selbstgesammelte Arten), Selbstbesiedlung und Kombinationen)
- Mehrere Nährstoffkombinationen (Kontrolle, Mineralisch: N, P, K, NP, PK, NK, NPK, NPKCa, Ca, Thomasmehl; Organisch: Stallmist, Kompost und Kombinationen, Düngung anderer Nährstoffe auf bereits gedüngte Flächen in Periode II)

- Variationen der NPKCa-Quantitäten
 - Düngung über 3-12 Jahre
 - Mahd einzelner Flächen („Nutzung“) direkt oder mehrere Jahre nach der ersten Düngung
 - Unterteilung der Versuchsansätze in über 17 „Gruppen“
 - 360 Flächen à 1 m²
 - # 1-340 innerhalb der Weide, je 5 Parallelfächen innerhalb der „Gruppe“ in gleichmäßiger Reihenfolge im Raum, 20 Flächen außerhalb
 - diskontinuierliche Beobachtung
 - Zwei Untersuchungsperioden durch LÜDI: I. 1930-1945/ II. 1945-1958, Aufgabe in 2 Etappen: („Gruppen“ V-XVII: 1958 (nach LÜDIS Pensionierung) und „Gruppen“ I-IV: 1968 (nach LÜDIS Tod))
 - Wiederaufnahme 1981 (durch HEGG), Doktorarbeit 1993 (DÄHLER), Diplomarbeit 1997 (KELLER), Doktorarbeit 2000 (TIDOW)
 - jährliche Mahd der gesamten Weide zwischen 1933-1958 resp. 1968 und ab 1980
 - Beweidung der Flächen vor 1930 und ab 1958 resp. 1968 bis 1980
- LÜDI untersuchte die Vegetation anhand mehrerer Parameter (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Von LÜDI untersuchte Parameter, zeitliche Dichte und Verfügbarkeit der Daten

Untersuchte Parameter	Datenerhebung	Datenverfügbarkeit
➤ Vegetationsaufnahmen (Deckung, Abundanz, Vitalität)	Nicht kontinuierlich, selten, unregelmäßig	Datenbank (DB), und Tagebücher (TB)
➤ PH-Wert-Probenahme	Nicht kontinuierlich, selten, unregelmäßig	Tagebücher (DB)
➤ Nährstoffanalysen	Nicht kontinuierlich, selten, unregelmäßig	Tagebücher (DB)
➤ Biomasse	Nicht kontinuierlich, selten, unregelmäßig	Tagebücher (DB)
➤ Phänologische Datenaufnahme		Tagebücher (TB)
➤ Etc. .		

Aus dem Versuchsablauf ergibt sich ein *Datenüberfluß* einerseits (17 verschiedene Versuchsansätze mit bis zu 22 Düngervarianten und ein *Datenmangel* andererseits (nur wenige Aufnahmen pro Behandlung in 60 Jahren).

1.6.2 Versuchsdesign neue Flächen

- Anlage 1994
 - Düngung des „natürlichen Rasens“
 - 7 Düngungsvarianten: Kontrolle, Mineralisch: N, PK, NK, NPK, NPKCa, Ca, Organisch: -
 - 42 Flächen à 1 m²
 - # 401-473, je 6 Parallelfächen zufällig verteilt
 - Kontinuierliche Beobachtung (jährlich)
 - Mahd der gesamten Weide seit 1933? und (jährlich) der einzelnen Flächen 1994-1996
- Die Vegetation wurde anhand folgender Parameter untersucht (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: In den neuen Flächen untersuchte Parameter, zeitliche Dichte und Verfügbarkeit der Daten

Untersuchte Parameter	Datenerhebung	Datenverfügbarkeit
➤ Vegetationsaufnahmen (Deckung)	jährlich	Datenbank
➤ PH-Wert-Probenahme	1995	Datenbank
Nährstoffanalysen	1996	Datenbank
➤ Biomassebestimmung	jährlich	Datenbank
➤ Phänologische Datenaufnahme	1995+1996	Datenbank
➤ Populationsbiologische Probenahme	1995+1996	Datenbank

1.7 Auswahl der alten Daten

Nur ein kleiner Teil der alten Daten konnte für die Untersuchungen verwendet werden. Es wurden nur Vegetationsaufnahmen (Deckung) ausgewählt, weil diese bereits in der Datenbank verfügbar sind.

Da untersucht werden sollte, welche Einflüsse sich auf *alle* Flächen (ungedüngten, sowie diejenigen, die mit Ca, NPK und NPKCa gedüngt) zwischen 1930 und 1997 auswirkten, sollten die eigentlichen Manipulationen (Düngungen) von der Entwicklung in ungedüngten Flächen („Basislinie“) getrennt werden können. Es waren 10 geeignete Nullflächen für die Berechnung einer Basislinie vorhanden (s. Tabelle 3, zur räumlichen Lage und Details aus LÜDIS Versuch vgl. Weideplan und 2.1.2).

Auswahlkriterien für die gedüngten Vergleichsflächen waren:

- mineralische Düngung (kein Mist/Kompost etc.)
- keine zweite Düngung der Flächen in der Versuchsperiode 2
- jeweils Daten von möglichst vielen Flächen vorhanden
- Vegetationsaufnahmen aus möglichst vielen Jahren vorhanden

Es zeigte sich, daß trotz der großen Gesamtmenge an Behandlungen und Daten nur wenige Flächen die Kriterien erfüllten. Es konnten nur drei Düngervarianten mit leider nur wenigen Aufnahmen aus wenigen Flächen (#: nicht für jedes Jahr liegen Aufnahmen aus allen Jahren vor) ausgewählt werden:

Tabelle 3: Die alten Daten

Behandlung	„Gruppe“	#	Aufnahmejahre	Flächennummern (vgl. Weideplan)
Nullflächen	XVI/XVII	Max. 10	33, 34, 41, 43, 54, 90,	316*, 317*, 318*, 319*, 320*, 321, 325, 329, 333, 337 97
NPK-Flächen	V	Max. 3	36, 41, 46, 82, 89	99, 123, 135
Ca-Flächen	X	Max. 5	32, 54, 90	232, 236, 240, 244, 248
NPKCa-Flächen	V	Max. 5	31, 41, 46, 54, 82, 89	100, 112, 124, 136, 148

* Flächen der „Gruppe“ XVI, unterstrichen: Flächen, über denen eine Kompost (316) - resp. NPKCa-Fläche (317-320) liegt (für die Herkunft der Standardaufnahmen vgl. Tabelle 7)

Zwischen den einzelnen Vegetationsaufnahmen liegen Lücken von mehreren Jahren bis Jahrzehnten (s. Tabelle 4, für Details vgl. Tabelle 9).

Tabelle 4: Jahre mit Vegetationsaufnahmen in den alten Flächen und dazwischenliegender Zeitraum

Behandlg	Jahr	Abs tan d										1. „Nutzg“	Jahre Düngg	von-bis
Ca	32 54 90	22	36									35	4	32-35
NPK	36 41 46 82 89	5	5	36	7							32	12	31-42
NPKCa	31 41 46 54 82 89	10	5	8	28	7						32	12	31-41
Null	33 34 41 43 54 90 97	1	7	2	11	36	7					35	(2/4)	32-33/53

unterstrichen: Flächen, über denen eine Kompost - resp. NPKCa-Fläche liegt, vgl. Weideplan

1.8 Die neuen Daten

Um die Entwicklung in den ersten Jahren rekonstruieren zu können, wurden in den neuen Flächen die Vegetationsaufnahmen jährlich gemacht. Um eine Zusammensetzung zu ermöglichen, wurde im neuen Versuch ein Großteil der bestehenden Methode verwendet (vgl. 3).

Die neue Fragestellung erlaubte nur kleine Änderungen (z. B. Randomisierung der Reihenfolge). Erweiterungen waren die Messungen von pH, Biomasse und Phänologie, sie fanden jährlich statt. Die populationsbiologischen Daten der einzelnen Individuen aus den neuen Flächen wurden aus Zeitgründen nicht jedes Jahr in allen Flächen erfaßt. Es ist nun ein kleiner Datensatz vorhanden, der in

allen wesentlichen Punkten (außer dem zeitlichen Beginn) mit den alten Daten übereinstimmt. Die Herkunft der neuen Daten zeigt Tabelle 5, vgl. dazu auch 3.1 und Weideplan.

Tabelle 5: Herkunft der neuen Daten

Behandlung	„Gruppe“	#	Aufnahmejahre	Flächennummern (vgl. Weideplan)
Nullflächen	Neu	6	94, 95, 96	403, 416, 447, 452, 461, 473
NPK-Flächen	Neu	6	94, 95, 96	407, 413, 436, 442, 444, 451
Ca-Flächen	Neu	6	94, 95, 96	401, 414, 423, 435, 462, 472
NPKCa-Flächen	Neu	6	94, 95, 96	405, 421, 432, 463, 471, 441
N-Flächen	Neu	6	94, 95, 96	402, 411, 425, 427, 434, 443
NK-Flächen	Neu	6	94, 95, 96	406, 422, 424, 431, 445, 453
PK-Flächen	Neu	6	94, 95, 96	404, 412, 415, 437, 433, 446

Für die neuen Flächen wurden neben den aus den alten Flächen ausgewählten Behandlungen auch Düngungen mit N, PK und NK ausgeführt, um allfällige N- resp. P-Limitierungen zu erkennen (für Details s. 3) und um zukünftige Untersuchungen zu ermöglichen. Auf eine Überprüfung der detaillierten Entwicklung mit alten Daten mußte leider verzichtet werden, da zuwenig (N-, NK-Flächen) resp. ungenügende alte Daten (Verwendung von Ca-haltigem Superphosphat in den alten PK-Flächen, s. 3.3) vorhanden sind.

1.9 Zusammensetzung der Daten, resultierende Datendichte

Um einen Eindruck zu erhalten, wie die initiierte Entwicklung abgelaufen sein *könnte*, werden die beiden Datensätze anschließen zusammengesetzt (s. Abbildung 1). Die neuen Daten repräsentieren dabei jeweils die zweite bis vierte Vegetationsaufnahme (zu den Symbolen vgl. Abkürzungsverzeichnis).

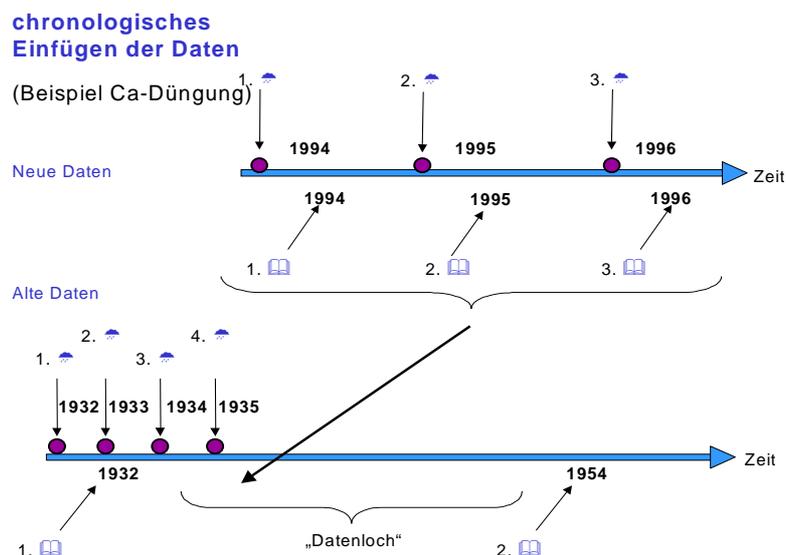


Abbildung 1: Einfügen der neuen Daten in die alten Zeitreihen am Beispiel der Ca-Flächen

Da die ersten Vegetationsaufnahmen in den alten Daten aus unterschiedlichen Jahren vorliegen, repräsentieren die neuen Daten Aufnahmen aus verschiedenen Jahren (s. Tabelle 6). Die Aufnahme der Ca-Flächen aus dem Jahren 1994 entspräche also einer Aufnahme von 1933.

Tabelle 6: Durch die neuen Daten repräsentierte Erhebungen

	1994	1995	1996
Null	1935	1936	1937
NPK	1933	1934	1935
Ca	1933	1934	1935
NPKCa	1932	1933	1934

Zwar ist die Datendichte damit noch weit von der für ein Monitoring (vgl. 6.1.1) geforderten Häufigkeit entfernt, jedoch werden zumindest die Jahre direkt nach der ersten Düngung abgedeckt. Dieses Verfahren ist nicht unumstritten und wird im Anschluß an die Darstellung der Ergebnisse diskutiert (6.2.2).

1.10 Definition der „Standardgesellschaften“

LÜDI wollte mit seinen Versuchen den Borstgrasrasen in der Versuchsweide in eine Milchkrautweide zurückversetzen (LÜDI 1959:2) resp. „umwandeln“ (HEGG 1984c:141). Dies bedeutet, daß die Versuchsweide entweder eine Milchkrautweide gewesen ist, oder sich in eine solche oder zumindest eine bessere Weide verwandeln läßt. Nach LÜDIS Vorstellungen strebt das gedüngte Nardetum einem Crepido-Festucetum rubrae zu (LÜDI 1959:2). Auch HEGG (1984c:141) und DÄHLER (1993:1) beschreiben diese Gesellschaft als möglichen Endpunkt der durch die Behandlungen ausgelösten Veränderungen. Für diese Untersuchungen wurden daher „Standardgesellschaften“ definiert, mit deren Eigenschaften alle erhobenen und berechneten Parameter verglichen wurden.

Das Standardnardetum (=N₃₂), aus dem sich ad definitionem alle untersuchten Flächen entwickelt haben, wurde aus 10 ungedüngten Flächen der „Gruppen“ X und XI aus den Jahren 1931/32 erstellt. Definitionsgemäß konnten die Aufnahmen aus den Nullflächen der „Gruppen“ XVI und XVII nicht verwendet werden, da diese für die Analyse der Basislinie (=Entwicklung der Vegetation ohne Düngung) verwendet wurden. Die Nullflächen der „Gruppen“ V, VI und XVII fielen ebenfalls aus (zuwenig Daten, zuwenig Flächen, nur selten Vegetationsaufnahmen durchgeführt; undurchsichtige Angaben zur Düngung in der Datenbank⁵).

Die Definition des Standardfestucetums (F₂₈), zu dem die Flächen tendieren, war komplizierter. Das typische „Crepido-Festucetum rubrae“ ist für die Schynige Platte spezifisch (s. 2.3.3). Da es in der allgemeinen Literatur keine Gesellschaftsbeschreibungen eines Festucetums gibt, die dem Typ der Schynigen Platte nahe genug kommen und die NPKCa-gedüngten Flächen wegen ihres Status' als Untersuchungsgegenstand nicht als Zielgesellschaft gewählt werden konnten, wurden 10 Vegetationsaufnahmen aus dem Jahre 1928 von 10 Flächen im Alpengarten verwendet (LÜDI 1948:34ff.). Unglücklicherweise gibt LÜDI nicht die relativen Deckungsprozente an, sondern verschlüsselt die Deckungswerte nach einer fünfteiligen Skala⁶. Für die Vergleichbarkeit mußten diese Verschlüsselungen wieder in Deckungsprozente umgewandelt werden. Dies erfolgte nolens volens durch Ersatz der Ordinalzahlen durch die von ihnen repräsentierten mittleren Deckungswerte⁷. Eine Änderung des Festucetums in Laufe der Zeit (1928-1994) durch Nutzungsänderungen o. ä. wurde für diese Analyse per Definition ausgeschlossen. Die Herkunft der ausgewählten Flächen gibt Tabelle 7 an.

⁵ Düngung Periode 1: 1; Düngung Periode 2: 0

⁶ 1-5 (von <1/16 der Fläche bis >1/2). Später gab er dieses Verfahren auf (LÜDI 1936:634).

⁷ Diese Methode ist unbefriedigend und die Ergebnisse sind nur bedingt mit aus „echten“ Deckungsprozenten errechneten Werte vergleichbar (DIERSCHKE 1994:233)

Tabelle 7: Die für die „Standardgesellschaften“ ausgewählten Flächen

Gesellschaft	Code	Jahr	„Gruppe“	Flächen- und Aufnahmeummern	Quelle
Standardnardetum	N ₃₂	1931	X	231, 247, 239, 238, 243	Datenbank
Standardnardetum	N ₃₂	1932	XI	263, 267, 259, 255, 251	Datenbank
Standardfestucetum	F ₂₈	1928	(Alpengarten)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	LÜDI 1948:34ff.

Das Ergebnis nach der Düngung des Nardetums für die Versuchsweide würde also wie in Abbildung 2 lauten:

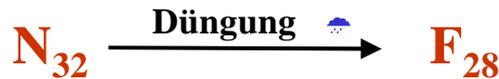


Abbildung 2: Entsteht durch Düngung eines Nardetums ein Festucetum?

1.11 Aufgabe und Wiederaufnahme der Untersuchungen

Da die Versuchsweide für die Dauer des Versuchs und nach Wiederaufnahme der Untersuchungen eingezäunt wurde (vgl. 2.1.6), resultierte ein wiederholter Wechsel zwischen Beweidung und Mahd (s. Abbildung 3).

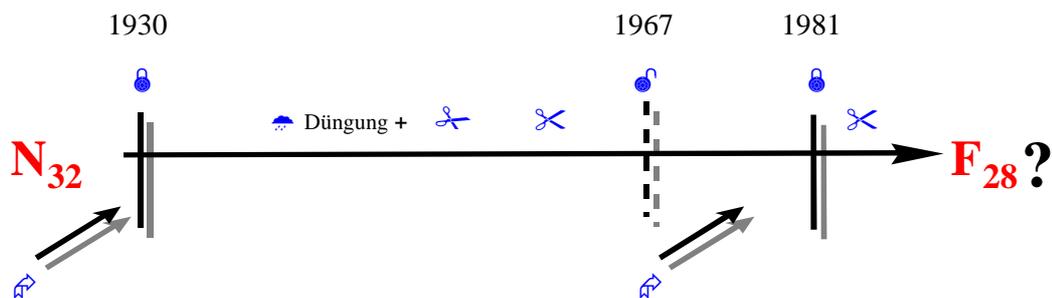


Abbildung 3: Situation des Nardetums in der Versuchsweide bis heute

Damit wirkt neben den unterschiedlichen Nährstoffkombinationen der durch Einzäunung bedingte Wechsel der Nutzung auf die Vegetation (s. Abbildung 4).

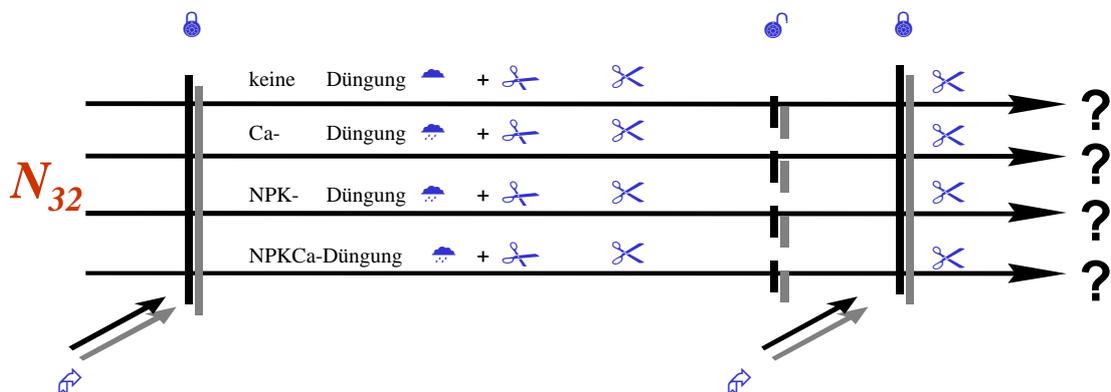


Abbildung 4: Situation der ausgewählten Versuchsflächen in der Versuchsweide bis heute

Leider kann nicht allein der Einfluß der Düngung untersucht werden. Die Wechselwirkung zwischen den Einflußgrößen Mahd/Beweidung *und* Düngung beeinflusst evtl. die Reaktion der Vegetation, denn jede Ursache hat mehrfache Auswirkungen, und umgekehrt, jede sichtbare

Erscheinung ist in der Regel das Ergebnis zahlreicher Einzelursachen und -vorgänge im Gesamtgeschehen des Ökosystems (vgl. LERCH 1991:26).

1.12 Vorgehen bei Datenanalyse und Darstellung der Ergebnisse

Die ausgewählten alten und neu erfaßten Daten sowie die *zusammengesetzten* Daten werden mit denselben Methoden analysiert, um eine vergleichende Auswertung zu ermöglichen (s. Tabelle 8).

Tabelle 8: Methoden für die Analyse der Daten

Analysemethode	Alte Daten	Neue Daten
Pflanzensoziologische Analyse der Vegetationstabellen	X	X
Multivariate Statistik der Vegetationstabellen:		
➤ Fuzzy-Set-Ordinationen	X	X
➤ Zugehörigkeitsdiagramme	X	X
➤ Evenness	X	X
➤ Berechnung der mittleren Artenzahlen	X	X
Berechnung der Deckungswerte der Artengruppen*	X	X
Berechnung der Zeigerwerte nach Ellenberg	X	X
Analyse der pH-Werte		X
Analyse der Biomasse		X
Populationsbiologische Untersuchungen an Einzelindividuen		
➤ Blattlänge und Blattzahl		X
➤ Analyse der Biomasse der Einzelindividuen		X
➤ Analyse der Nährstoffbestimmung der Einzelindividuen		X

*Änderungen der Deckungswerte definierter Artengruppen (soziologisch (z. B. Nardetumart), nach Futterwert (z. B. gute Futterpflanzen), Wuchsformen (z. B. Gras) und Kombinationen)

Dieselben Parameter wurden auch für die Standardgesellschaften erfaßt. Alle Daten wurden mit diesen verglichen (s. Abbildung 5).

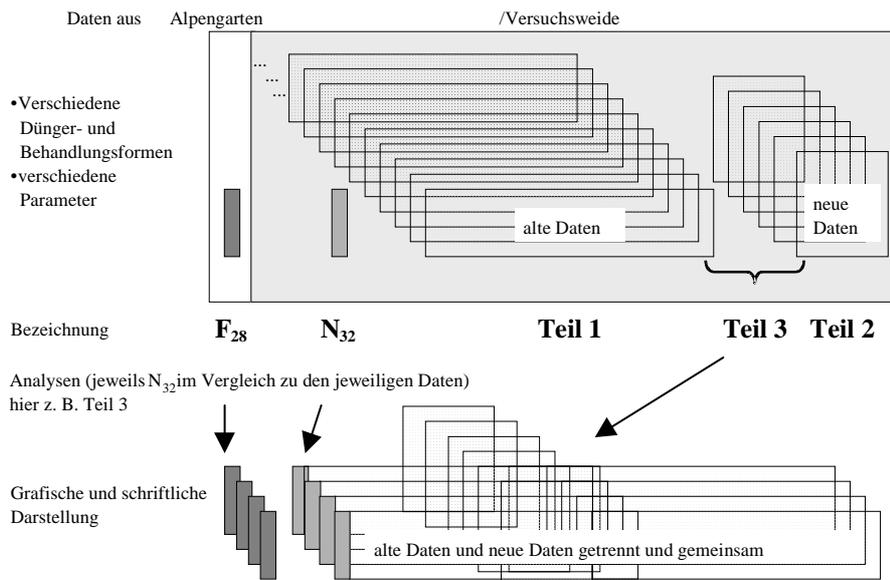


Abbildung 5: Datenherkunft und Vorgehen bei der Auswertung der Daten und dem Vergleich mit den Standardgesellschaften

Die Daten aller Jahre werden zunächst jeweils für jede alte und neue Behandlung in der Reihenfolge Null, NPK, Ca und NPKCa (resp. 0, N, NK, PK, NPK, Ca, NPKCa) einzeln dargestellt (z. B. Ca₉₄₋₉₅₋₉₆, sowie Ca₃₂₋₅₄₋₉₀). Anschließend werden die neuen Daten der Ausgangsfrage gemäß in den alten Datensatz eingliedert (z. B. Ca₃₂₋₉₄₋₉₅₋₉₆₋₅₄₋₉₀). Für die Nullflächen werden die Daten außerdem chronologisch vorgestellt (Null₃₃₋₃₄₋₄₁₋₄₃₋₅₄₋₉₀₋₉₄₋₉₅₋₉₆₋₉₇).

2 Das Versuchsgebiet „Schynige Platte“

Die Schynige Platte liegt im Berner Oberland ob Interlaken⁸ im Grenzbereich der alpinen Rasen auf Kalk und Silikaten in der Landschaft des subalpinen Fichtenwaldes an der natürlichen Waldgrenze (LÜDI 1936:633). Das Gebiet ist sehr reich an Arten und Pflanzengesellschaften. Aufgrund der Aussicht auf Eiger-Nordwand, Mönch und Jungfrau ist die Schynige Platte schon lange ein beliebter Aussichtspunkt, der durch den Bau der Schynige Platte Bahn (SPB) und des Hotels zusätzlich attraktiv gemacht wurde. Daher wurde hier 1927 der Verein Alpengarten gegründet und deshalb legte auch LÜDI in den zwanziger Jahren zahlreiche⁹ Dauerflächen in verschiedenen Gesellschaften des Alpengartens und in den dreißiger Jahren die Dauerflächen in der Versuchsweide an.

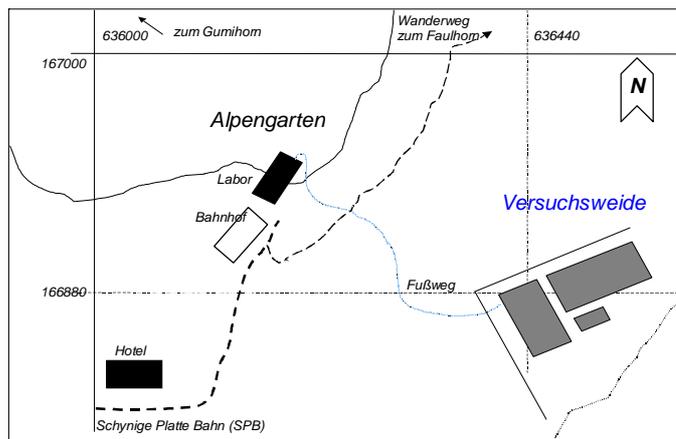


Abbildung 6: Lageplan von Alpengarten und Versuchsweide auf der Schynigen Platte (nicht maßstabsgetreu)

Die Versuchsweide liegt ca. 5 Gehminuten unterhalb des Laborgebäudes und des Alpengartens auf einem Südhang (gleichmäßig 20° geneigt, HEGG 1984b:459, vgl. Abbildung 6) auf 1980 m NN. Da hier ein Hotel, ein Labor sowie der reich ausgestattete Alpengarten neben zahlreichen gut erreichbaren „Vorzeigegesellschaften“¹⁰ der subalpinen Stufe auf engem Raum vorhanden sind, werden noch heute in den Sommermonaten auf dem „Hausberg“ des botanischen Instituts der Uni Bern botanische Kurse angeboten, die zum Teil auch in der Versuchsweide stattfanden (HEGG 1984c:461).

2.1 Die Versuchsweide

2.1.1 Lüdīs Tagebücher aus dem alten Versuch

Mit den Tagebüchern besitzt die Uni Bern einen besonderen Schatz. Es handelt sich neben einer Kiste mit –teilweise kommentierten- Fotos um mehrere DIN A 5-Hefter und einen Stapel loser Blätter, in welche die handschriftlichen Aufzeichnungen LÜDIS und seiner Mitarbeiter nach den Versuchsgruppen geordnet (vgl. Tabelle 9) eingelegt sind. Neben Abschriften der Vegetationsaufnahmen (inkl. Deckungs-, Vitalitäts- und Abundanzangaben) finden sich hier auch erste Auswertungen, die z.T. in –ebenfalls handschriftlichen- Graphiken beigelegt sind. Daneben finden sich die Durchschläge der zahlreichen chemischen Analysen, die LÜDI im Labor erstellen ließ, sowie auch hierzu erste Auswertungen.

⁸ Koordinaten: 636440/166880, z. B. Karte Lauterbrunnen 1:25.000

⁹ Seslerietum: 14, Caricetum: 10, Festucetum: 10, Nardetum: 13, Dryadetum: 5, Empetro-Vaccinietum: 10, Rhodoreto-Vaccinietum: 2 (LÜDI 1948:16ff.)

¹⁰ Zum Beispiel das Seslerio-Semperviretum, das Empetro-Vaccinietum, das Caricetum ferrugineae, das Festucetum rubrae commutatae sowie eben das Nardetum strictae (LÜDI 1936:633).

Kernstück der Tagebücher sind neben den Zeichnungen und Tabellen zur Anlage der Versuchsweide und der Einteilung der Flächen in „Gruppen“ unterschiedlicher Behandlung die eigentlichen Tagebücher i. e. S. Für jedes Jahr und jeden Tag, an dem Untersuchungen stattfanden, belegt eine kurze Notiz von LÜDI oder seinen MitarbeiterInnen die Geschehnisse des Tages. Diese Aufzeichnungen verbergen einen Großteil wichtiger Informationen, von denen sehr viele halfen, das geringe Ausmaß der Veröffentlichungen LÜDIS zu kompensieren und offene Fragen zu beantworten. Obwohl die Lektüre der eigentlichen Tagebücher eher kurzweilig ist, ist eine gezielte Suche nach Informationen nahezu unmöglich. In den folgenden Tabellen werden die Angaben von LÜDI zu seinen Flächen aus den Tagebüchern bisweilen umfangreicher präsentiert, als für die Fragestellung erforderlich. Diese Angaben sind als ein kleines Kompendium zu LÜDIS Methode und Ergebnissen zu verstehen, die späteren Bearbeitern die Arbeit erleichtern soll. So wurden (v. a. in Tabelle 9 und im Weideplan) Angaben zusammengefaßt, die in den Unterlagen vieler Jahre verstreut waren. Bisweilen wird auch auf Unregelmäßigkeiten in den Aufzeichnungen hingewiesen und für die Interpretation der Daten wichtig sind (z. B. variierende Angaben zu den verwendeten Düngerqualitäten), die bei der Analyse der Ergebnisse beachtet werden sollten. Ferner weisen die TB auf gewisse Eigenheiten in der Versuchsdurchführung hin:

- LÜDI gibt in seinen Tagebüchern an, daß die Saat durch Wind erschwert wurde, das heißt, daß die leichteren und flugfähigen Samen wohl verwehten. LÜDI rechnet aber mit nur 10 % Verlust
- Außerdem säte er in einigen Flächen nach. Andererseits fehlte ihm bei den letzten Flächen am Ende des Säens Erde, um die Flächen zu bedecken. Insgesamt ist der Sävorgang also nicht nach heutigen strengen Gesichtspunkten vor sich gegangen
- Die Samenmischungen der verschiedenen Jahre wurden zwar einander angepaßt, waren aber aufgrund unterschiedlicher Sammelerfolge (z. B. war *Trifolium pratense* 1931 nicht reif) nicht identisch. Die Grassamen schienen LÜDI 1931 qualitativ mangelhaft, SO daß er die Menge erhöhte. Es wurde in drei Gruppen gesät (große und kleine Samen, Grassamen). Als Maß galt der Deckel einer Ovomaltinedose (z. B. *Trifolium alpinum*: 1 ½, *Lotus corniculatus* 1/15, *Nardus stricta* 3, etc.). Das Saatgut wurde dann für jede Fläche leicht gehäuft auf ein „Deckelchen“ zugeteilt, die genaue Menge ist heute schwer zu berechnen. Der Rest der Samen wurde in „2. Saat“ anschließend verteilt. Dann wurde gehackt und mit Erde bestreut
- Das Abbrennen der Flächen erfolgte mit der Lötlampe. Im Juni 1934 findet LÜDI daraufhin in den XIV-Flächen „alles voll mit Nardusblüten“
- Zur „Nutzung“ gibt LÜDI 1948 an: „schneiden und dann ausputzen“, ohne auf die Methode weiter einzugehen
- 1947 heißt es „Blüten gepflückt und verarbeitet“ (?)

Nachdem Prof. HEGG um 1980 in den Besitz der Unterlagen LÜDIS gelangte, hat er bereits einen großen Schritt getan, die wertvollen Daten zugänglich zu machen, indem er –über die Dissertation von DÄHLER (1993)- einen Großteil der Daten in eine Datenbank eingeben ließ. Die vorliegende Arbeit hätte ohne diese Vorarbeit nicht erfolgen können.

2.1.2 räumliche Aufteilung der Versuchsweide

Die Dauerflächen sind von LÜDI entsprechend der Vielzahl der Fragestellungen in „Gruppen“ eingeteilt worden (z. B.: „Gruppe“ I: angesät, 6 Jahre düngen, dann „nutzen“ ohne düngen, „Gruppe“ II angesät, 10 Jahre düngen und „nutzen“; s. Abbildung 7 und Tabelle 9). Die genaue Lage einzelner Flächen ist im Weideplan (Anhang) zu finden.

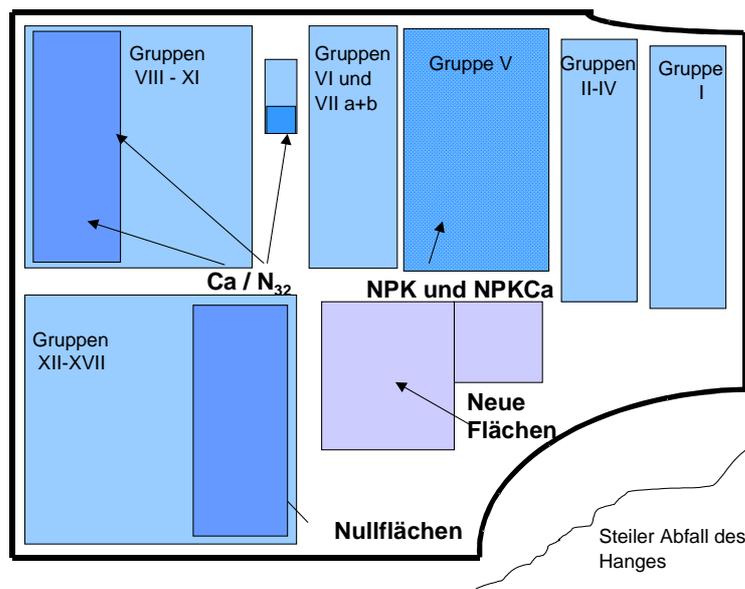


Abbildung 7: Skizze der Versuchsweide 1930 nach LÜDIS TB

die „Gruppen“ I-IV wurden erst 1968 aufgegeben, V-XVII bereits 1958
 Alte Flächen hell, neue dunkler. Herkunft der bearbeiteten Datengruppen markiert. Der Rahmen markiert den Zaun

2.1.3 Eingriffe und Probenahme in den Dauerflächen

LÜDI führte auf den Flächen der Versuchsweide zahlreiche Einzeluntersuchungen durch (vgl. Tabelle 9). Nach einer Behandlung der Grasnarbe (Abbrennen der Biomasse¹¹, Abschaben der Vegetation mit darauffolgender Brache (Selbstbesiedlung) oder Ansaat (mit 23 Arten, Samen vor Ort gesammelt, Keimversuche im Labor) erfolgte die Düngung mit verschiedenen organischen und anorganischen Düngern¹². Auch die belassene Grasnarbe („natürlicher Rasen“) wurde mit verschiedenen organischen und anorganischen Düngern behandelt. Die verwendeten Düngerformen sollten einen großen Effekt haben, billig sein und viele Nährstoffe pro Masse enthalten (Transportkosten!). Ferner düngte LÜDI auch Kompost, Stallmist, Kalkmehl¹³ und das zu damaliger Zeit sehr gern verwendete Thomasmehl (Thomasschlacke¹⁴).

Während der allgemeine Ablauf von Anlage der Flächen und Probenahme für die gesamte Versuchsweide gilt, ist dies für die einzelnen „Gruppen“ jeweils etwas anders, da die Anlage nicht am Stück angelegt/aufgegeben wurde und Bearbeitungs- resp. Beobachtungszeiträume unterschiedlich lang sind. Daraus folgen für die verschiedenen „Gruppen“ etwas verschiedene Bearbeitungszeiträume (s. Tabelle 9).

¹² Näheres zu Düngerqualitäten (s. DÄHLER 1993:5).

¹³ Da Kalkmehl unbegrenzt zur Verfügung stand und günstig war, wurde es propagiert. Kalkmehl ist billig, setzt auf tonigen, sauren Böden festgehaltene Nährstoffe frei, und steht in unbegrenzter Menge zur Verfügung (LÜDI 1936:20). Aber schon 1941 schränkt LÜDI ein, daß dieser Effekt mit der Erschöpfung der Nährstoffe ein Ende findet (LÜDI 1941:20). In den Zeiten der Kriegsnot sei aber die Produktionsvermehrung wichtiger, als nachhaltiges Wirtschaften.

Tabelle 9: Übersicht über die Behandlungszeiträume und Düngerqualitäten in der Versuchsweide von LÜDI

„Gruppe“	Behandlung	Aufnahmejahre 	Düngung (Flächen)	#				
I	angesät, 6 Jahre düngen, dann „nutzen“ ohne düngen	37, 45, 54, 70, 82, 89	PK (5), NK (5), NP (5), NPK (5), NPKCa (5), Ca (5), 0 (5).	35	X.30	32-37	37	58
II	angesät, 10 Jahre düngen und „nutzen“	33, 40, 45, 55, 70, 89, 90	NPKCa+NPKCa (5), 0 (5), Ca+NPK (5), NPK+Ca (3) NPK+NPKCa (2).	20	VI.31	32-42	33	58
III(a-c)	geschält, gehackt, nicht gesät, 4 Jahre düngen und „nutzen“	37, 43, 54, 70, 82, 90	a: Stall+NPKCa (5).b: 0 (5)c: NPKCa+Stall (5).	15	VI.31	31-34	42, 34	58
IV	geschält, nicht gesät, 11 Jahre düngen und „nutzen“		0 (5), Ca+NPKCa (5), NPK+Ca (2). NPKCa (5), NPK+NPKCa (3).	20	VI.31	32-42	34	58
V	natürlicher Rasen, 12 Jahre düngen und „nutzen“	31, 36, 41, 45, 46, 82, 89	O+AN (3), O+AS (2), Ca+NPK (5), NP+U (1), NP (4), NPK+U (2). NPK (3), K+U (2), K (3), N+Ca (3), N+NPKCa (2), NK+Ca (2), NK+NPKCa (3), NPKCa (5), P+U (2), P (3), PK+U (2), P (3), PK+U (2), PK (3), Stall (5), Thom (5)	60	VI.31	31-42	32	58
VI	natürlicher Rasen, 6 Jahre düngen, dann „nutzen“ ohne düngen	31, 45, 55, 82, 89	0 (1), Ca+NPKCa (5) NPK (5), NPKCa+NPKCa (5), O+AN (2), O+AS (2)	20	VI.31	31-36	36	68
VII (+a,b)	angesät, neutralisieren auf pH 5.3/7, regelmäßig düngen und „nutzen“	46, 53, 82, 89	0 (5), Ca (5), NPK (5), NPKCa (5)a: Ca (5), NPK (5)b: Ca (5), NPK (5)	40	IX.31	32-42	34	68
VIII	angesät, 4 Jahre düngen, dann „nutzen“ ohne düngen	35, 44, 53, 90	Ca (5), NPK (5), NPKCa (5), 0 (5)	20	IX.31	32-35	35	68
IX	angesät, 2 Jahre düngen, regelmäßig düngen und „nutzen“	33, 44, 53, 90	Ca (5), NPK (5), NPKCa (5), 0 (5)	20	VI.32	32-33	33	68
X	natürlicher Rasen, 4 Jahre düngen, regelmäßig düngen und „nutzen“	32, 54, 90	Ca (5), NPK (5), NPKCa (5), 0 (5)	20	VI.32	32-35	35	68
XI	natürlicher Rasen, 2 Jahre düngen, regelmäßig düngen und „nutzen“	33, 44, 53, 90	Ca (5), NPK (5), NPKCa (5), 0 (5)	20	VI.32	32-33	33	68
XII	natürlicher Rasen, Entfernen der Magerkeitszeiger, 9 Jahre düngen und „nutzen“	32, 54, 90	NPKCa (5), 0 (2), O+U (3)	10	X.32	33-42	34	68
XIII	Weide, regelmäßig 9 Jahre düngen und „nutzen“		Flächen oberhalb der „Gruppen“ I und II (vgl. Weideplan, Anhang)	-10	X.32			
XIV	Abbrennen des Rasens, 9 Jahre düngen und „nutzen“	35, 54, 90	NPKCa (5), 0 (3), O+U (2)	10	VI.33	33-42	34	68
XV (a+b)	schälen und hacken, Kompostdüngung mit und ohne Ansaat		a: Kompost (5)b: Kompost (5)	10	VI.33	33-42	35	68
XVI(a-d)	natürlicher Rasen, Kompostdüngung während 10, 6 und 3 Jahren		a: Kompost (5)b: Kompost (5)c: Kompost (5)d: 0 (5)	20	VI.33	33-42; 33-38; 33-35)	35, 35, 38, 45	68
XVII	Natürlicher Rasen, verschiedene Mengen von NPKCa		0 (5), NPKCa (15)	20	VI.34	35-42	35	68
XVIII	(unterhalb „Gruppe“ II)			360	?			
Neue Flächen	Natürlicher Rasen, drei Jahre düngen und „nutzen“	94, 95, 96	N, Ca, NK, NPK, NPKCa, O, PK	42	VII.94	94-96	94	-

nach DÄHLER (schriftl Mitt.), LÜDIS Tagebüchern, DÄHLER 1993:4f., ergänzt, korrigiert, erweitert
 # = Zahl der Flächen,  = Anlagejahr,  = Düngungszeitraum,  = „Nutzungsbeginn“ (Mahd einzelner Flächen),  = Beweidungsbeginn (Ende der Beweidung in allen Flächen ca. 1980). Für die Auswertung ausgewählte Flächen fett.

LÜDI machte die Vegetationsaufnahmen zwischen Mitte Juli und Mitte August, die Ernten erfolgten jeweils um den 10. August. Die Düngungen erfolgten im Sommer nach der Ernte oder im Frühling (Juni) nach dem Ausapern (LÜDI 1959).

2.1.4 Nutzungsgeschichte der Versuchsweide

Im Alpengarten¹⁵ wurden die ersten Aufnahmen 1928 direkt nach der Nutzungsaufgabe gemacht. Nachdem dort die Vorversuche gelaufen waren, wurde 1930 ein Stück Großvieh-Alpweide von der Alpengenossenschaft Ausser-Iselten gepachtet und 36 erste Flächen in der Versuchsweide angelegt. Bis 1930 wurde diese Fläche wie die übrige Weide genutzt, immer beweidet, aber nie gedüngt. Die gepachtete Weide war ein schlechtes, stark mit Zwerggesträuch durchsetztes Nardetum, dessen lehmiger Boden stark sauer, aber ziemlich reich an gebundenen Nährstoffen war. Der Grasertrag war gering, verbreitete „Unkräuter“ verringerten den Futterwert. Nach LÜDIS Meinung sind die

¹⁴ Beispielsweise *Campanula scheuchzeri* wird durch Thomasschlacke stark gefördert (LÜDI 1959:7).

¹⁵ LÜDI untersuchte die Dauerflächen im Alpengarten (LÜDI 1928, 1931, 1936, 1940, 1948) und in der Versuchsweide (LÜDI 1940a+b, 1948, 1959) zeitgleich. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind zum Teil widersprüchlich und zeigen, daß auf der Schynigen Platte auf kleinem Raum unterschiedliche Nardeten zu finden

Borstgrasbestände durch Übernutzung und Beweidung entstanden¹⁶ oder zumindest gefördert worden. 1931 wurde die Versuchsweide umzäunt und 174 neue Flächen angelegt, so daß 210 Flächen vorhanden waren. Die restlichen Flächen wurden 1932 abgesteckt. Von 1930 bis 1958 fand keine Nutzung außer der Einzelflächenmahd („Nutzung“) durch LÜDI statt. Mit Ende der zweiten Untersuchungsperiode (ab 1958) erfolgte die letzte Düngung, anschließend war der erste Teil der Weide wieder den Rindern zugänglich. Dann wurden die Flächen 101 bis 340 („Gruppen“ V-XVII) 1958 aufgegeben und eingezäunt, während die restlichen Flächen („Gruppen“ I-IV) erst Ende der sechziger Jahre (1968) aufgegeben wurden. In den siebziger Jahren gelangten die bis dahin vergessenen Tagebücher von LÜDI wieder an das Botanische Institut Bern, woraufhin die Flächen wieder aufgesucht wurden. Die Anlage wurde 1981 wieder eingezäunt und wird seitdem einmal jährlich gemäht. 1982 wurden zunächst 220 Flächen vegetationskundlich erfaßt. DÄHLER konnte anhand der Angaben LÜDIS alle Flächen wieder auffinden und rekonstruierte die gesamte Anlage von 1991-1992 (vgl. DÄHLER 1993:6ff., HEGG 1984a:159, HEGG 1998: mündl. Mitt., HEGG 1984b:142, LÜDI 1941a:17, LÜDI 1948:14, LÜDI 1923/24:291, LÜDI 1959:2, LÜDI TB 1932, HEGG 1984b:461).

2.1.5 Nutzungsintensivität der Versuchsweide

Auf der Schynigen Platte hat mehrere Jahrzehnte vor dem Versuch von LÜDI nach Auskunft des Pfanders Ernst Herzog keine gravierende Veränderung der Nutzung stattgefunden. Die Versuchsweide war in der Alp Oberberg immer randlich gelegen. Sie wurde nie intensiv beweidet und nie gemistet. Früher war es nicht möglich, mit einem Karren hinzugelangen und Mist hinzuführen. Der Weg über die Endmoräne wurde erst 1984 erstellt. Die Alp als Ganzes wurde mit den hergebrachten „Stößen“¹⁷ bewirtschaftet. Die Anzahl der Tiere wurde bereits 1792 festgelegt. Damals war sie geseiht¹⁸ auf 348 ½ Kuhrechte¹⁹ + ½ Geiß. Die Alp Iselten wurde damals geteilt. Ausser-Iselten (die andere ist Herren-Iselten) erhielt 152 ½ Kuhrechte und 15 Geißen. Jede dieser Kühe wurde später, als sie schwerer wurden, zu fünf Füßen gerechnet, so daß heute 122 Kuhrechte bestehen. Heute wird die Alp an 35 Tagen im Jahr mit rund 100 Kühen besetzt (HEGG 1998: mündl. Mitt., schriftl. Mitt. des Pfanders HERZOG 1997, FISCHER und WACHTER 1993:101).

Die Belastung der Alp ist also über sehr lange Zeit hinweg ziemlich konstant geblieben, ganz sicher ist seit 1931 keine Veränderung passiert. Der größte Teil der Tiere sind Milchkühe, meist Simmertaler, die für die Käsebereitung gemolken werden. Die Rinder kommen auf die Rinderweide, die sich vor dem Laucherhorn befindet. Außer Kühen kommt das Pferd des Werchmannes auf die Alp, dazu einige Schweine, die aber nie bis zur Versuchsweide kommen. In einem einzigen Sommer waren einige Ziegen auf der Alp, aber diese mußten vom Alpengarten durch einen Elektrozaun ausgesperrt werden. Die ganze Alp wird wohl seit jeher als Umtriebsweide genutzt. Es gibt allerdings keinen Zaun, die Tiere werden am Abend meist in eine bestimmte Richtung getrieben, wo sie dann zum Weiden über Nacht bleiben. Eine strenge Weideordnung existiert nicht. Die Tiere kommen wahrscheinlich eher selten zum weit entfernten Teil bei der Versuchsweide. Es wird etwa Mitte Juli für ca. einen Monat bestoßen. Eine Zufütterung erfolgt nur bei Futtermangel (unzeitiger Schneefall), im Normalfall mit

sind. Wo es für den Vergleich angemessen erscheint, werden Ergebnisse aus den Flächen des Alpengartens hinzugezogen.

¹⁶ Beweidung alpiner Gebiete findet schon seit 2500 Jahren statt. Die Entstehung sekundärer Nardeten ist besonders auf extreme Beweidung in den vergangenen Jahrhunderten zurückzuführen (z. B. in den Dolomiten bis 1950 120 Kühe statt heute 12, WIKUS 1987:232).

¹⁷ Ein Stoß ist eine ausgewachsene Kuh, 90 Tage gesömmert (KRÜSI 1996:58)

¹⁸ „geseyet,“: bedeutet, mit wieviel Vieh, wie stark man die Alp besetzen darf.

¹⁹ Kuhrechte sind „Anteile, an der Alp. Man darf soviel Vieh „z Berg geben,“, aber man muß oft auch Tagwerke leisten (oder statt dessen bezahlen). Vor dem Hintergrund der genossenschaftlichen Nutzung / des gemeinsamen Besitzes. Ohne Bedeutung bei Privatpalpen, die selbst bewirtschaftet oder verpachtet („Pacht,“) werden (RAST-EICHER, mündl. Mitt 1998).

Notheu, das auf der Alp gemacht wurde. Futterzukauf erfolgt nicht (HEGG 1998: mündl. Mitt., schriftl. Mitt. des Pfanders HERZOG 1997).

2.1.6 Nutzungswechsel der Versuchsweide

Die Einzäunung der Weide für die Anlage der Versuche bedeutete vorerst das Ende der Beweidung. Das vorübergehende Wiedereinsetzen nach Aufgabe der Versuche durch LÜDI erfolgte schrittweise. Alle ausgewählten Flächen sind jeweils 22 Jahre beweidet worden, da keine in den „Gruppen“ I-IV liegt. Die Unterschiede in den Spannen der Beeinflussungen liegen also hier nur in der Anlage der Flächen und dem Beginn bzw. Ende der Düngung resp. „Nutzung“ (s. Tabelle 10, vgl. „Schema“ im Anhang).

Tabelle 10: Einsetzen der *ersten* Manipulationen in den untersuchten Flächen

	Auszäunung	Düngung	Mahd	„Nutzung“²⁰	beweidet von-bis (Jahre)	Mahd vor 1. Düngung
Ca	1931	1932	1932	1935	1958 – 1981 (22)	ca. 1 Jahr
NPK	1931	1931	1932	1932	1958 – 1981 (22)	ca. 1 Jahr
NPKCa	1931	1931	1932	1932	1958 – 1981 (22)	ca. 1 Jahr
Null	1933	-	1934	1935 ²¹	1958 – 1981 (22)	-
Neue Daten ²²	1931	1994	1932?	1994	1958 – 1981 (22*)	14 Jahre

*Es wird angenommen, daß sich der Teil der Weide, auf dem die neuen Flächen angelegt wurden, 1930 innerhalb des Zaunes befand (vgl. Abbildung 7, sowie 3.1).

2.2 Geologie, Klima und Böden

Die Schynige Platte ist ein westlicher Ausläufer der Faulhornkette und aus mehr oder weniger kalkreichen Sedimentgesteinen aufgebaut (vgl. ITTEN 1954:5, LÜDI 1936:633, GIGON 1984:28). Sie hat ihren Namen von den steil gegen Süden einfallenden vegetationslosen glatten Tonschiefer des Bajocien (unterer Dogger), die bei Nässe von der Ferne gesehen im Morgenlicht „scheinen“ (=Schynige Platten).

LÜDI ermittelte zwischen 1931-42 einen jährlichen Niederschlag von durchschnittlich nur rund 1460 mm und zitiert Schätzungen zwischen 1600 und 2000mm. Dies ist ein für diese Höhenlage relativ niedriger Wert, denn die Regenwolken teilen sich an der gegen Westen gerichteten Faulhornkette. In den drei Sommermonaten (Juli-September) betragen die Niederschläge ca. 460 mm, wobei eine Woche ohne Niederschläge selten ist²³. Die mittleren Niederschläge betragen im Juli etwa 184 mm. Ein Großteil (ca. 800-1000mm) fällt, auch in den Sommermonaten, als Schnee²⁴ oder Hagel. Die mittlere Luftfeuchtigkeit ist mit 70-80 % RF relativ hoch (LÜDI 1948:200ff.). Fröste kommen in jeder Jahreszeit vor, die Durchschnittstemperatur (an der Hauswand des Labors) betrug in den dreißiger Jahren im Juni 7°, im Juli 10°, im August 9,4° und im September 7,5°C. Das Jahresmittel beträgt etwa +1°C, während der Vegetationszeit 8-9°C. Das Klima kann aufgrund der ausgedehnten Taubildung als ausgesprochen feucht bezeichnet werden. Die nur die direkten Niederschläge erfassenden Messungen sind offenbar nicht ausreichend.

Auf der Schynigen Platte werden vornehmlich Braunerden gefunden. Im Alpengarten führte LÜDI umfangreiche Bodenuntersuchungen in verschiedenen Pflanzengesellschaften durch, deren Ergebnisse

²⁰ Im Sinne einer Mahd der Flächen für Biomassebestimmung

²¹ 1. Düngung der oberhalb liegenden Flächen mit der mehrfachen Menge NPKCa: 1935

²² Die vorhergehende Nutzung dieses Teils ist nicht genau dokumentiert. Da die neuen Flächen an der Grenze zwischen den beiden zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingezäunten Flächen liegen (vgl. Weideplan), ist nicht mit Sicherheit zu sagen, ob die **gesamte** Fläche, auf der die neuen Plots angelegt wurden, während der vergangenen 70 Jahre immer dieselbe Behandlung erfuhr.

²³ ca. 45 niederschlagsfreie Tage in den drei Sommermonaten

²⁴ z. B. Juli 1931-42: durchschnittlich 7 Tage, August 10 und September 20

für die Nardeten unter Vorbehalt auf die Versuchsweide übertragen werden können. Die Frischwiesenböden sind tief durchwurzelt und bis 15-20 cm Tiefe gleichmäßig dunkelbraun. Beim Schälern werden die Schollen recht dick, der pH liegt um 6. Der Boden des Nardetums im Alpengarten ist in den tieferen Horizonten wie beim Festucetum beschaffen, aber an der Oberfläche stärker versauert (um 4,5-5). Die obere Schicht ist nach ca. 5 cm ziemlich scharf und sehr deutlich abgesetzt, aber ohne eigentlichen Bleichhorizont. Der Boden ist oben verfilzt, dunkel, gegen unten etwas heller und etwas sandig. Es folgt braune, krümelige Erde. Der Boden in der Versuchsweide ist verglichen mit den Werten im Nardetum des Alpengartens saurer. 1993 wurde der Boden durch Herrn Prof. Germann vom Geographischen Institut der Universität Bern der Boden als mittelgründige saure Braunerde von mehr als 50 cm Tiefe über Kalk-Tonschiefer angesprochen. Neuere Messungen liegen nicht vor (s. Tabelle 11, vgl. LÜDI TB 1926, LÜDI 1948:132f., LÜDI TB 1926, LÜDI 1948:128, DÄHLER 1993:13).

Tabelle 11: Bodentypisierung in der Versuchsweide

Ausgangsgestein (D-Horizont)	Allg.: unterer Dogger, in der Versuchsweide Echinodermenbreccie auf Kalk-Tonschiefer	LÜDI 1948:74, DÄHLER 1993:13
Bodenart	Nardetum Alpengarten ²⁵ : sandiger Lehm	Errechnet nach LÜDI 1948:76
Bodentyp	Allg.: lehmige Braunerden, in der Versuchsweide saure Braunerde, Reifezustand Eisenpodsol	LÜDI 1948:74, DÄHLER 1993:13
pH	um 5	Div. Quellen

2.3 Beziehungen zwischen Nardetum und Festucetum

Die beiden für die Untersuchung relevanten Gesellschaften Nardetum und Festucetum werden im folgenden kurz allgemein und in ihrer Ausprägung auf der Schynigen Platte vorgestellt. Gemäß Literatur können beide Gesellschaften durch Beweidung entstehen (s. Abbildung 8).

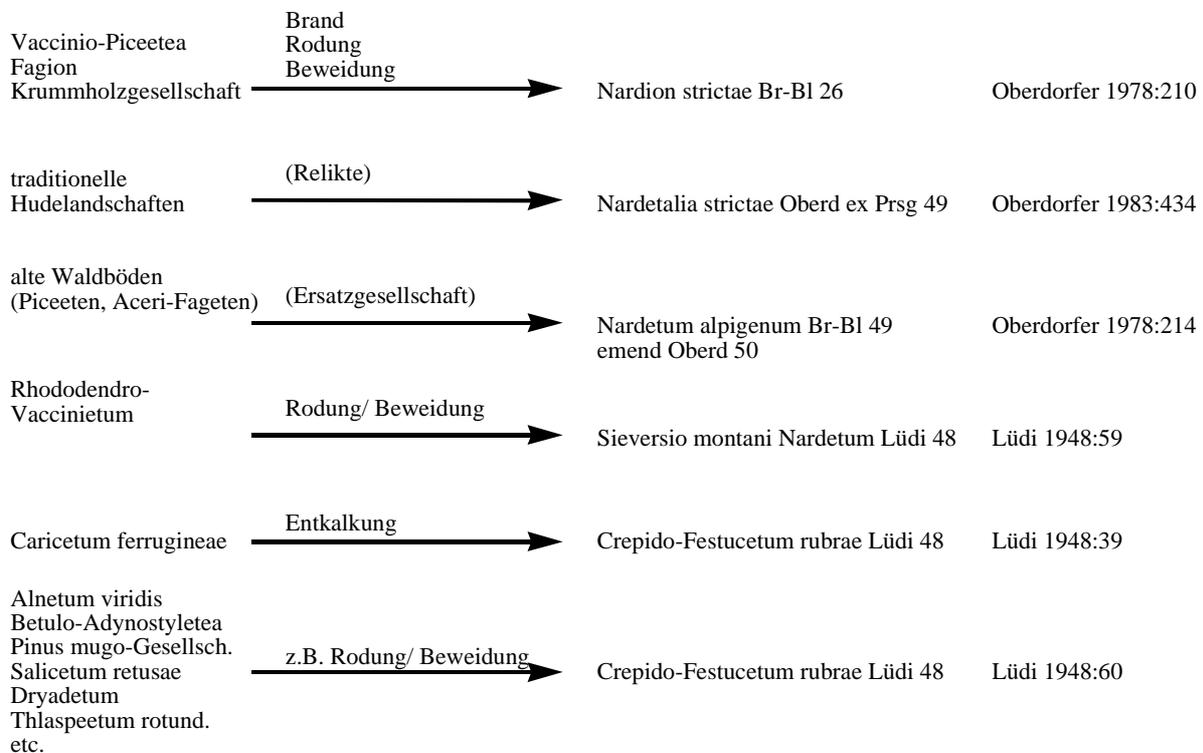


Abbildung 8: Ursprungsgesellschaften von Nardetum und Festucetum

²⁵ Grobsand: 1-4%, Feinsand: 26-49%, Schluff: 31-40%, Ton: 8-31% (LÜDI 1948:76)

2.3.1 Geo montani-Nardetum strictae LÜDI 48 (Nardetum = N₃₂)

Die vom Borstgras (*Nardus stricta*) dominierten Borstgrasbestände sind synsystematisch problematische Magerrasen, denn *Nardus stricta* ist eine euryöke Art. Ein Vorkommensschwerpunkt ist nicht zu erkennen. *Nardus stricta* besiedelt Standorte bis 2870m Meereshöhe. Das Areal reicht von der Arktis bis in die Heidegebiete West- und Nordeuropas. Die Unterschiede der *Nardus stricta*-Flächen ergeben sich vornehmlich aufgrund von Höhe, Feuchte und Nutzungsintensität. Je nach Meereshöhe und geographischer Breite werden die Borstgrasrasen unterschiedlich systematisiert. Während der Kl. Nardo-Callunetea in der norddeutschen Tiefebene die O. Nardetalia (mit V. Nardo-Trifolium PRSG 49, Nardo-Galion, Nardo-Agrostitietum etc.) zugeordnet wird, entspricht dem im Gebirge der V. Nardion BR-BL 26 und der UV. Eu-Nardion OBERD 49. In den Alpen selber kommt es weiterhin zur (wenn auch problematischen) Trennung der natürlichen O. Caricetalia und der anthropogenen O. Nardetalia. BISCHOF grenzt darüberhinaus die Borstgrasrasen der Alpen und der Mittelgebirge über alpine Arten²⁶ gegeneinander ab (vgl. BISCHOF 1981:98, OBERDORFER 1959:143, OBERDORFER 1957:118, BARTSCH 1940:51, STEBLER UND SCHOETER 1888:144).

Wichtige Komponenten der Borstgrasrasen sind monotone Ansammlungen von Borstgras-Horsten und anderen „borstigen“ Gräsern wie *Avenella flexuosa* und *Festuca rubra*. Diese werden von Artengruppen unterschiedlicher Ökologie begleitet: Vor allem in der Höhe treten subboreale Florenelemente wie *Arnica montana*, *Vaccinium myrtillus* und *Agrostis tenuis* hinzu. Hochstete, für das Silikat charakteristische Arten sind: *Leontodon helveticus*, *Geum montanum*, *Potentilla aurea*, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG. Borstgrasreiche, stark bodensaure Weiden (besonders in silikatischem Mittelgebirge) weisen folgende Arten auf: *Avenella flexuosa*, *Antennaria dioica*, *Hypericum maculatum*, *Arnica montana*, *Vaccinium myrtillus*, *Calluna vulgaris*, sowie *Geum montanum*, *Trifolium alpinum*, *Campanula barbata*, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG. Durch die Verbreitung des Borstgrases weist das Nardetum oft keine eigentlichen Charakterarten auf. Das Nardetum alpigenum entsteht immer sekundär durch starke Beweidung auf podsoligen Böden. Tiefgründige aber magere Borstgrasrasen haben Arten, die in gedüngten Wiesen nicht zu finden sind (*Gentiana kochiana* PERR ET SONG, *Homogyne alpina*, *Trifolium alpinum*, vgl. BISCHOF 1981:95, WIKUS 1987:226f, MARSCHALL 1958:92, GIGON 1971:48, STEIDL und RINGLER 1996:42ff.).

Differentialarten der Borstgrasrasen, die in Milchkrutweiden fehlen, sind vor allem *Campanula barbata* und *Geum montanum* (MARSCHALL 1958:83ff.).

Der Standort Versuchsweide ist aufgrund des basischen Untergrundes trotz tiefem Oberflächen-pH nicht so sauer, arm oder trocken wie es für Nardeten typisch ist. Daher sind Frischwiesenarten relativ häufig. Als typischer Vertreter dieser Frischwiesenarten kann die Nardion-Verbandscharakterart *Crepis conyzifolia* gelten, der, zwar lichtliebend und weitgehend trittresistent, frische saure Böden liebt. Typische Arten des Geo montani-Nardetum LÜDI 48 auf der Schynigen Platte, die der in der Literatur beschriebenen Milchkrutweide fehlen (lokale Differentialarten) sind darüberhinaus neben *Nardus stricta*, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG, *Carex pallescens*, *Leucorchis albida* E MEYER, *Campanula barbata*, *Gentiana purpurea*, *Geum montanum*, *Arnica montana* und *Hieracium*

²⁶ (wie *Trifolium alpinum*, *Gentiana acaulis*, *Pedicularis tuberosa*, *Pulsatilla apiifolia*, *Euphrasia minima*, *Avena versicolor* etc.)

lactucella, ferner *Vaccinium myrtillus*, *Trifolium alpinum*, *Calluna vulgaris*, *Pedicularis tuberosa* (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:84, LÜDI 1948:38, MARSCHALL 1958:92).

2.3.2 Crepido-Festucetum rubrae commutatae LÜDI 48 (Festucetum = F₂₈)

Das Festucetum trägt seinen deutschen Namen Milchkrautweide (in der Ausprägung nach STEBLER-SCHROETER 1892) nach nach den Milchsaft führenden Kräutern *Leontodon hispidus* und *L. autumnalis*, *Crepis conyzifolia* und *Crepis aurea*. Während die Milchkrautweide mit zunehmender Höhe, Versauerung und Vermagerung in Borstgrasbestände übergehen kann, ist sie andererseits die hochgelegene Entsprechung guter reicher Weiden, weshalb sie in der Alpwirtschaft und auch in LÜDIS Versuchen eine zentrale Rolle spielt. Sie ist nach MARSCHALL verwandt mit dem tiefergelegenen Trisetetum flavescens (Arrhenatherethalia) und hat mit diesem einige Arten gemeinsam²⁷. Aber auch mit der subalpin-montanen Kammgrasweide (*Cynosurion*) hat sie mit *Agrostis tenuis*, *Festuca rubra*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Leontodon hispidus* und *autumnalis*, *Carum carvi*, *Prunella vulgaris* (jedoch ohne *Cynosurus cristatus*) viele gemeinsame Arten, denn wie die Kammgrasweide braucht das Festucetum tonige, frische und nährstoffreiche Böden. Das Crepido-Festucetum verbindet das *Cynosurion* mit dem nährstoffreichen *Poion alpinae* (vgl. LÜDI 1948: 39ff., MARSCHALL 1958:83ff. OBERDORFER 1983:404ff.).

Insgesamt jedoch ist die Milchkrautweide zu heterogen und unnatürlich, vom Menschen (zu) stark beeinflusst, um systematisch zweifelsfrei beschrieben zu werden. Sie ist -wie oft das Nardetum- eine anthropogene Ersatzgesellschaft. Der entscheidende Standortfaktor für die Milchkrautweide ist Bodenfeuchte („Frische“). Sie gedeiht in allen Hanglagen und auf nahezu allen Böden (außer stark silikatischen²⁸). Die Milchkrautweide ist -im Gegensatz zu Fettweiden des Tieflandes- sehr kräuterreich. Der Rasen schließt in der Regel sehr dicht (vgl. OBERDORFER 1978:214, MARSCHALL 1958:83ff.).

Wie die Borstgrasweide läßt sich auch die Milchkrautweide schlecht durch Charakterarten beschreiben. Offenbar finden sich in Abhängigkeit von der Höhe unterschiedliche Artengarnituren in den Milchkrautbeständen OBERDORFER beschreibt für Festucetumflächen unter der Bezeichnung „Festucetum“ Arten, welche im Festucetum der Schynigen Platte nicht zu finden sind (*Trifolium repens*, *Cynosurus cristatus*, *Prunella vulgaris*, *Bellis perennis*, *Ranunculus repens*, *Poa trivialis*, *Taraxacum officinale* und *Plantago lanceolata*). Treue Kennarten fehlen der Milchkrautweide fast gänzlich, obwohl viele Arten charakteristisch sind und hohe Stetigkeiten aufweisen (von durchschnittlich 36 Arten haben 25 mehr als 50 % Stetigkeit). Allgemeine Differentialarten gegenüber dem Nardetum sind: *Poa alpina* und *P. supina*, *Leontodon hispidus*, *Crepis aurea*, *Trifolium thalii*, *Astragalus alpinus*, *Prunella vulgaris*, *Rumex alpinus* und *R. obtusifolius*, *Cirsium spinosissimum*, außerdem bisweilen auch *Carum carvi*, *Achillea millefolium*, *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Cerastium caespitosum*, *Ranunculus Steveni* und *R. acer* (vgl. OBERDORFER 1983:405ff., MARSCHALL 1958:84ff.).

Differentialarten der Milchkrautweiden, den Borstgrasrasen fehlen, sind vor allem *Trifolium badium*, *Trifolium thalii*, *Leontodon autumnalis*, *Deschampsia caespitosa* und *Phleum alpinum* (MARSCHALL 1958:92).

²⁷ *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Cerastium caespitosum*, *Taraxacum officinale*, jedoch fehlt der namengebende Goldhafer

²⁸ Silikatboden ist kälter als Karbonatboden (GIGON 1971:48).

Für die Schynige Platte hat LÜDI die Gesellschaft des Crepido-Festucetum rubrae (commutatae) LÜDI 48 „mit reichlicher *Agrostis capillaris*“ definiert. Nach MARSCHALL kann diese zur Milchkrautweide gezählt werden. LÜDI definierte für die Schynige Platte folgende Arten als lokale Differentialarten gegenüber dem Geo montani-Nardetum: *Plantago atrata* HOPPE, *Rumex arifolius* ALL, *Deschampsia caespitosa*, *Sagina saginoides*, *Trollius europaeus*, *Leontodon autumnalis*, *Trifolium repens*, *Trifolium thalii*, *Trifolium badium*, *Ligusticum mutellina*, *Plantago atrata*, *Ranunculus nemorosus* DC (vgl. LÜDI 1936:633, LÜDI 1948:38, MARSCHALL 1958:83).

2.3.3 Einordnung der Vegetation in die Synsoziologie

Tabelle 12 gibt einen Überblick über die synsystematische Einordnung der Gesellschaften durch verschiedene Autoren.

Tabelle 12: Systematische Einordnungen der untersuchten Assoziationen

Klasse	Ordnung	Verband	Assoziation	Quelle
Molinio-Arrhenatheretea (Anthropo-zoogene Heiden)	5.42 Arrhenatheretalia	5.424 Poion alpinae	Crepido-Festucetum rubrae commutatae LÜDI 48	nach ELLENBERG et al. 1992
Molinio-Arrhenatheretea Tx 37	Arrhenatheretalia	Poion alpinae OBERD 50		ROTHMALER 1988:52
Molinio-Arrhenatheretea Tx 37	Arrhenatheretalia elatioris PAWL 28	Poion alpinae OBERD 50	Crepido-Festucetum LÜDI 48	OBERDORFER 1990:38f.
		Poion alpinae (=Poo alpinae-Prunelletum vulgaris OBERD. 50, s.o.)	Crepido-Festucetum rubrae LÜDI 48*	OBERDORFER 1983:429
Nardo-Callunetea PRSG 49	Nardetalia strictae OBERD 49 em. PRSG 49	Nardion BR-BL 26	Geo montani-Nardetum LÜDI 48	OBERDORFER 1990:42f.
Molinio-Arrhenatheretea Tx 37	Nardetalia strictae OBERD 49 em. PRSG 49	Nardion BR-BL 26		ROTHMALER 1988:52
Anthropo-zoogene Heiden		5.111 Nardion (Borstgras-Magerrasen).	(Geo-montani Nardetum LÜDI 48)	nach ELLENBERG et al. 1992
			Curvulo-Nardetum OBERD 59, incl. Aveno-Nardetum OBERD 57	STEIDL und RINGLER 1996:20
Nardo-Callunetea PRSG 49	Nardetalia strictae OBERD 49 em. PRSG 49	Nardion (bzw. Euanardion). BR-BL 26	Geo montani-Nardetum** LÜDI 48 em. DIETL 72, BISCHOF 81***	BISCHOF 1981:98

* mit *Prunella vulgaris*-*Poa alpina* Subassoziation (KNAPP 1962)

**mit der Subassoziation des Geo montani-Nardetum *maianthemum bifoliae* subass. nov. (BISCHOF 1981:98)

*** =Nardetum alpigenum Br-BI 1949 emend. Oberd pro parte (BISCHOF 1981:98).

2.3.4 Mischbestände

Nardetum und Festucetum weisen viele gemeinsame Arten auf: *Agrostis rupestris*, *Alchemilla vulgaris* s. l., *Anthoxanthum alpinum*, *Bartsia alpina*, *Cerastium caespitosum* GILIB, *Crepis aurea*, *Crocus albiflorus*, *Euphrasia minima*, *Homogyne alpina*, *Leontodon helveticus*, *Leontodon hispidus* s. l., *Luzula multiflora*, *Luzula spicata*, *Plantago alpina*, *Poa alpina*, *Potentilla aurea*, *Ranunculus montanus* s. l., *Selaginella selaginoides*, *Soldanella alpina*, *Campanula scheuchzeri*, *Carex sempervirens*, *Coeloglossum viride*, *Chrysanthemum adustum* (KOCH) FRITSCH, *Lotus corniculatus* ssp. *alpinus*, *Nigritella nigra*, *Phleum alpinum* ssp. *rhaeticum*, *Polygonum viviparum*. *Crepis aurea*, *Trifolium badium*, *T. thalii*, *Leontodon autumnalis*, *Deschampsia caespitosa*, *Phleum alpinum*.

Agrostis tenuis verhält sich eher ubiquistisch, kommt aber mehr in der Milchkrautweide vor. Dies ist bei *Poa alpina* noch ausgeprägter, wenngleich es, wie auch *Crepis aurea* von einigen Autoren als Differentialart gegenüber dem Nardetum angegeben wird (vgl. v. a. MARSCHALL 1958:92).

2.3.5 Problematische Abgrenzung

Der fließende Übergang von einem Borstgrasrasen zu einer Milchkrautweide, der die vorliegenden Versuche ermöglicht, ist für beide Gesellschaften auch andernorts typisch. Die folgenden Ausführungen verdeutlichen, wie schwer die beiden Gesellschaften auseinanderzuhalten sind²⁹. Eine genauere Übersicht über die vielfältigen Verzahnungen der beiden Gesellschaften gibt Tabelle 103 im Anhang.

Nardetum und Festucetum sind allgemein schlecht charakterisierbare Gesellschaften. Beide sind (besonders auch auf der Schynigen Platte) durch mehrere Übergangsstadien miteinander verbunden. Nardetum und Festucetum der Schynigen Platte unterscheiden sich außerdem von den in der Literatur angegebenen Gesellschaften. Die Nardeta der Schynigen Platte zeichnen sich darüberhinaus durch eine besonders hohe Zahl von Frischwiesenarten aus, was eine Unterscheidung zusätzlich erschwert. Die beiden besprochenen Gesellschaften der Schynigen Platte nehmen also eine Zwischenstellung zwischen den soziologisch ohnehin schwer abgrenzbaren Borstgrasrasen und Milchkrautweiden ein. Die Nardeta im Alpengarten und in der Versuchsweide haben eine unterschiedliche Entstehungsgeschichte und reagieren auf Nutzungsänderung unterschiedlich. Bei Umgraben und Aussaat entwickeln sich verschiedene Gesellschaften. Auch in dieser Hinsicht gleichen Nardetum und Festucetum der Schynigen Platte den in der Literatur beschriebenen Gesellschaften nur bedingt. Die durch zahlreiche Übergänge verbundenen Gesellschaften sind hier anders ausgeprägt. Das Nardetum und das Festucetum der Versuchsweide und des Alpengartens bilden also quasi die Schnittmenge der ineinander verschachtelten Borstgrasrasen-Milchkrautweide-Komplexe (s. Abbildung 9).

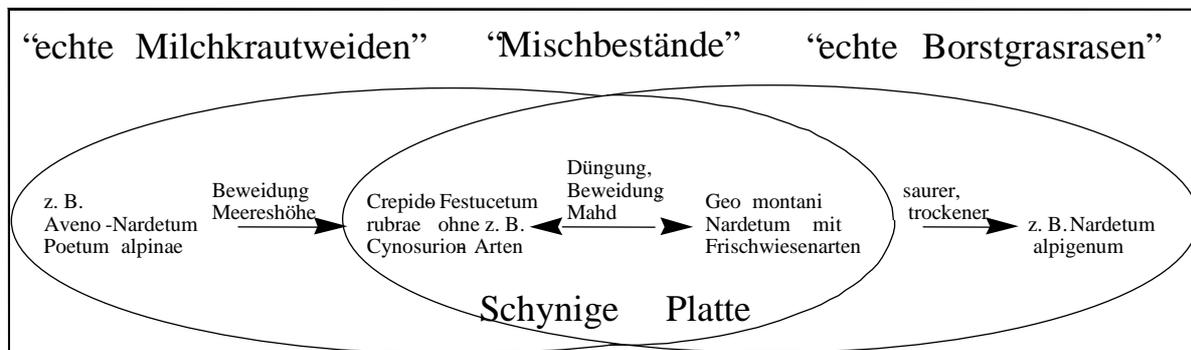


Abbildung 9: Synsystematische Einordnung von Nardetum und Festucetum in der Versuchsweide

2.3.6 Entstehung und Entwicklung von N₃₂ und F₂₈ auf der Schynigen Platte

Die grundlegende Verschiedenheit der beiden Standorte Alpengarten/Versuchsweide zeigen LÜDIS Ansaatversuche. Während der Alpengarten ein „nutzungsbedingtes Nardetum“ ist, ist die Versuchsweide ein „echtes Nardetum“ (vgl. 6.6). LÜDI verwendete zwei verschiedene Saatmischungen: ein „Nardetum“ (*Frischwiesen-Magerwiesen-Mischung*) und eine „Frischwiese“ (*Frischwiesen-Samenmischung*, LÜDI 1936:648, HEGG 1984b:462f., auch TB) auf zwei Standorten (s. Tabelle 13).

²⁹ In der den Ergebnissen folgenden Diskussion werden die Eigenheiten von Nardetum und Festucetum in Versuchsweide und Alpengarten und ihre Reaktionen auf Eingriffe eingehender diskutiert.

Tabelle 13: Unterschiedliche Nardeten in Alpengarten und Versuchsweide nach LÜDI

Form des Nardetums	Entstehung	Ansaat möglich?	Angesäte Flächen	Quelle
Nutzungsbedingtes Nardetum	aus einem Festucetum	mit keiner Saatmischung ansäbar	Ergeben immer Frischwiese, sehr widerstandsfähig gegen Verschlechterung durch Mahd	LÜDI 1936:678f. LÜDI 1948:39
„Echtes“ Nardetum	auch nutzungsbedingt	durch beide Saatmischungen ansäbar	kommt erst später (v. a. durch Beweidung) dauerhaft zum Vorschein	LÜDI 1923/24:290f.

Festucetum im Alpengarten: Das *Crepido-Festucetum rubrae commutatae* LÜDI 48 der Schynigen Platte kann nach Entkalkung aus dem *Ferruginetum* und aus Hochstaudenbeständen hervorgehen. Auf frischem Schutt kann es nach der Schuttpioniervegetation kommen. Im Gebiet des Alpengartens ist es wohl durch Rodung halbkünstlich entstanden, oder es entwickelt sich aus Hochstaudenfluren, einem *Alnetum viridis* oder einem *Rhodoreto-Vaccinietum*. Das Festucetum auf der Schynigen Platte findet sich im Alpengarten auf den frischen, tiefgründigen, degradierten und ziemlich sauren Braunerdeböden der Mulden, der kleinen Terrassen, der nicht zu steilen Hänge und ist der wichtigste und beste Weiderasen (vgl. LÜDI 1948:39ff., LÜDI 1948:33). Bei Saat von Nardetum- und Festucetum-Samenmischungen gehen die Nardetum-Arten „verloren, so dass sich, in Verbindung mit natürlicher Einwanderung, eine Frischwiese bildet, die ohne Düngung von niedrigem, magerem Wuchse bleibt (*Leontodon hispidus*, *Plantago alpina* und *P. montana*), bei Düngung zu hohem, dichtem Rasen aufwächst (LÜDI 1936:679f.). Weiterentwicklung: Durch Vermagerung infolge Rohhumusbildung und v. a. Übernutzung wird das Festucetum zu einem Nardetum. Bei größerer Bodenfeuchte kann es sich zu einem *Alnetum viridis* entwickeln, bei geringerer Feuchte (über ein *Semperviretum*) zu einem *Rhodoreto-Vaccinietum*. Nach dem Ende der Beweidung änderte sich im Alpengarten von allen untersuchten Gesellschaften nur das Nardetum, indem es sich zur Frischwiese zurückentwickelte. Ohne Beeinflussung der Flächen (nach 1928) veränderte sich die Vegetation sogar noch stärker: Die Vegetation tendiert deutlich wieder in Richtung Frischwiese, indem *Nardus stricta* und die Azidophilen zurückgehen, während Futtergräser und Klee sich ausbreiten. Bei Mahd nehmen in den Versuchsflächen des Alpengartens Rosettenpflanzen wie *Leontodon hispidus* und *Crepis aurea* zu, deren Rosetten sich stark ausbreiten, die aber nicht zum Blühen kommen (vgl. LÜDI 1948:39ff., LÜDI 1940a:103f).

Nardetum in Alpengarten: Das Festucetum wächst auf der Fläche gerodeten Waldes. Bei Frischwiesenansaat und Frischwiesen-Magerwiesenansaat entsteht zuerst eine Frischwiese mit spärlichen azidophilen Arten und annähernd fehlendem *Nardus*. Ausgesäte basiphile Arten kamen gar nicht auf. Der Rasen gelangt auch nach 6 Jahren nicht über ein Zwergstadium hinaus, das keinen Ertrag abwirft und langsam fangen die Magerkeitszeiger an, sich wieder auszubreiten. 12 Jahre später

berichtet LÜDI, daß sich „auf dem lehmigen Boden unserer Nardetumbestände bei Neubesiedlung zuerst eine Frischwiese vom Typ des *Crepido-Festucetum rubrae commutatae* einstellt“. Nach LÜDI sind aufgrund der Ansaatversuche die Standorte im Alpengarten „falsche“ Nardeten, denn die „direkte Erzeugung eines Nardetums glückte nie, weder auf Nardetum- noch auf Festucetum-Boden. Zuerst bildete sich immer eine Frischwiese, wenngleich beim Ausbleiben der Düngung nur Zwerggrasen.“ (LÜDI 1936:678ff., LÜDI 1948:46). Weiterentwicklung: Durch andauernde Übernutzung (Beweidung) und langsam fortschreitende Auslaugung und Versauerung³⁰ des Bodens kommt schließlich auch im Alpengarten das Nardetum zur Ausbildung. Doch es ist auch hier kaum ursprünglich, sondern nach der Rodung und erst als sekundärer Bestand (d. h. daß eine Neubesiedlung zunächst zu einer Frischwiese führt) entstanden. Daraus schließt LÜDI, daß das Nardetum im Alpengarten durch Übernutzung vorzeitig vermagerte. „Um das Nardetum zu erhalten, muss der Bestand . genutzt werden. Richtige Nardeta widerstehen viel nachhaltiger. Im Alpengarten „war die Entwicklung noch nicht auf dem Nardetum-Niveau stabilisiert. Als die Beweidung 1928 aussetzte, gingen die azidophilen Arten. stark zurück, so daß eine sehr niedrigwüchsige Frischwiese mit einzelnen Nardetumkräutern bildete, denn wenn „die Intensität der Beweidung ändert, so kann die Entwicklung der Vegetation bald vom Nardetum weg, bald wieder gegen dieses hin gehen. Das *Geo montani-Nardetum strictae* (Nardetum subalpinum) des Alpengartens ist nicht sehr typisch, sondern innerhalb des Festucetums vorzeitig durch zu starke Beweidung aus der Frischwiese hervorgegangen. Nach dem Ende der Nutzung verschwand es (vgl. WIKUS 1987:226, LÜDI 1936:635, LÜDI 1948:13ff.). Im Nardetum des Alpengartens ändern sich die Flächen in den Dauerflächen nach dem Ende der Beweidung deutlich. Es entwickelt sich zu einer wüchsigen, aber ertragsschwachen Frischwiese. Nach dem Ende der Mahd wird diese Entwicklung noch beschleunigt. *Nardus stricta*, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG, *Poa alpina*, *Plantago alpina* nehmen ab, *Campanula barbata*, *Geum montanum* und *Leontodon hispidus*, *Crepis aurea*, *Lotus corniculatus*, *Festuca rubra* und *Anthoxanthum odoratum* nehmen zu, *Leontodon helveticus* und *Hieracium auricula* zeigen keine Reaktion (LÜDI 1940a:136f.).

Nardetum der Versuchsweide: Ausgangsgesellschaft des Nardetums der Versuchsweide soll ein gerodetes Rhodoreto-Vaccinietum oder einen Fichtenwald sein. Zu Beginn der Versuche LÜDIS war die Versuchsweide eine Großviehweide. Die Ansaat eines Borstgraswiese gelang auch in der Versuchsweide nicht sofort. Der durch Ansaat oder Selbstberasung entstandene Rasen zeigt zunächst (auch bei Aussaat von Futterpflanzen:Unkräutern 50:50) ein ausgesprochenes Vorherrschen der Futterpflanzen und geht langsam, im Verlauf vieler Jahre in ein Nardetum über (vgl. LÜDI 1948:39, LÜDI 1959:7). Weiterentwicklung: Auch das Nardetum der Versuchsweide ist nach LÜDI ohne Zweifel als Folge der Übernutzung des Bodens durch die Beweidung zu deuten. Das gut entwickelte Nardetum hält sich beim Aussetzen der Beweidung hartnäckig. Allgemein sind die Nardeta auf beiden Standorten der Schynigen Platte aufgrund ihres hohen Anteils an Frischwiesenarten nicht typisch, weil (neben der Dominanz von *Nardus stricta* und reichlichem Vorkommen der übrigen Magerkeitszeiger) auch beträchtliche Reste der Frischwiesenvegetation enthalten sind, welche dem Nardetum voranging. In der Versuchsweide bestanden andererseits Nardetumkomplexe, die über 15 Jahre (ab ca. 1933) unter Beobachtung standen und sich bei Ausschaltung jeder Nutzung floristisch wenig veränderten, sondern sind nur üppiger und hochwüchsiger wurden. Das Nardetum ist zwar sehr beständig gegenüber einer Entwicklung zum Festucetum, soll aber nach langer Zeit in einen „Fichtenwald“

³⁰ Durch Auswaschung kommt die Versauerung in einem ausgeglichenen Ökosystem irgendwann zum Stillstand. Meist auf einem Niveau geringer

übergehen³¹. Besonders derjenige Teil der Versuchsweide, der im Laufe der Jahre unbeeinflusst blieb (also auch der Abschnitt, in dem die neuen Flächen angelegt wurden) hatte sich schon 1959 zu einem Initialstadium des Fichtenwaldes mit Heidekraut, Heidelbeeren und namentlich Zwergwachholder und einer beträchtlichen Zahl von kleinen Fichten entwickelt. Die Borstgrasrasen sind also auch in der Versuchsweide nicht das Schlußglied der Vegetationsentwicklung (vgl. LÜDI 1923/24:290f, LÜDI 1936:634f., LÜDI 1948:47, LÜDI 1959:8).

Nardetum und Festucetum sind auf der Schynigen Platte im Alpengarten und in der Versuchsweide also gemäß Literaturangaben aus verschiedenen Gesellschaften³² hervorgegangen (s. Abbildung 10).

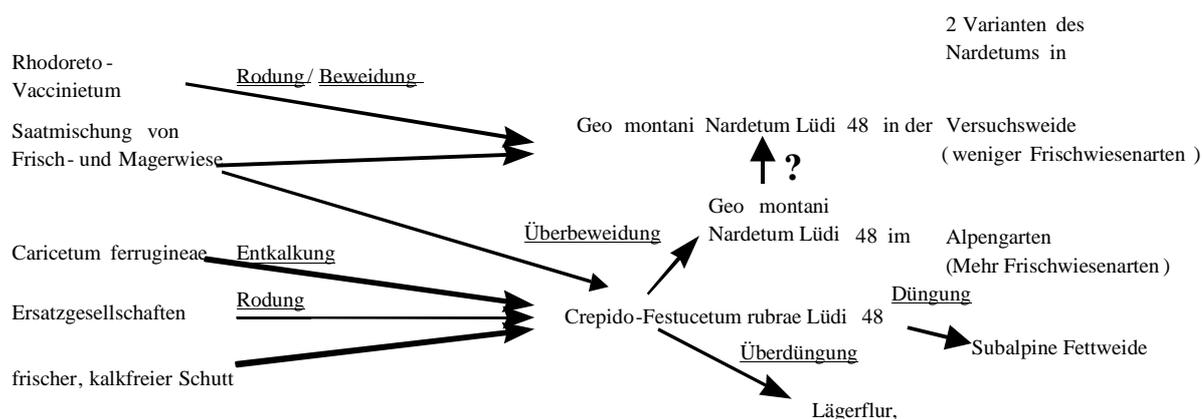


Abbildung 10: Entstehung von Nardetum und Festucetum auf der Schynigen Platte

vgl. LÜDI 1923/24:290f, LÜDI 1936:634f., LÜDI 1948:47, LÜDI 1959:8, LÜDI 1948:39ff., LÜDI 1948:33

Ein sich selber überlassenes Nardetum in Versuchsweide (N_{32V}) oder Alpengarten (N_{32A}) soll sich gemäß Literatur wie in Abbildung 11 weiterentwickeln.

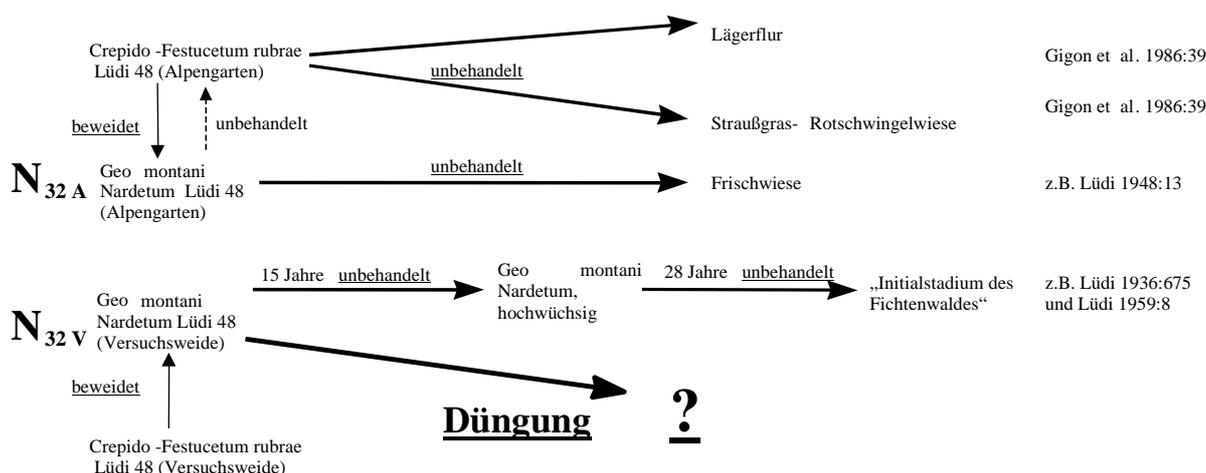


Abbildung 11: Weiterentwicklung der Borstgrasrasen im Alpengarten und der Versuchsweide nach Ende der Nutzung (Brache)

Nährstoffversorgung und hoher H⁺-Ionenkonzentration (ZÜRN 1979:177).

³¹ Dauerflächen im Schweizerischen Nationalpark zeigen, daß die Annahme, nach Nutzungsaufgabe würde sich wieder ein Wald einstellen, oft nicht gerechtfertigt ist. Möglicherweise hält der Äsungsdruck des Wildes einige Flächen dauerhaft frei. (KRÜSI et al. 1995:14ff.).

³² Die vorgestellten Gesellschaften des Namens Nardetum resp. Festucetum beziehen sich auf die durchschnittlichen Vegetationskomplexe in Alpengarten resp. Versuchsweide. Darüberhinaus beschreibt LÜDI (1948:39, Tab. S. 43) ein etwas verschiedenes „typisches,“ Nardetum auf dem Heimegggrat (1980mNN) mit 55 Arten auf 50m², sowie südlich des Faulhornweges ein z. T. vermagertes Festucetum (LÜDI 1948:35). In einer Lizenzarbeit beschreibt FISCHER (FISCHER und WACHTER 1993) wiederum Varianten des Nardetums/Festucetums zwischen Versuchsweide und Alpengarten (Im systematischen und lokalen Sinn).

3 Methoden

Die Methoden LÜDIS wurden für die Anlage der Flächen und die Datenerhebung grundsätzlich soweit möglich übernommen. Die vorhandenen Nullflächen sollten unter keinen Umständen gedüngt werden. Da innerhalb des Zaunes nur wenig Fläche für die Anlage der neuen Flächen zur Verfügung stand (vgl. Weideplan),

- wurde auf viele Kombinationen der Nährelemente in Anbetracht der geringen beobachteten Effekte einiger Düngungen (z. B. reine K-Flächen) verzichtet.
- Es gibt keine reine „P-Düngung“ (vgl. 3.3).
- Es wurden ausschließlich mineralische Dünger verwendet. Auf Düngungen mit Kompost, Stallmist, Thomasmehl, aber auch auf Ammoniumnitrat wurde verzichtet.

Andererseits wurden neben den Vegetationsaufnahmen weitere Parameter erfaßt, resp. sind anders:

- Populationsbiologische Untersuchungen
- Ernte für chemische Blattanalysen
- Während die Flächen von LÜDI im „Mosaikverbände“ der Reihenfolge nach geordnet verteilt wurden, ist die Reihenfolge der neuen Flächen zufallsverteilt (vgl. Weideplan, Anhang).
- Die Behandlungen wurden von LÜDI in je 5 Parallelen ausgeführt, die neuen Flächen haben je 6 Parallelen pro Düngung.

Gründe und Auswirkungen der Differenzen werden in der Diskussion erläutert.

3.1 Gestalt der alten und neuen Dauerflächen, Neuanlage

Um eine größtmögliche Homogenität der Aufnahmen zu erreichen, wählte LÜDI kleine Flächen, da nur in scharf begrenzten Dauerflächen die floristische Zusammensetzung genau festgestellt werden kann (vgl. 6.1.11). Die quadratischen Dauerflächen sind je 2x2 Meter groß. Unten und rechts bestehen sie aus einem „Weg“, so daß ein Steifen unbehauelter Vegetation von keinem Teil der Flächen weiter als 80 cm entfernt ist. Die restlichen 1,6 x 1,6 Meter sind die eigentliche Untersuchungsfläche mit einem inneren Quadratmeter, auf dem die Vegetationsaufnahme stattfand (s. Abbildung 12, vgl. LÜDI 1928:10, HEGG 1984b:462, LÜDI 1941a:18).

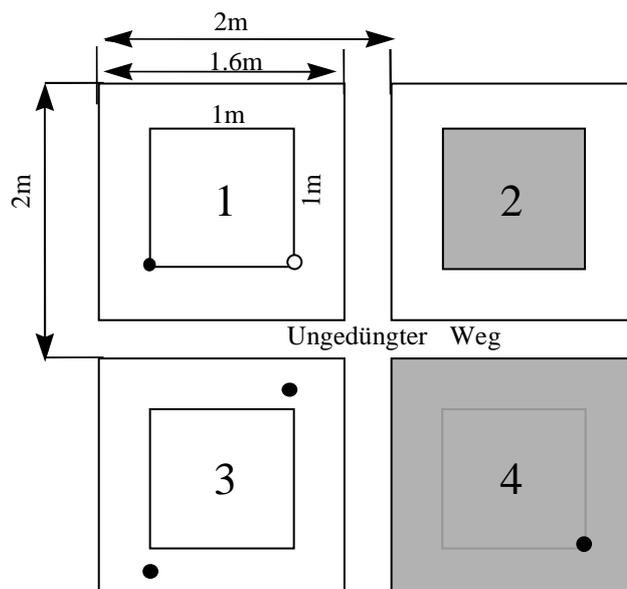


Abbildung 12: Die Anordnung der Markierungen und Probepunkte in den neuen Flächen.

1 Größe (entspricht den alten Flächen) und Hilfsmarkierung für den Aufnahmerahmen (schwarz)

- 2 gemähte und vegetationskundlich aufgenommene Fläche (1 m², getönt)
- 3 Entnahmestellen der pH-Proben.
- 4 Düngungsareal (ca. 2,5 m², getönt) und permanente Markierung (schwarz).

Die neuen Flächen wurden im Juni 1994 in derselben Weise im Winkel der bestehenden Flächen kurz vor dem Steilabfall angelegt, da aufgrund der Skizzen in LÜDIS Tagebüchern anzunehmen ist, daß dieser Bereich von LÜDI ebenfalls eingezäunt wurde (vgl. Abbildung 7). Von den 4 m² jeder Fläche wurden 2,5 m² gedüngt und innerhalb dieser gedüngten Fläche 1 m² Dauerfläche für die Vegetationsaufnahmen markiert. Die Markierung erfolgte mit versenkten Aluminiumröhrchen (DÄHLER 1993:10). Zusätzlich wurde pro Fläche eine weitere Markierung als zweiter Fixpunkt für die Aufnahmerahmen quer zur Falllinie eingesetzt. So konnten auch die ausgewählten Individuen für die phänologischen Untersuchungen einfach wiedergefunden werden.

3.2 Untersuchungszeitraum und Zeitpläne

Die neuen Daten wurden in den Sommern 1994-1996 erhoben. In diesen Vegetationsperioden war die Witterung sehr unterschiedlich. 1994 herrschten trotz massiver Schneefälle im April nach einem schneearmen Winter bereits am Anfang der Vegetationsperiode sommerliche Temperaturen. Dieses blieb trotz zahlreicher Gewitter konstant, Schneeschauer blieben aus. Am 17.-18. Juli verursachte ein starker Hagelschauer Schäden an der Vegetation. Nach einem warmen Juli und August folgte ein kühler September (HEGG 1994:1). Die Arbeiten auf den neuen Versuchsflächen liefen 1994 entsprechend Tabelle 14.

Tabelle 14: Zeitplan 1994

<u>Arbeit</u>	<u>Termin</u>
Abstecken der Flächen	11.7.-23.8.
erste Vegetationsaufnahmen	13.7.
Düngung	6.8.-23.8.
Fotos	23.8.
pH-Probenahme	12.9.
feste Markierung der Flächen	13.-15.9.
„Nutzung“ der einzelnen Flächen	21.-24.7.94

1995 fiel nach einem sehr milden Winter im Frühling reichlich Schnee. Es folgte naßkalte Witterung bis Ende Juni, die von einer 8-wöchige Wärmeperiode mit viel Niederschlag als Regen und Gewitter abgelöst wurde. Ende August/Anfang September beendete ein Kälteeinbruch die Vegetationsperiode vorzeitig (HEGG 1995:1). Die Arbeiten auf den neuen Versuchsflächen liefen 1995 entsprechend Tabelle 15.

Tabelle 15: Zeitplan 1995

<u>Arbeit</u>	<u>Termin</u>
Feste Hilfsmarkierung für Kartierrahmen	19.6.
Wiederholung Aufnahmen ab	17.7.
Wiederholung Düngung	20.6.
Wiederholung Fotos	27.8.
Analyseprobenernte	18.9.
Wiederholung pH-Probenahme	19.9.
Markierung und Beobachtung von Einzelindividuen	1: 4.- 5.7.95/ 2: 17.-19.7.95/ 3: 2.-4.8.95/ 4: 22.-24.8.
„Nutzung“ der einzelnen Flächen	20.9.

Der Sommer des Jahres 1996 war, im Gegensatz zu den vorausgegangenen Sommern, klimatisch ausgeglichener. Der Juni begann freundlich und warm, so daß die Frühjahrsblüher bei Beginn der Untersuchungen bereits verblüht waren. Im letzten Junidrittel schneite es und einer anschließenden Wärmeperiode folgte Anfang Juli wiederum Schneefall. Nach Ende Juli war die Witterung

wechselhaft, aber nicht außergewöhnlich (HEGG 1996:1). Die Arbeiten auf den neuen Versuchsflächen liefen 1996 entsprechend Tabelle 16.

Tabelle 16: Zeitplan 1996

Arbeit	Termin
Wiederholung Aufnahmen	ab 15.7.
Wiederholung Düngung	6.6.
Wiederholung Fotos	25.7.
Wiederholung Analyseprobenernte	24.8.
Wiederholung pH-Probenahme	keine
Markierung und Beobachtung von Einzelindividuen	1: 5.-8.6.96/ 2: 18.-20.6.96/ 3: 10.-12.7.96/ 4: 23.-25.7.96/ 5: 13.-15.8.
Ernte der Einzelindividuen	15.8.
„Nutzung“ der einzelnen Flächen	5-6.9.

3.3 Düngung

Die Qualitäten der Mineraldünger, die LÜDI einsetzte, sind aufgrund differierender Tagebuchangaben nur bedingt bekannt (vgl. dazu 6.1.5).

- Die Angaben der verwendeten Quantitäten variieren in den Tagebüchern und den weiteren Quellen. Für die verschiedenen Darstellungen LÜDIS wurden verschiedene Mengen zugrundegelegt (z. B. LÜDI TB 1932, 1940, 1950, 1951, 1952, 1953, 1955, DÄHLER 1993:5, HEGG 1984c:142, LÜDI 1959:3, LÜDI 1936:637).
- Die heute im Handel erhältlichen Dünger unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung von denen der dreißiger Jahre.

Es wird davon ausgegangen, daß LÜDI in der Hauptsache folgende für die Düngung der neuen Flächen relevanten Düngerqualitäten ausbrachte (s. Tabelle 17, näheres zu Düngerqualitäten s. auch DÄHLER 1993:5).

Tabelle 17: Von LÜDI verwendete Düngerqualitäten

Name	Nährstoff
Ammonsulfat	$\text{NH}_4\text{NO}_3/ (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$
Superphosphat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
Kalisalz	wohl das damals gebräuchliche „40er“ mit 63 % KCl/ ca. 33 % K
CaCO_3	mit ca. 53 % CaO (+ MgO)

Auf die Verwendung von Calcium in Verbindung mit Phosphat sollte im neuen Versuch verzichtet werden, um den pH-Effekt von dem der P-Düngung zu trennen. Es ist kein reiner Phosphatdünger erhältlich, da als Kation nur Kalium oder Calcium in Frage kommen. Daher wurde für die Wiederholung der Düngung Phoskalin für die „P- Flächen“ gewählt, in welchem der Nährstoff als Monokaliumphosphat (52 %) vorliegt. Die neuen PK-Flächen von 1994 sind daher Ca-frei. Der im wasserlöslichen Phoskalin enthaltene K- Anteil (34 %) wurde durch entsprechende Zugabe von Kalin auf die den alten K- Flächen zugeführte Kalimenge erhöht. Damit soll sich der durch das Phosphat ausgelöste Effekt auf die Vegetation durch den Vergleich mit den reinen K- Flächen von dem Effekt des Kalis trennen lassen. Dies könnte in einem Vergleich mit den Ergebnissen der K-, PK- und Thomasmehlflächen eine Beurteilung des Einflusses einer Alkalisierung ermöglichen. Dabei mußten besonders hinsichtlich der Düngerformen folgende Veränderungen vorgenommen werden (s. Tabelle 18).

Tabelle 18: In den neuen Flächen verwendete Düngerqualitäten

Nährstoff	als	Bezugsbasis (% in Dünger)	g pro Fläche ³³	Berechnung nach LÜDIS Angaben zu:
N	Ammonsulfat	20	50	Ammonsulfat
P	Phoskalin	53	40	Superphosphat
(+K ₂ O)		(+34)	(+33)	
CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk	100	400	Kohlensaurer Kalk
K ₂ O	Kalin	52	60	Kalisalz

Die in Pulverform vorliegenden Dünger wurden abgewogen, in Plastiksäcke gefüllt und ausgebracht.

3.4 Vegetationskundliche Untersuchungen

Auf die beiden unteren Ecken des mit Aluminiumröhrchen markierten inneren Quadratmeter der gedüngten Fläche wurde der 1 m² große, mit Gummilitze in 100 Quadrate geteilte Kartierahmen aufgesetzt. Um auch die nach der Düngung hoch aufschießende Vegetation aufnehmen zu können, stand der Rahmen auf 10 cm hohen Beinen, deren Füße in die Aluröhrchen paßten. Die Deckung wurde in Prozent geschätzt und in ein Aufnahmeblatt eingetragen.

Die Schätzung erfolgte nicht nach der Methode Br.-Bl., sondern nach Deckungsprozenten wobei die Gesamtdeckung 100 % nicht übertreffen sollte. Gemäß DÄHLER (1993:11f.) setzte LÜDI zunächst die Gesamtdeckung gleich 100 % (entspricht der 1m² großen Aufnahmefläche) und zog dann den Anteil unbewachsener Fläche (Streu, Erde) ab (s. Tabelle 19). Die restliche Deckung wurde den Gruppen „Kräuter“ und „Gräser“ und erst anschließend den einzelnen Arten zugeordnet. Obwohl dieses Verfahren unüblich ist, wurde es übernommen, um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten.

Tabelle 19: Deckungsschätzung in den Flächen (Beispiel)

Deckung	Davon		
	Streu, Steine:	Kräuter:	Gräser:
Gesamt:			
100 %	4 %	56 %	40 %
Kräuter:	<i>Ajuga reptans</i>	<i>Campanula barbata.</i>	Etc.
56 %	4 %	5 %	xy %
Gräser:	<i>Avenella flexuosa</i>	<i>Avena pubescens</i>	<i>Nardus stricta</i> etc.
40 %	2 %	4 %	xy %

Mit nur geringer Deckung oder einzeln vorkommende Arten wurden mit einem „+“ notiert. Aus technischen Gründen mußte bei den Berechnungen dieses Kreuz durch den Wert 0,5 ersetzt werden. Dadurch übersteigen die Deckungssummen bisweilen auch bei dieser Methode die 100 %-Marke.

Die Einteilung der Vegetation mit Hilfe von Tabellen resultiert in der Angabe von Assoziationen (Gesellschaften, vgl. dazu MÖLLER 1993:11ff.). Diese werden über eine bezeichnende Artenzusammensetzung einschließlich der Kenn- und Trennarten sowie der begleitenden zusätzlichen Arten hoher Stetigkeit charakterisiert, wobei Arten gemeint sind, die in mindestens 50 % der Einzelbestände vorkommen. Assoziationen werden in Verbände zusammengefaßt und in Subassoziationen (und Varianten sowie Subvarianten) unterteilt. Der Übergang von Assoziation zur Subassoziation ist nicht allgemein festgelegt. Die Einteilung sollte sich nach dem wichtigsten ökologischen Faktor richten, um logisch befriedigend zu sein. In Subvarianten werden keine Differentialarten mehr ausgeschieden. Syndynamische Entwicklungsvorgänge bezogen auf

³³ 1,6 x1,6 qm

Verschiebungen im Arteninventar werden Phasen genannt, ein Aspektwechsel innerhalb floristisch gleichartig zusammengesetzter Bestände heißt Fazies (vgl. DIERBEN 1990:11ff., BRAUN-BLANQUET 1964:122). Es soll versucht werden, die Vegetationsentwicklungen pflanzensoziologisch zu fassen.

Für die Tabellenarbeit wurden die Vegetationsaufnahmen nach den Behandlungen chronologisch geordnet. Zu Beginn der Tabellen stehen die Aufnahmen des Standardfestucetums (F_{28}) und des Standardnardetums (N_{32}). Die neuen Aufnahmen wurden entsprechend der Fragestellung analog den anderen Darstellungen in den Datensatz eingefügt. Sie sind in allen Tabellen fett gedruckt. Die resultierenden Artengruppen werden mit Kürzeln charakterisiert (vgl. auch 4.10). Die Darstellung der Vegetationstabellen erfolgt im Anhang. Die Spalten (Aufnahmen) sind nach Gruppen und Jahren zusammengestellt und die Zeilen (Arten) wurden nach soziologischen Kriterien aufgeteilt.

3.4.1 Nomenklatur

Die Benennung der Arten war bisweilen problematisch, da die Namen seit LÜDIS Bestimmungen häufig verändert wurden. Es wurde darauf verzichtet, von anderen Autoren beschriebene Arten am Schreibtisch durch Einsetzen des aktuellsten Namens „nachzubestimmen“, oder aus einem „s. l.“ ein „s. str.“ zu machen, da dieses Vorgehen in weiteren Arbeitsschritten zu noch weitergehenden Nachkorrekturen verführt (z. B. Benennung von Unterarten). Gattungsnamen (*Crepis spec.*, *Hieracium diverse*, etc.), sowie Bestimmungsgruppen (*Luzula multiflora et sylvatica*) wurden beibehalten. Die in der Datenbank aufgeführten Arten wurden nur sparsam nachgeführt. Die Nomenklatur unsicherer Arten richtet sich nach HESS et al. (1976), da diese am engsten mit den Angaben der Datenbank übereinstimmt. Ansonsten wäre die Zusammensetzung der in dieser Arbeit behandelten Artenlisten mit denjenigen der Datenbank kaum noch möglich. Die nachgeführten Artnamen werden mit dem Autorennamen aufgeführt.

3.4.2 Mittelwerttabellen

Die Deckungen wurden gemittelt, indem die Vegetationsaufnahmen der fünf resp. sechs Einzelflächen pro Jahr und Behandlung zusammen betrachtet werden. O_{90} stellt also den Mittelwert aus 10 Flächen dar. Diese Deckungsmittelwerte wurden aufgerundet, mit einer Dezimalstelle dargestellt und in einer Tabelle zusammengefaßt, um Unterschiede in der durchschnittlichen Deckung erkennbar zu machen.

3.4.3 Stetigkeitstabellen

Abschließend wurden die Tabellen in eine Stetigkeitstabelle umgerechnet. Da es sich nur um 5 resp. 6 Parallelen handelt wurde auf die allgemein übliche Weise der Verschlüsselung in römische Zahlen verzichtet und die normale Anzahl des Vorkommens in arabischen Zahlen angegeben (vgl. DIERSCHKE 1994:192).

3.4.4 Histogramme

Durch Modifikation der Vegetationstabellen (Zahlen zu Balken) können Trends deutlicher sichtbar gemacht werden. Dazu wurden die Zahlen der Originaltabellen ähnlich DÄHLER (1993) in Histogramme umgewandelt, welche die Deckungsverhältnisse als Querbalken wiedergeben.

3.4.5 Artengruppen

Für die graphische Darstellung der Änderungen in der Vegetation wurden die Arten zweimal in verschiedene Gruppen eingeteilt: soziologische Artengruppen (Nardetum- und Festucetumarten) resp. Futterwert. Beide Einteilungen können auch miteinander verbunden werden (gute Festucetum-

Futterpflanzen etc.), wobei sich eine feinere Unterteilung ergibt. Die Deckungen (z. T. auch Anzahlen) aller Arten einer „Gruppe“ wurden summiert und in Flächendiagrammen dargestellt. Die Einteilung in Gruppen erfolgt nach bestehenden Auswertungen von Daten der Versuchsweide. LÜDI (1923/24, 1928, 1931, 1936, 1940 a+b, 1941a+b, 1948, 1959) und HEGG (1984 a-c, HEGG et al. 1992) beziehen sich zum einen auf die Einteilung der Arten in gute und schlechte Futterpflanzen, sowie Unkräuter und zum anderen in die Einteilung in Nardetum- und Festucetumarten.

3.4.5.1 „Nardetum- und Festucetumarten“

Um die Auswirkungen der Düngungen im Sinne LÜDIS zu untersuchen, wurde eine Einteilung der Arten in Festucetum- und Nardetumarten vorgenommen. Änderungen in den Deckungsverhältnissen sollten Änderungen in der Vegetation widerspiegeln (Festucetumarten gewinnen gegenüber den Nardetumarten die Überhand). Die Einteilung der Arten wurde nach diversen Notizen in LÜDIS Tagebüchern vorgenommen. Die Artenlisten befinden sich im Anhang (vgl. 10.5). Die Einteilung der Arten variiert in nahezu allen gefundenen Angaben etwas. Daher ist diese Liste nur eine von vielen möglichen.

3.4.5.2 Gute und schlechte Futterpflanzen

Daneben sollten die Auswirkungen der Beweidung geprüft werden. Dafür sollten die Änderungen in den Deckungsverhältnissen unterschiedlich schmackhafter Arten interpretiert werden. Es wurden die Angaben von LÜDI verwendet.

- Gute Futterpflanzen sind anspruchsvoll, haben eine hohe Entwicklungsgeschwindigkeit, guten Nachwuchs bei Mahd, Massenentwicklung bis zum ersten Schnitt, hohen Reinertrag, große Düngerdankbarkeit und eignen sich zur Saatgewinnung
- schlechte Futterpflanzen verfügen nicht über diese Eigenschaften.
- „Indifferente“ reagieren undeutlich oder wurden erst später gefunden und daher von Lüdi nicht definiert

Die Einteilung der Futterpflanzen ist auch von der Meereshöhe und Beschaffenheit des Standortes abhängig. So gilt z. B. *Festuca rubra* in tieferen Lagen als schlechte Futterpflanze resp. Magerkeitszeiger, in höheren Lagen aber, wo die guten Futterpflanzen der Tieflagen (*Phleum pratense*, *Poa pratensis* etc.) ausfallen, nimmt *Festuca rubra* deren Stelle ein. Entsprechendes gilt für *Campanula scheuchzeri*. Auch *Anthoxanthum odoratum* gilt in tieferen Lagen als schlechte Futterpflanze resp. Magerkeitszeiger. Brauchbare Futterpflanzen in bodensauren Magerrasen sind u. a. *Agrostis tenuis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Festuca rubra* ssp. *commutata*, *Briza media*, *Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens*, *Avena pubescens*, *Leontodon hispidus*. Vor allem Kräuter gelten als gute Futterpflanzen, weil sie langsamer altern als Gräser und nutzungselastischer sind. Sie verlieren bei verzögerter Nutzung weniger rasch an Futterwert. Ferner sind sie besser verdaulich und mineralstoffreicher (vgl. KLAPP 1974:182 und PFADENHAUER 1997:217f, STEIDL und RINGLER 1996:195, BUDIG 1994:37f.). Die Artenlisten befinden sich im Anhang (vgl. 10.5).

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, werden alle Daten der Diagramme mit Deckungswerten und Artenzahlen der beschriebenen Artengruppen ebenso wie die in den Zugehörigkeitsdiagrammen auf das Standardnardetum bezogen (vgl. 3.6). Es dient als definierter Ausgangspunkt, also als angenommener Zustand der jeweiligen Flächen vor der ersten Düngung, kurz nach dem Beginn der Versuche (Einzäunung). Allen Berechnungen sind die Werte des Standardnardetums N₃₂ vorangestellt.

Dies soll zeigen, ob sich die beobachteten Flächen zur Zeit der ersten von LÜDI gemachten Vegetationsaufnahme noch im Ausgangszustand befanden, oder ob die Düngung schon gewirkt hatte.

3.4.6 Artenzahlen

Viele Untersuchungen beziehen die Artenzahlen als Indikator für die Güte und Stabilität einer Pflanzengesellschaft in ihre Interpretation mit ein. Sie ist das Ergebnis sämtlicher Kräfte, die auf ein Ökosystem einwirken. Floristisch ähnliche Bestände haben eine ähnliche charakteristische Artenzahl (vgl. DIERSCHKE 1994:271; EHRENFELD 1997:145ff.). Die mittleren Artenzahlen aller Flächen wurden je Behandlung und Untersuchungsjahr berechnet und dargestellt.

3.4.7 Shannon-Index und Evenness

Die Diversität läßt sich auch über die Struktur der Pflanzenbestände ermitteln, da die Artenverteilung einer Pflanzengemeinschaft nicht nur über deren Artenzahl, sondern auch über deren unterschiedliche Deckungswerte bestimmt wird. Zur Kennzeichnung der beiden Merkmale wurde der SHANNON-Index abgeleitet, der das Verhältnis der Einzeldeckung zur Gesamtdeckung der Vegetation beschreibt. Die Diversität steigt mit zunehmender Artenzahl. Die Evenness (E) entspricht dem Verhältnis zwischen dem realen Grad der Verteilung von Arten (H') und dem maximal möglichen Grad (H_{max}). H_{max} wird bestimmt aus dem natürlichen Logarithmus der Artenzahl ($H_{max} = \ln N$). H' steigt logarithmisch mit wachsendem N, daher ist eine Normierung nötig, wenn die Aufnahmen unterschiedliche Artenzahlen haben. Da die Diversität mit steigender Artenzahl zunimmt, bezieht die Berechnung der Evenness die Artenzahl mit ein. Damit ist E der prozentuale Anteil von H an H_{max} . Der maximale Wert für E ist 100, das heißt, die Arten sind absolut homogen verteilt. E zeigt also, bis zu welchem Grad die maximale Gleichverteilung erreicht wurde. Die Diversität ist am größten, wenn alle Arten gleich häufig und mit derselben Deckung vertreten sind, am geringsten (Strukturlosigkeit, wenn $H' = 0$), wenn nur eine einzige Art vorkommt (vgl. PFADENHAUER 1997:121f., DIERBEN 1990:80).

Gleichung 1: Shannon-Index

$$H' = -\sum p_i \ln p_i ; p_i = n_i/N$$

H' = Diversitätsindex; p_i = relative Deckung/Häufigkeit einer Art; n_i = Bedeutungswert einer Art (Deckung, Abundanz etc.);
 N = Summe der Bedeutungswerte aller Arten in einer Pflanzengemeinschaft/ Vegetationsaufnahme

Die Mannigfaltigkeit ist das Vergleichsmaß für die Komplexität (thermodynamischer Begriff der Entropie und der Ausdruck für den erreichten Grad der Entropie im Vergleich zum maximal möglichen Grad (vgl. DIERBEN 1990:79, HAEUPLER 1982:229).

Gleichung 2: Evenness

$$E = H'/H_{max} = (H'/\ln N)*100$$

$H_{max} = \ln N$, N =Artenzahl

Die Evenness mißt die Homogenität eines Bestandes, die in Vegetation jedoch relativ ist. Es gibt strenggenommen nur verschiedene Grade von Inhomogenität. 10 Arten mit einer Deckung von je 10 % repräsentieren die größtmögliche Gleichverteilung. Jede Verschiebung führt zu einer Änderung der Evenness. Bei einer Verteilung von 1x 91 % Deckung und 9x 1 % beträgt die Evenness nur noch 49 %. Ob sich nun aber die Dominanz zwischen zwei Arten verschiebt (d. h. statt Art „A“ erreicht Art

„B“ eine Deckung von 91 %) läßt sich mit der Evenness nicht darstellen. Sie bleibt gleich, zeigt aber homogenisierende Einflüsse auf. Eine Evenness von 20 % repräsentiert eine sehr hohe Ungleichmäßigkeit. $E < 40$ spricht für das Vorherrschen weniger Arten bei allgemeiner Artenarmut und vielen inter-/intraspezifischen Wechselwirkungen. Je höher der Wert, desto zufälliger die Anordnung und desto geringer die Ordnung. $E = 100\%$ entsprechen einer vollkommenen Gleichverteilung (d. h. gleiche Deckung für jede einzelne Art). Da die Evenness von der Artenzahl eines Systems unabhängig ist, lassen sich die Werte direkt miteinander vergleichen und können zur Indikation von Systemveränderungen dienen (vgl. RAUSCHERT 1969:154, HAEUPLER 1982:229, DIERSCHKE 1994:145f., PFADENHAUER 1997:122).

3.5 Kern- und Satellitenarten

Die Artenzahlendynamik läßt sich auch über die sogenannte Kern-Satelliten-Hypothese erklären. Die Abundanz einer Art in einer Fläche ist eine Funktion ihrer Abundanz in der Region. Es gibt „Satellitenarten“ (selten und an wenigen Stellen) und „Kernarten“ (oft Ubiquisten, regional häufig, lokal reichlich und gut im Nischenplatz verteilt). Je größer die Artendichte in der Nachbarschaft einer Art im Nischenraum, desto kleiner die Wahrscheinlichkeit, daß diese Art eine Kernart ist. Satellitenarten definieren die Vegetation, wenn die Struktur in und zwischen den Wachstumszeiten variiert. Sie sind entscheidend für Struktur und den Artenreichtum. Änderungen in den Zusammensetzungen zeigen Fluktuationen der weniger steten Satellitenarten um einen festen Bestand an Kernarten in Zeit und Raum. Je höher der Anteil an Satellitenarten ist, desto mehr fluktuiert die Vegetation (vgl. WILSON et al. 1987:395f., HANSKI 1982:219, GLENN und COLLINS 1990:229ff., COLLINS und GLENN 1990:633). Fluktuationen sowie Präsenz und Ausmaß menschlicher Einflüsse sind über Gleichgewicht, Rückkehrgeschwindigkeit und Stabilität der Artengemeinschaft / Artenzahl meßbar (vgl. EHRENFELD 1997:145ff., SCHEFFRAN 1998:36, vgl. 6.6). Als Kernarten wurden diejenigen Arten definiert, die zu Beginn der Versuche in den Aufnahmen von 1931 in mehr als 80 % der Flächen vorkamen. Als Satellitenarten gelten diejenigen, die seltener als in 30 % der Flächen gefunden wurden.

3.6 Multivariate Auswertung und Darstellung

Die Analyse der Vegetationsaufnahmen fand neben der pflanzensoziologischen Methode auch nach statistischen Gesichtspunkten statt. Bei großen Datenmengen ist es oft nicht möglich, durch die pflanzensoziologische Vegetationsanalyse Variationen in den Einzelflächen von allgemeinen flächenbezogenen oder zeitlichen Trends zu unterscheiden. Die Tabellenarbeit setzt eine gute geobotanische Kenntnis der einzelnen Arten voraus und liefert dann sehr genaue Ergebnisse. Allerdings läßt sich subjektive Interpretation oft nicht vermeiden. Dann werden erwartete Unterschiede möglicherweise überinterpretiert, unerwartete übersehen. Demgegenüber ermöglicht die statistische Auswertung umfangreicher Vegetationstabellen unvoreingenommene Analysen. Die Vegetationstabellen wurden daher auch mit Hilfe multivariater Methoden auf statistisch nachweisbare Trends untersucht. Durch das Vorhandensein von bis zu 5 (alte Daten) resp. 6 (neue Daten) Parallelen ist eine statistische Analyse möglich. Die Variation zwischen einzelnen Wiederholungen ist dabei eine Schätzung des Meßfehlers und der natürlichen spatialen Variation der Population und sollte nicht benutzt werden, den Fehler der Nullhypothese zu schätzen. Eine zusätzliche Vegetationsbetrachtung

ist hilfreich (vgl. ELLIOTT 1990:2, PFADENHAUER 1997:86), daher wurden neben der pflanzensoziologischen Vegetationsanalyse Methoden angewendet, die diese Variationen von möglichen Trends trennen können. So kann unabhängig von dem Verhalten einzelner Arten verglichen werden, wie die gesamte Pflanzengesellschaft sich ändert und ob eine beobachtete Entwicklung in eine bestimmte Richtung verläuft. Während Vegetationsaufnahmen sich also am tatsächlichen Zustand der Vegetation orientieren, sind Ordinationen (wie auch Zeigerwerte) eher „künstlich“. Eine Ordination zeigt die Abfolge der Aufnahmen im Gesamtzusammenhang. Man nutzt alle verfügbaren Daten. Einer verbreiteten Konvention entsprechend wird meist das Ähnlichkeitsmaß von VAN DER MAAREL verwendet (WILDI 1990:2). Für die Interpretation zeitlicher Übergänge nach floristischen Kriterien in einem Netz mit gleich großen Dauerflächen kann die Auswertung über Ordinationen erfolgen, welche der Anordnung von Arten/Vegetationsaufnahmen entlang eines Gradienten dienen.

Die Ergebnisse dieser Analysen werden graphisch als Liniendiagramm dargestellt. Durch die Betrachtung der ursprünglichen Tabellen wird analysiert, wie diese Trends resp. Dauerzustände im einzelnen zu erklären sind.

3.6.1 Zentroide

Statt alle Vegetationsaufnahmen einzeln miteinander zu vergleichen, wurden sogenannte Zentroide berechnet. Für die Zentroide wurden die jeweiligen Vegetationsaufnahmen gruppen- und jahresweise (zum Teil bei voller Gewichtung des Deckungsgrades, zum Teil ungewichtet: nur nach Präsenz-Absenz) jeweils zu einem Zentroid zusammengefaßt (z. B. Ca_{90} = alle Aufnahmen der Ca-Flächen („Gruppe“ X) aus dem Jahr 1990, vgl. Tabelle 3). Die Berechnungen wurden nach dem Mittelwert der Gruppen (group mean) erstellt. Das Zentroid stellt damit als einzelne künstliche Aufnahme den durchschnittlichen Zustand aller Parallelfächen zu einem bestimmten Zeitpunkt dar.

3.6.2 Fuzzy-Set-Ordinationen

Die Theorie der Fuzzy Logik basiert auf unscharfen Mengen (fuzzy sets). Diese Mengen können, im Gegensatz zu Zuordnungen zu klassischen Mengen (x gehört zu M oder nicht), Zugehörigkeiten zwischen 1 und 0 annehmen (x kann verschiedenen Fuzzy-Mengen gleichzeitig zu verschiedenen Erfüllungsgraden angehören). Die Fuzzy-Set-Ordination mißt die Ähnlichkeit von Vegetationsaufnahmen resp. ihren Zentroiden zu definierten Vegetationseinheiten, zur Durchführung ist die Definition eines Ausgangs- und Zielzustandes notwendig. Daher wurden von Standardnardetum und -festuctum Zentroide erstellt, auf die sich alle errechneten Variabilitäten in den Fuzzy-Set-Ordinationen und bei der Analyse der Zugehörigkeitsdiagramme beziehen. Diese Vegetationseinheiten bilden den hier angenommenen Anfangs- und Endpunkt einer Entwicklung ($N_{32} \rightarrow F_{28}$). Damit kann in gewisser Weise ein Blick in die Zukunft stattfinden, indem man die erwartete Vegetationseinheit als Zielgesellschaft einsetzt. Um zu untersuchen, inwieweit allein die Veränderung der Deckungswerte für eine Entwicklung in Richtung Festucetum verantwortlich ist, kann man die Ordinationen jeweils gewichtet und ungewichtet berechnen. Der Deckungsgrad und damit eine einfache Verschiebung in der Dominanz wird in diesem Fall außer acht gelassen. So kann veranschaulicht werden, ob und in welchem Ausmaß sich die behandelten Nardetumflächen tatsächlich in Richtung einer Milchkrautweide entwickeln, ob dieser Trend durch Deckungs- oder Artenverschiebung stattfindet, und wann und ob sich dieser Trend umkehrt, resp. eine dritte Gesellschaft entsteht. Bei der Darstellung als Ordination erhalten die beiden definierten Vegetationstypen am Ende von Abszisse und Ordinate den Wert 1 (= 100 % Zugehörigkeit). Die Anordnung der beiden Zentroide in dem Koordinatennetz

zeigt deren Zugehörigkeit zu einer (oder auch keiner) Gesellschaft. Die Ordination ist zweidimensional und stellt -im Gegensatz zu anderen Ordinationen, die nichtlineare Reaktionen der Pflanzengesellschaften oft als hufeisenförmige Punktwolken zeigen- die tatsächliche Entwicklung graphisch dar (s. Abbildung 13, sowie SCHRÖDER 1997:220).

Interpretation der Fuzzy-Ordinationen:

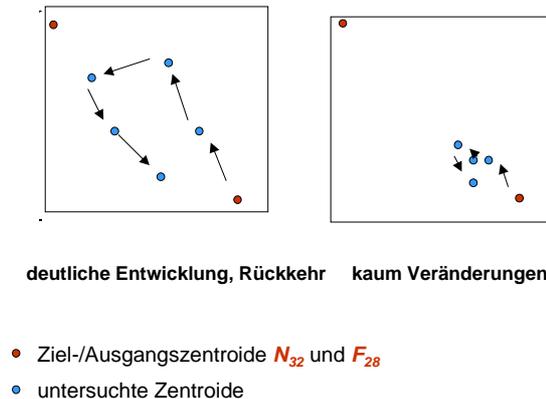


Abbildung 13: Interpretationsbeispiel einer Fuzzy-Ordination

Die Fuzzy-Set-Ordinationen wurden mit dem Programm MULVA-5 erstellt (WILDI und ORLÓCI 1996). Dabei wurden sämtliche Aufnahmen (incl. Nardetum- und Festucetum) eingelesen und für jedes Aufnahmejahr zentriert. Dann wurde Fuzzy-Ordination nach Feolisgraden berechnet und graphisch dargestellt³⁴.

3.6.3 Zugehörigkeitsdiagramme

Auch für die Zugehörigkeitsdiagramme wurden Zentroiden für alle untersuchten Flächen (flächenbezogene Variabilität = plot, vgl. Legende) und Jahre (zeitliche Variabilität = t) berechnet.

Als Maß für die flächenbezogene Ähnlichkeit (= Flächenzentroiden) wurde die durchschnittliche Ähnlichkeit aller Parallelfächen des jeweiligen Aufnahmejahrs berechnet. Die errechnete Homogenität bewegt sich zwischen 0 % und 100 % (vollkommen unähnlich bis sehr homogen). Deutliche Änderungen in der Homogenität sind nach dieser Methode erkennbar.

Die zeitliche Entwicklung wurde über die relative Ähnlichkeit der Zeitzentroiden errechnet. Sie bezieht sich auf den durchschnittlichen Ausgangszustand der Flächen (in diesem Falle auf das Zentroid des Standardnardetums N_{32}) und ändert sich demzufolge relativ dazu. Es erhielt definitionsgemäß die Ähnlichkeit = 1 = 100 %. Alle folgenden Zentroiden werden hieran gemessen. Auch hier beträgt die Spanne 0 %-100 %. Die Generierung der Zeitreihen erfolgte, indem die nach Aufnahmejahren sortierten Vegetationstabellen eingelesen und jahrweise zentriert wurden. Die Zentroiden für N_{32} und F_{28} sind dieselben wie die für die Fuzzy-Set-Ordinationen verwendeten.

Unter Einbeziehung der Deckung wurde nach dem van-der-Maarels-Koeffizient mit einer Minimumvarianz Analyse eine Ähnlichkeitsmatrix erstellt³⁵. Die flächenbezogenen und zeitlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Zentroiden wurden anschließend durch eine

³⁴ MULVA: 21 sort (x, y); 22 (centroid; 6, r211), 11 open centda (4, wenn ungewichtet); 21 (sort own classification), 54 fuzzy 1, (r211), 62 Ordina (r541, 3, r211).

³⁵ (MULVA: 21 (7, y); 22 (6, r211); 22 (1; r211); (red001-red00x), 11 (open centda); 31 (y; prinda drucken), 11 (open red001), 31 (Matrix N), etc. Anschließend Eingabe der Werte in Excel 6.0 und graphische Darstellung.

Hauptkomponentenanalyse berechnet. In den Darstellungen werden die zeitlichen Veränderungen dem Zeitcentroid N_{32} zugeordnet. Die flächenbezogene Ähnlichkeit wird für die Zentroiden aller Parallelfächen eines Jahres relativ zu allen anderen Zentroiden dargestellt.

Eine tatsächliche zeitliche Entwicklung liegt vor, wenn die flächenbezogene Ähnlichkeit der untersuchten Flächen größer ist als die zeitliche, wenn die Flächen also sehr homogen sind (sich also alle in derselben Weise entwickeln und gleichzeitig dem Ausgangszustand immer weniger ähneln. Damit muß die Variabilität des Flächenzentrums des jeweiligen Jahres größer sein als die Variabilität des Zeitzentrums. Gemäß WILDI (1990:2f.) weisen Flächen mit Ähnlichkeiten zwischen Anfangs- und Endzustand von $> 60\%$ keinen Trend auf. Zwischen 40% und 60% sind Trends fraglich, aber bei $< 40\%$ hat sich die Vegetation mit großer Wahrscheinlichkeit irreversibel verändert. Aufnahmen, die zu derselben Vegetationseinheit gehören, haben normalerweise Ähnlichkeiten zwischen 50% und 100% . Vegetation gilt als stabil, wenn die Änderung $< 20\%$ beträgt. (vgl. GIGON 1983:100, WILDI 1990:2f., SCHÜTZ 1997).

Interpretation der Ähnlichkeits -Diagramme:

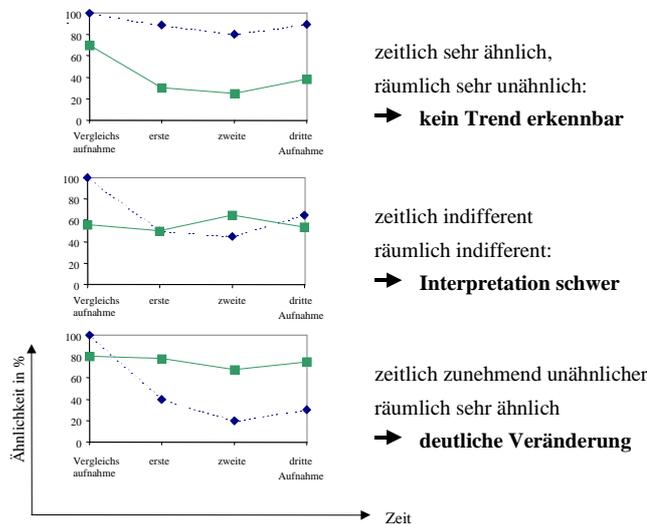


Abbildung 14: Interpretation der Grafiken mit der Darstellung der Zugehörigkeitsdiagramme

3.7 Populationsbiologische Untersuchungen

Die statistische Analyse der Vegetationsaufnahmen reicht allein nicht, um die Ursachen für die Dynamik in den Flächen zu erfassen. Populationsbiologische Messungen an ausgewählten Arten können Informationen über deren spezifische Reaktionen auf veränderte Umwelteinflüsse liefern. Die Reaktion ganzer Ökosysteme auf Veränderungen ist vor allem das Resultat der Reaktionen einzelner Arten. Daher orientiert sich die Populationsbiologie an Einzelindividuen, statt die Dynamik „allgemeiner Natur“ zu beobachten. Besonderes Augenmerk wird dabei auf das Wachstum, die Reproduktion und die Mortalität von Einzelindividuen gelegt. Populationsbiologie untersucht u. a., welche Faktoren für das Verschwinden von Arten verantwortlich sind. Die Lebenszyklen werden als Funktion der biotischen und abiotischen Umwelteinflüsse und stochastischer Prozesse interpretiert. In einer Pflanzengemeinschaft gibt es unterschiedliche Ebenen, die einer populationsbiologischen Untersuchung unterzogen werden können. Vitalitätsmerkmale einzelner Zeigerarten (Wuchshöhe, Anzahl blühender Sprosse, Blattlängen) sind als Indikator für Monitoring geeignet, wenn die Beziehungen zu den Einflußgrößen eindeutig sind (PFADENHAUER 1997:283). Für die

populationsbiologische Analyse kommen unterschiedliche Ansätze verschiedener Hierarchiestufen in Frage (s. Tabelle 20). Der letzte Parameter (fettgedruckt) wurde ausgewählt.

Tabelle 20: Übersicht über die Hierarchiestufen der populationsbiologischen Untersuchungen.

Organisationsstufe	beobachtete Parameter
Pflanzengemeinschaft	Liste vorkommender Bausteine
	- Arten
	Lebensformen
	- Wuchsformen
Population	- Blühtypen
	Menge vorkommender Bausteine
	- Struktur (vertikal/horizontal)
	- Farbspektrum
Individuum	Konkurrenzkraft
	Besiedlungspotential
	Keimverhalten
	Saataufgang, Etablierung
	Entwicklung, Ausbreitung
	Anzahl Halme/Rosetten
	Blütenproduktion
	Samenproduktion
Samenmasse	
	Blattzahl und Blattlänge (und -breite)

nach SCHÜTZ et al. 1993:2, verändert

3.7.1 Auswahl der Kräuter

Die Veränderungen in der Borstgraswiese sollen anhand weniger auszuwählender Arten untersucht werden. Der Versuch erforderte, daß die Arten in allen Aufnahmen (1994), d. h. von Beginn an hochstet (Stetigkeit V) waren, daß sie auch in LÜDIS Aufnahmen hochstet vorkamen und das Nardetum repräsentieren (Art des Nardetums). Ferner wurde gewünscht: unterschiedliches Verhalten bei den verschiedenen Nutzungsformen (Verhalten bei Düngung u. a. Manipulationen grundsätzlich bekannt). Die Art soll als Einzelindividuum gut erkennbar (kein Polykormon) und als Einzelindividuum gut markierbar (klare Wuchsform) sein. Es wurden sechs Arten gewählt, die diese Bedingungen erfüllten (s. Tabelle 21).

Tabelle 21: Datengewinnung der populationsbiologischen Ergebnisse

Art	Populationsbiol. Parameter	Nährstoffanalyse	Biomasse³⁶
<i>Leontodon helveticus</i> , <i>Gentiana purpurea</i>	Blattlänge, -zahl		x
<i>Arnica montana</i> , <i>Geum montanum</i> , <i>Campanula barbata</i>	Blattlänge, -zahl	x	x

Tabelle 22 zeigt einen Vergleich der in den Vegetationstabellen gefundenen Reaktionen der ausgewählten Arten mit Angaben aus der Literatur.

Tabelle 22: Die für die populationsbiologischen Untersuchungen ausgewählten Arten

Art	Literaturangaben*	Ergebnisse aus Vegetationstabellen
<i>Arnica montana</i> (Am)	Negative Reaktion auf alle Dünger	0: bei Mahd +, bei Weide -
	Förderung durch Schneiden	Ca: +/-, bei Mahd +
	Etablierung auf ungedüngten Ansaatflächen*	NPK und Weide: + (Rest weggefressen?)
	Basenreiche, kalkarme Standorte, Säurezeiger	NPKCa: -/ stet: - (weg)
<i>Leontodon helveticus</i> (Lh)	Unkraut	Fraß: +/-
	Positive Reaktion auf Dünger	0: bei Weide: ++ (freigefressen?)
	nährstoff- und basenarme, kalkfreie saure Böden	Ca: +/-

³⁶ Das Gewicht der populationsbiologisch untersuchten Arten gilt für den Zustand der letzten Messung (Einzelerte anschließend).

<i>Gentiana purpurea</i> (Gp)	Rohbodenpionier gute Futterpflanze Säurezeiger angesät und aufgelaufen negative Reaktion auf alle Dünger Förderung durch Schneiden basenreiche, kalkarme (o. entkalkte) Standorte Unkraut	NPK: + bei Weide - NPKCa: bei Weide +, stet: - (bei Mahd/Weide) allg. um 1997: + (Immissionen?) 0: +/-, erst 97 8 % (vorher 2-3 %) Ca: -, bei Weide: +stet bei Weide: + NPK: -, bei Weide: + (Rest gefressen?) NPKCa: -, bei Weide: + allg. Mahd: -
<i>Geum montanum</i> (Gm)	Säurezeiger, bei Ca reduziert angesät und aufgelaufen positive Reaktion auf P indifferente Reaktion auf andere Dünger Förderung durch Schneiden +/- basenfreie Standorte, Säurezeiger Unkraut	0: (keine Reaktion) Ca: und Weide - (Fraß) NPK: und Weide: + NPKCa: und Mahd: -stet - bei Mahd
<i>Campanula barbata</i> (Cb)	positive Reaktion auf P negative Reaktion auf Ca Förderung durch Schneiden basenreiche, kalkarme Standorte, Säurezeiger schlechte Futterpflanze	0: bei Mahd + (langsam) Ca: und Weide: - NPK: leicht +, unabh. v. Nutzg, aber dauerhaft NPKCa: und Weide: +, stet: - allg. bei Mahd: +

Angaben aus DÄHLER (1993), HEGG (div.), LÜDI (div.)

Alle Arten sind gemäß OBERDORFER (1990 in ELLENBERG et al. 1992) Charakterarten des Nardion (Nardetalia, s. 10.3). Die Lichtzahlen streuen zwischen 7 (Halblichtpflanze mit Schatten bis zu 30 % RB), 8 (Lichtpflanze, nur ausnahmsweise < 40 % RB) und 9 (Vollichtpflanze). Die Temperaturzahlen liegen zwischen 2 (kalt/kühl, *Geum montanum*) und 4 (kühl/mäßigwarm, montane Arten, *Arnica montana*). Die Kontinentalitätszahlen weisen auf einen subozeanischen Standort hin. Bei den Arten handelt es sich gemäß der Feuchtezahl durchweg um Frischezeiger. Die Reaktionszahl deutet auf stark saure Standorte hin. *Campanula barbata* wächst beispielsweise bevorzugt auf stark sauren Standorten, während *Gentiana purpurea* und *Arnica montana* auch ausnahmsweise auf schwach sauren Böden zu finden sein können. Die Stickstoffzahl zeigt sehr arme Standorte an (s. Abbildung 15, zur Form der Darstellung vgl. 6.2.1).

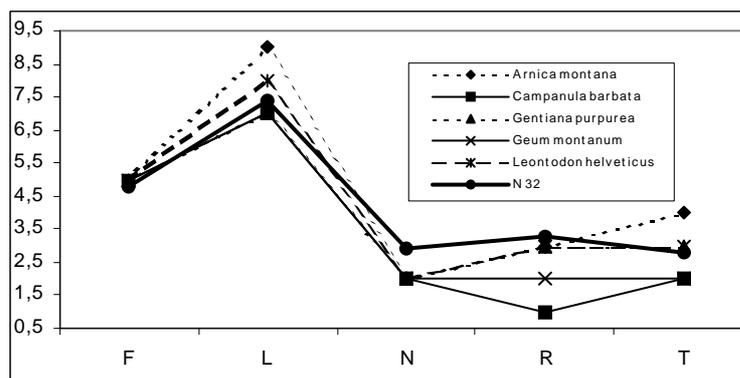


Abbildung 15: Die Zeigerwerte nach ELLENBERG der für die populationsbiologischen Untersuchungen ausgewählten Arten im Vergleich zu N₃₂

Die Zeigerwerte der ausgewählten Arten streuen recht stark (R- und T-Werte) und liegen bis auf den etwas höheren L-Wert zum Teil deutlich (R- und N-Werte) unter denen des Standardnardetums (vgl. Tabelle 76 im Anhang) liegen. Dies deutet darauf hin, daß die gewählten Arten stark saure und nährstoffarme Standorte bevorzugen, während das Nardetum der Versuchsweide einen weniger sauren Standort mit etwas besserer Nährstoffversorgung besiedelt, als dem Optimum der gewählten Arten entspricht. Sie repräsentieren diejenigen Arten, die am ehesten von einer Standortsveränderung (Düngung, Nutzungswechsel) betroffen sind. Dem widerspricht nicht, daß von den 5 Arten zwei

bereits 1988 nach HAEUPLER (1988 in ELLENBERG et al. 1992) als gefährdet gelten (Gefährdungsstufe 3 = gefährdet, zur Darstellungsform der Diagramme vgl. 6.2.1).

3.7.2 Populationsbiologische Messungen

In jeder Fläche wurden (sofern vorhanden) zwei zu beobachtende Individuen ausgewählt. Eine Vorauswahl nach dem Zufallsprinzip (zwei willkürlich gesetzte Kreuze in eine Abbildung des Aufnahmequadrates) schlug fehl, weil oft zuwenig Individuen in der Fläche waren. Statt dessen wurde ein Bleistift so oft in die Fläche geworfen, bis er an einem Individuum der ausgewählten Arten liegen blieb. Zur Wiedererkennung wurden die Individuen doppelt markiert: Mit einem sehr dünnen Draht, der das Individuum fest umschloß, jedoch nur taktil wieder zu finden war, und einen weiteren Ring aus einem Pfeifenreiniger, der allerdings nicht dauerhaft am Platze blieb (Abschwemmung durch Regen etc.), aber das Finden sehr erleichterte (s. Abbildung 16).

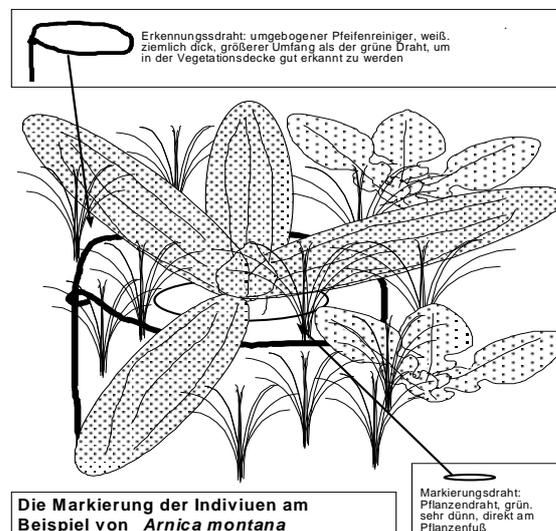


Abbildung 16: Die Markierung der Individuen in den Flächen

Blattlänge und Blattzahl wurden bei jedem Individuum jeweils mehrmals gemessen. Die Arten wurden im Laufe der beiden Vegetationsperioden 1995 und 1996 4 resp. 5 mal untersucht (s. Tabelle 23).

Tabelle 23 Jahre, in denen die für die populationsbiologischen Untersuchungen ausgewählten Arten ausgeführt wurden

Art	Messung 1995	Messung 1996
<i>Arnica montana</i>	X	X
<i>Geum montanum</i>	X	X
<i>Leontodon helveticus</i>	X	X
<i>Gentiana purpurea</i>		X
<i>Campanula barbata</i>		X

Ausmessung der Blattoorgane: Zum einen wurden die Blattlängen gemessen, indem bei *Arnica montana*, *Gentiana purpurea*, *Geum montanum*, *Leontodon helveticus* und *Campanula barbata* die Blattrosette gefaßt und zusammengezogen wurde. Dann wurde das längste Blatt der Rosette vom Beginn des (oberirdischen) Sprosses bis zur Spitze gemessen. Anschließend wurden die Blätter gezählt, die Angaben wurden für *Gentiana purpurea* und *Campanula barbata* nach Blättern der Grundrosette und Stengelblättern getrennt notiert. Das Gewicht der Einzelindividuen und der

einzelnen Blätter wurde nach dem Trocknen bestimmt. Für 1996 erfolgte außerdem die Bestimmung des Nährstoffgehaltes (P und N) ausgewählter Einzelindividuen. Die einzelnen Individuen der populationsbiologischen Messungen wurden nach ihrer Ernte getrocknet, gewogen und im Labor fotografiert. 1997 erfolgte die Analyse auf Blattgehalte der Elemente N und P.

3.8 Biomasse der Flächen und Einzelindividuen

Der innere Quadratmeter jeder Fläche wurde bis ca. 3 cm über der Bodenoberfläche gemäht, die Ernte gut gemischt und von jeder Probe drei Stichproben entnommen. Diese wurden feucht und nach 3 Tagen Trocknung bei 80°C gewogen. Die Gesamtprobe wurde ausschließlich feucht gewogen, das Trockengewicht wurde aus dem gemittelten Anteil der in den Stichproben gefundenen Trockensubstanz errechnet (vgl. DÄHLER 1993:12).

3.9 pH-Werte

Zwei Bodenproben für die pH-Werte wurden innerhalb der gedüngten Fläche, aber außerhalb des inneren Quadrates entnommen. Für die pH-Bestimmung wurden 5g Bodenproben unmittelbar unter der Humusschicht entnommen. Die beiden Proben wurden getrennt gemessen. Die Werte wurden für die ersten Auswertungen gemittelt (vgl. DÄHLER 1993:13).

3.10 Berechnung der Zeigerwerte (gewichtet und ungewichtet)

Zeigerwerte sind der Versuch einer Typisierung verallgemeinerten Erfahrungswissens in Form einer Ordinalskala der meisten Arten der mitteleuropäischen Flora. Die Abstände zwischen den Klassen müssen nicht gleich sein, daher sind arithmetische Mittelwertbildungen/Standardabweichung streng genommen nicht zulässig. Zeigerwerte geben die Lage des ökologischen Optimums einer Art „in vivo“ wider. Sie dienen als Hilfe bei der Standortsansprache (ELLENBERG et al. 1992:48).

Für die ungewichtete Analyse (Präsenz * Zeigerwert) wird die Summe der Zeigerwerte durch die Anzahl der Arten des Bestandes dividiert. Dies ist zu bevorzugen, wenn die Dominanz einer Art auf Standorteigenschaften beruht und nicht arteigenes Merkmal ist. Die Bewertung nach der Präsenz (qualitativer mittlerer Zeigerwert (mZ_{qual}) berechnet sich nach der Formel:

Gleichung 3: Qualitativer mittlerer Zeigerwert

$$mZ_{qual} = \Sigma Z / AZ$$

wobei: Z= Zeigerwert einer Art; AZ= Artenzahl

Bei der gewichteten Analyse (Deckung * Zeigerwert) werden die Deckungen mit einbezogen. Eine Berechnung der Streuung sollte grundsätzlich vermieden werden (PFADENHAUER 1997:265f.)³⁷. Die Gewichtung der quantitativen Zeigerwerte (mZ_{quan}) erfolgt bei prozentualer Deckungsschätzung nach der Formel:

Gleichung 4: Gewichtung der quantitativen Zeigerwerte

$$mZ_{quan} = \Sigma(Z \times D \%) / \Sigma D \%$$

wobei D %: Deckungswert in Prozent (DIERSCHKE 1994:233)

³⁷ Da Landolt es unterlassen hat, für Arten indifferenten Zeigerwertes keinen Zeigerwert zuzuordnen und statt dessen einen mittleren Zeigerwert angibt, wurde für diese Arbeit die Zeigerwerte nach ELLENBERG verwendet, obwohl diese für ein größeres Gebiet (Deutschland) gelten als die Landoltzahlen (Schweiz).

Die Analyse der Zeigerwerte ist an bestimmte, dem System inhärente Randbedingungen geknüpft, die in der Diskussion erläutert werden (vgl. BÖCKER et al. 1983:53, LANDOLT 1977:5).

3.11 Nährstoffanalysen

Nährstoffkonzentrationen allein zeigen nur geringe Zusammenhänge zwischen Nährstoffversorgung und -gehalt in den Blättern. Nährstoffgehalte in den Pflanzen spiegeln Nährstoffversorgung und relative Verdünnung durch Wachstum wider, auch wenn absolut eine Zunahme besteht. Blattanalysen sind besonders sinnvoll, wenn sich die Verhältnisse ändern, denn die Nährstoffaufnahme (gemessen am Nährstoffgehalt der Blätter) korrespondiert mit dem Streß, den das Fehlen des Nährstoffes auf die Primärproduktion hatte. Auf Artebene bestehen signifikante Unterschiede hinsichtlich des Ausmaßes und des Typs der limitierenden Nährstoffe. Zur Bestimmung des Effektes von Düngung lassen sich drei Ansätze unterscheiden: Grenzwerte³⁸, die jeweils für bestimmte Organe und Wachstumsstadien gelten, optimale Verhältnisse und Vektoranalyse. Die hier verwendete Vektoranalyse braucht keine festgelegten Standards, da sie die Verhältnisse unterschiedlicher Pflanzen untereinander vergleicht. Richtung und Ausmaß der Änderungen lassen sich durch einen einzigen Pfeil darstellen. Sie ist präzise und stimmt eng mit Wachstumsantworten überein (vgl. BAHN et al. 1994:28, ZOPFI 1993:15f., STEBLER UND SCHOETER 1887:95, SHAVER und CHAPIN III 1980:663, CHAPIN III et al. 1986a:168, OREN und SCHULZE 1989:428, BOWMAN 1994:261f, TIMMER und ARMSTRONG 1987:1082ff., TIMMER und STONE 1978:125ff.).

In der Landwirtschaft werden Konzentrationen von 3-5 % N resp. 0,4-0,3 % P als ausreichend erachtet, für „Mangelpflanzen“ gelten <2 % N resp. 0,2-0,1 % P. Toxizität wird bei Nutzpflanzen ab 6% N resp. 1% P beobachtet (TEUFEL et al. 1994:112, MENGEL 1991:331, FINCK 1991:158)³⁹.

Um Hinweise auf den Stoffwechsel einzelner Arten und Gründe für deren Reaktion auf die Düngungen zu erhalten, wurden Blätter der folgenden Individuen auf N- und P-Gehalt analysiert (s. Tabelle 24).

Tabelle 24: Nährstoffanalyse von populationsbiologisch untersuchten Individuen

Düngungen/Arten	Am ₉₆	Gm ₉₆	Cb ₉₆	Lh ₉₆	aus den Flächen
0	3	4	3	3	416, 452 ^{Lh} , 461 ^{Am} , 473 ^{Cb}
Ca	4	4	4	3	401, 423, 435 ^{Lh} , 472
N	4	4	2	2	402 ^{Lh} , 425, 434 ^{Cb,Lh} , 443 ^{Cb}
NK	3	4	3	3	406 ^{Lh} , 422 ^{Am} , 445, 453 ^{Cb}
NPK	4	4	2	4	421, 432, 471 ^{Cb} , 441 ^{Cb}
NPKCa	4	4	3	4	407, 413, 436 ^{Cb} , 444
PK	4	4	4	4	404, 437, 433, 446

hochgestellt: kein Exemplar dieser Art aus der entsprechenden Fläche

Die Analyse der Nährstoffe in den Blättern konnte aus finanziellen Gründen nicht für alle gesammelten Arten und Jahre erfolgen. Analysiert werden sollten: alle Dünger, aber dann nicht alle Arten, nur 4 statt 5 Parallelen, sowie nur Daten eines Jahres (1996).

Die chemische Analyse erfolgte für die Elemente N und P. Die Proben werden mit Salicylsäure zu einem Nitratkomplex verbunden und mit Hydrogenperoxid versetzt. Nach Dekomposition des überschüssigen Hydrogenperoxyd wird die Probe mit konzentrierter Schwefelsäure bei erhöhter

³⁸ Symptom-Grenzwert, Ertrags-Grenzwert, Grenzbereich zwischen optimaler und Luxusversorgung, sowie Toxizitätsgrenzwerte (FINCK 1989:189)

³⁹ Lüdi bestimmte die Nährstoffgehalte auch für K und Ca im gesamten Aufwuchs im Jahre 1945 (Tabelle 99). Diese Werte werden bei Bedarf zum Vergleich herangezogen. K-Mangel liegt in der Landwirtschaft bei ca. 1,1 % vor, Toxizität wird ab >6 % beobachtet, für Ca gilt: Mangel bei >1,2 %, keine

Temperatur und Selenium als Katalysator aufgeschlossen. Die Analyse für N (Ammoniak) erfolgte nach der modifizierten Berthelot-Reaktion, bei der Ammoniak zu Monochloramin chloriert wird, das mit Salicylat zu 5-Aminosalicylat reagiert. Nach Oxidation wird die Absorption des gewonnenen grünlichen Komplexes bei 660 nm photometrisch gemessen. Meßgenauigkeit: 6-300 mg/g N. Die automatisierte Prozedur für die Bestimmung von Phosphat beruht auf der Katalysierung von Ammonium Molybdat durch Kalium-Antimonium-Tartrat, das in saurem Medium mit verdünnter Lösung des Phosphates einen Phosphomolibdischen Säurekomplex bildet. Dieser Komplex wird durch eine Ascorbinsäure zu einem tiefblauen Komplex reduziert und bei 880 nm photometrisch gemessen. Meßgenauigkeit: 0.8-40 mg/g Phosphat (nach NOVOZAMSKY et al. 1983:239ff.).

Pflanzenanalyse orientiert besser über das P- und N-Angebot als Bodenanalysen. In der größten Wachstumszeit nehmen Konzentration, Blatttrockengewicht und -fläche der Blätter mit steigender Meereshöhe zu, der totale Gehalt in der ganzen Pflanze jedoch nicht. Besonders nährstoffarme Standorte induzieren bei alpinen Arten Anpassungen: Kleinere Biomasse und höhere Nährstoffgehalte führen zu hoher metabolischer Effizienz (vgl. 6.4.5, vgl. EGLOFF 1987:477, CHAPIN III et al. 1986b:50, CHAPIN III et al. 1986a:168, OLFF und PEGTEL 1994:2, CHAMBERS et al. 1987:230, FINCK 1982:46f., HAUNOLD und GLUDOVATZ 1977:57f.). Der Nährstoffgehalt von Pflanzen kann in mehrere Versorgungsbereiche eingeteilt werden (vgl. FINCK 1982:46, FINCK 1989:189). Tabelle 25 und Tabelle 26 stellen die Begriffe vor.

Tabelle 25: Begriffsdefinitionen zur Nährstoffaufnahme

Diagnose und Reaktion	Erklärung	Quelle
Verdünnung (A)	Gewicht nimmt zu, Konzentration nimmt ab.	OREN und SCHULZE 1989:427
Optimale Versorgung (B)	Gewicht nimmt zu, Funktion vorher aber nicht beeinträchtigt.	OREN und SCHULZE 1989:427
Akuter Mangel (C)	Düngung steigert Produktion und Konzentrationen, wobei ein anderer Nährstoff das Wachstum mehr stimuliert ohne Konzentration dieses Nährstoffes zu beeinflussen. Wenn die Konzentration nicht steigt, ist der Nährstoff möglicherweise so stark limitierend, daß alles gebraucht wird. Limitierung war und ist evtl. noch vorhanden	CHAPIN III et al. 1975:220, BOWMAN 1994:269, OREN und SCHULZE 1989:427
Latenter Mangel	führt zu verringerter Aufnahme anderer Elemente. Geringere Aufnahme bei gleichzeitiger Zunahme der Konzentration zeigt einen typischen Verdünnungs/Anhäufungseffekt. Geringes Nährstoffangebot → geringe Konzentrationen. Konsistent, wenn alle Gehalte außer x deutlich erhöht.	CHAPIN III et al. 1986b:54, FINCK 1982:46f.
Luxusversorgung (D)	Luxusaufnahme fängt Nährstoffpulse limitierender Nährstoffe auf. Keine Mangel- oder Überschusssymptome, aber unnötig starke Aufnahme von Nährstoffen, gutes Wachstum Zunahme der Konzentration ohne signifikante Wachstumsantwort.	FINCKH 1960:46, TIMMER und ARMSTRONG 1987:1084, OREN und SCHULZE 1989:427
Giftigkeit (E)	Gehalt knapp unterhalb des kritischen Levels, andere Nährstoffe übersteigen den Schwellenwert nicht: Übergang von Luxusaufnahme zur Giftigkeit (latente G., Verringerter Wachstum) gegenüber akuter G. (Schadsymptome). Unterscheidung ist schwierig, da keine genauen Übergangspunkte bekannt.	TIMMER und ARMSTRONG 1987:1084, FINCK 1982:46f.
Akute Giftigkeit (F)	Schadsymptome durch starke Überschüsse, tw. Hemmung durch Antagonismus	FINCK 1982:46f.
Wachstum	wird bisweilen an die Aufnahme des limitierenden Nährstoffes angepaßt, tw. Abnahme. Streß ist dann nicht	OREN und SCHULZE 1989:426

Vergiftungserscheinungen (FINCK 1991:158).

Exzeß-Aufnahme (F)	mehr direkt sichtbar Gehalt nimmt ab. Wachstum geht soweit zurück, daß zunächst ausreichend vorhandene Nährstoffe stark konzentriert werden	OREN und SCHULZE 1989:427f.
Antagonismus (F)	Aufnahme des Nährstoffes wird durch exzessive Aufnahme eines Antagonisten gebremst.	

Die Pflanzen reagieren durch Unterschiede in Wachstum, Konzentration und Gehalt. Nach TIMMER und ARMSTRONG 1987:1084, erweitert

An den relativen Veränderungen von Nährstoffgehalt, -konzentration und Blattgewicht der Pflanzen gedüngter Standorte im Verhältnis zu denen ungedüngter Flächen läßt sich auf den vorausgegangenen Nährstoffstatus schließen. Die Wachstumsantwort verläuft bei Düngung in einer Sättigungskurve (Ansteigen bei Mangel, keine Änderung bei Luxusaufnahme bis zu einem Abfall bei Vergiftungserscheinungen). In den meisten Fällen nimmt dabei die Nährstoffkonzentration zu. Der Gehalt ändert sich in Abhängigkeit von Gewicht und Konzentration. Die Diagnose der Reaktionen auf den veränderten Nährstoffstatus erfolgte nach TIMMER und ARMSTRONG (1987). Die Interpretation der Reaktion der Arten wurde in Anlehnung an die dort vorgestellte Codierung vorgenommen (s. Abbildung 17 und Tabelle 25). Die Abbildung zeigt die Entwicklung von Blattnährstoffgehalt- (Abszisse) und konzentration (Ordinate). Die Länge der Pfeile wird nur durch Konzentration und Gehalt bestimmt. Die Linien im Hintergrund kennzeichnen die Blattgewichte. Wird eine solche Linie gekreuzt, ändert sich das Gewicht (vgl. TIMMER and MORROW 1984:340f.). Diese Linien dienen als Anhaltspunkt und werden in den Ergebnisgraphiken nicht dargestellt. Zur Verdeutlichung wird dort die Entwicklung durch eine Abkürzung ergänzt. In der Reihenfolge Gewicht, Gehalt, Konzentration kennzeichnet „-“, Abnahme und „+“ Zunahme. 0 bedeutet indifferentes Verhalten.

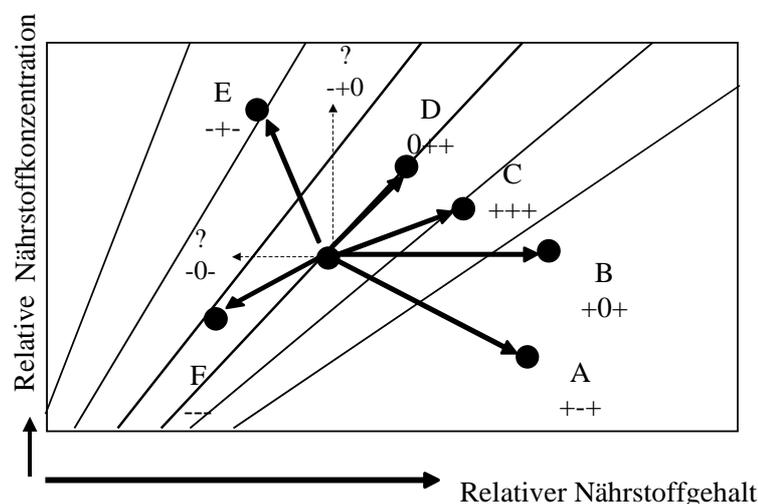


Abbildung 17: Interpretation der Unterschiede in Nährstoffkonzentration, Nährstoffgehalt und Trockengewicht zwischen Pflanzen unterschiedlichen Nährstoffstatus'

nach Timmer und Armstrong 1987

Aus den vorgestellten Veränderungen können die Diagnosen Tabelle 26 entnommen werden.

- Keine Gewichtszunahme bei Luxus- und Exzessaufnahme. Abnahme bei toxischer Exzessaufnahme. Gewichtszunahme bei Limitierung und Verdünnung.
- Unveränderte Konzentration bei Exzeßaufnahme eines Antagonisten und ausreichende Versorgung. Abnahme bei Verdünnung, Zunahme bei Limitierung.

- Keine Veränderungen im Nährstoffgehalt bei Limitierung und toxischer Exzeßaufnahme, Abnahme bei Exzeßaufnahme (toxisch und antagonistisch), Zunahme bei Verdünnung, Limitierung und Luxusaufnahme.

Tabelle 26: Codierung der Reaktionen der Pflanzen auf unterschiedlichen Nährstoffhaushalt. Darstellungsweise der Ergebnisse.

Änderung	Interpretation	Mögliche Diagnose	Relative Biomasse	Änderungen in der Nährstoffkonzentration	Änderungen im Nährstoffgehalt
A	Verdünnung durch zusätzliches Wachstum	Untersucher Nährstoff ist nicht der hauptlimitierende	+	-	+
B	optimale Versorgung	Nichtlimitierend. Nährstofftransport parallel zu Blattwachstum	+	0	+
C	Akuter Mangel	Vorheriger Level war limitierend	+	+	+
D	Luxusversorgung	Nichtgiftig, möglicherweise Vorrat	0	+	+
E	Exzeß-Aufnahme	Giftig	-	++	+-
F	Exzeß-Aufnahme	Antagonismus	-	-	-
?	?	Steenbjerg-Effekt ⁴⁰	+	-	-

nach TIMMER und ARMSTRONG 1987:1083, TIMMER und STONE 1978:125ff., erweitert
 Nach dem Kürzel für die Düngung steht die Abkürzung für die Interpretation, darunter die relative Änderung des Pflanzengewichtes, der Nährstoffkonzentration und des -gehaltes (0 = keine Änderung, + = Zunahme (++ = starke Zunahme), - = Abnahme).

3.12 Statistische Auswertung

Die Änderungen der Blattlängen und -anzahlen, sowie der Nährstoffgehalte und -konzentrationen und Blattgewichte, wurden auf signifikante Änderungen geprüft. Ferner wurden Biomasse, pH-Werte, Zeigerwerte und N/P-Verhältnisse (Konzentration) der neuen Daten getestet. Für die Varianzanalyse (ANOVA) wurden jeweils die Daten des Individuums No. 1 (vgl. 3.7.2) ausgewählt (für jede der sechs Parallelfächen wurden maximal 2 Individuen je Behandlung gemessen. Es wurden die Länge des längsten Blattes und die Blattzahl der Rosette, sowie die mittlere Biomasse *beider* geernteten Individuen einer Versuchsfläche je Art getestet (Daten in 10.11 und 10.12). Auch für die Blattanalysen wurden für jede der 4 Arten Mischproben *beider* Individuen von 4 zufällig ausgewählten Parallelfächen ausgewählt. Die Darstellung der Signifikanzniveaus erfolgte wie allgemein üblich mit Sternchen in vier Klassen (s. Tabelle 27, vgl. KÖHLER et al. 1996:84ff.).

Tabelle 27: Darstellung der Signifikanzniveaus

Irrtumswahrscheinlichkeit α -Risiko	Code
> 5 %	ns
5 %	*

⁴⁰ Verbesserung des Wachstums bei abnehmender Konzentration. Entspricht einem sehr starken Verdünnungseffekt (FINCK 1982:46, STEENBERG 1954:226ff.)

1 %		**
0,1 %		***

Der Mittelwertvergleich erfolgte auf dem 5 %-Niveau nach a posteriori Mittelwerttest nach Tukey's honestly significance difference (HSD).

Die statistische Auswertung war nur für die Daten der neuen Flächen möglich (vgl. 6.3.1).

3.13 Software

Bei der Auswertung wurden folgende Computerprogramme verwendet: Excel (Datenbank, Berechnungen und Grafiken), MULVA-5 (MULti-VARiate Statistik, nach WILDI 1995, WILDI und ORLOCI 1996⁴¹; Ähnlichkeitsberechnungen, Zugehörigkeitsdiagramme, Fuzzy-Set-Ordinationen), SPSS (Statistik), PowerPoint (Darstellung der Übersichten) und Word (Textverarbeitung).

⁴¹ <http://www.wsl.ch/land/products/mulva/>

4 Ergebnisse

4.1 Übersicht über den zeitlichen Ablauf der Versuche LÜDIS

Um eine wiederholte Suche in den Übersichten zu vermeiden, wird in Tabelle 28 der Beginn der Untersuchungen, Düngungen und „Nutzungen“ in den besprochenen Flächen zusammengefaßt.

Tabelle 28: Überblick über Einzäunung und Beginn der Manipulationen der untersuchten Flächen

Behandlung	Einzäunung	1. Düngung	1. „Nutzung“	beweidet von-bis
Null	1933	(1935, NPKCa-Flächen oberh.)	1935	1968-1981
NPK	1931	1931	1932	1968-1981
Ca	1931	1932	1935	1968-1981
NPKCa	1931	1931	1932	1968-1981
Neue		1994-1996	1994-1996	

4.2 Unterschiede zwischen N₃₂ und F₂₈

Um die analysierten Daten mit den definierten Gesellschaften zu vergleichen, werden diese im folgenden kurz anhand der ausgewählten Parameter verglichen: Die Evenness (E) liegt im Nardetum etwas tiefer, die Artenzahl (AZ) ist in beiden Gesellschaften etwa gleich (s. Abbildung 18).

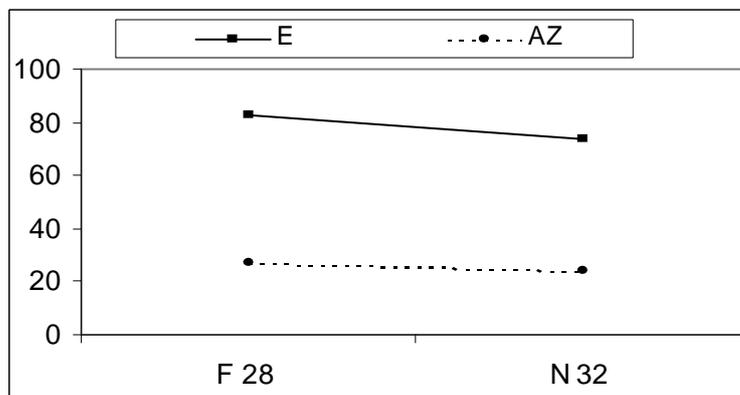


Abbildung 18: Unterschiede in Evenness und Artenzahl zwischen N₃₂ und F₂₈

Die Deckungsverhältnisse sind deutlich unterschiedlich. Ein Vergleich der Deckungsverhältnisse zwischen Standardnardetum und -festucetum zeigt, daß ersteres logischerweise über eine größere Deckung (um 70 %) von Nardetumarten verfügt, während bei letzterem die Festucetumarten (65 %) bei weitem überwiegen. Das Verhältnis zwischen Gräsern und Kräutern ist bei den N-, F- und Begleitern Artengruppen ausgewogen. Erwartungsgemäß überwiegt im Nardetum die Gruppe der Nardetumgräser und -kräuter. Im Festucetum ist es umgekehrt (s. Abbildung 19).

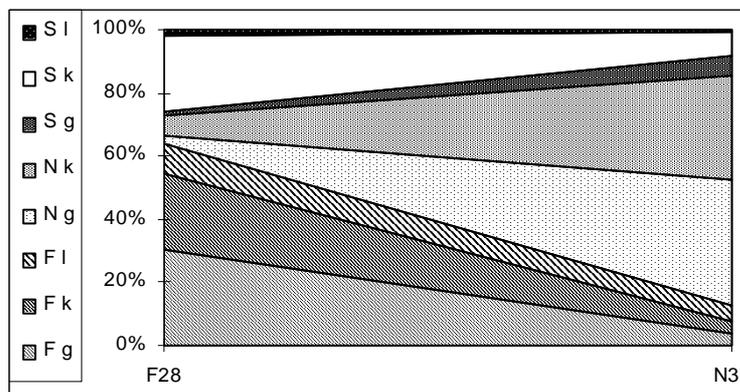


Abbildung 19: Deckungsverhältnisse der soziologischen Artengruppen zwischen N₃₂ und F₂₈

Im Diagramm der Artenzahlen ist erkennbar, daß die Gräser in beiden Gesellschaften weniger zahlreich sind als die Kräuter (s. Abbildung 20).

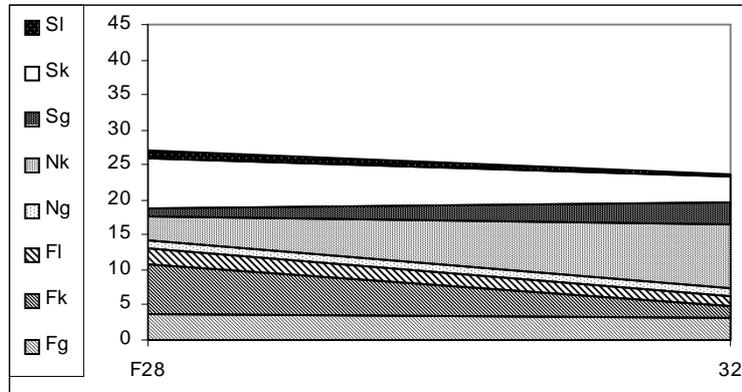


Abbildung 20: Unterschiede in den Artenzahlen der soziologischen Artengruppen zwischen N₃₂ und F₂₈

Das Festucetum zeigt eine deutlich größere Deckung der guten Futterpflanzen (s. Abbildung 21), wobei besonders die Arten der Gruppen GF und SN durch hohe Deckungsgrade zum Gesamtbild beitragen.

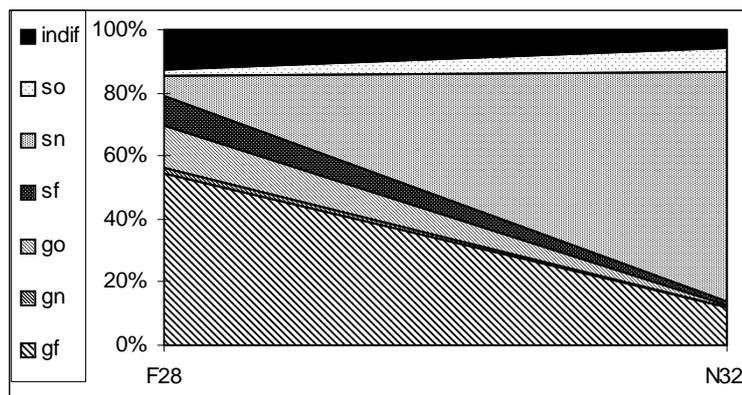


Abbildung 21: Unterschiede in den Deckungsverhältnissen der Futterpflanzen zwischen N₃₂ und F₂₈

Die Artenzahlenverhältnisse sind dagegen weniger verschieden (s. Abbildung 22).

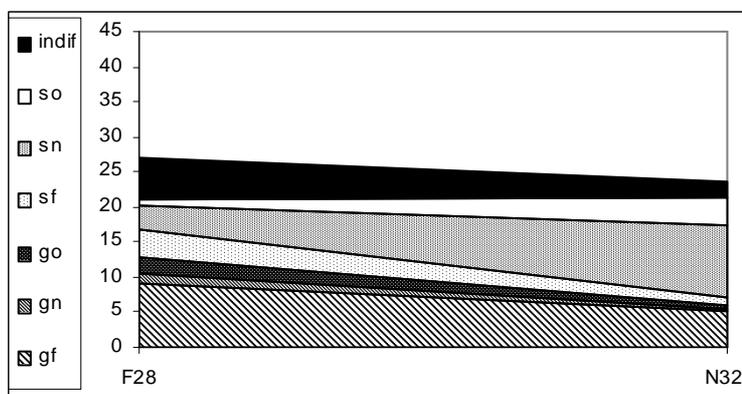


Abbildung 22: Unterschiede in den Artenzahlen Futterpflanzen zwischen N₃₂ und F₂₈

Da sich die mittleren Zeigerwerte vom Nardetum (N_{32}) und Festucetum (F_{28}) im Gebiet der Schynigen Platte vor allem hinsichtlich der R- und N-Werte unterscheiden (s. Abbildung 23), sollten sich durch Düngung induzierte Veränderungen der Vegetation in den ökologischen Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992) niederschlagen.

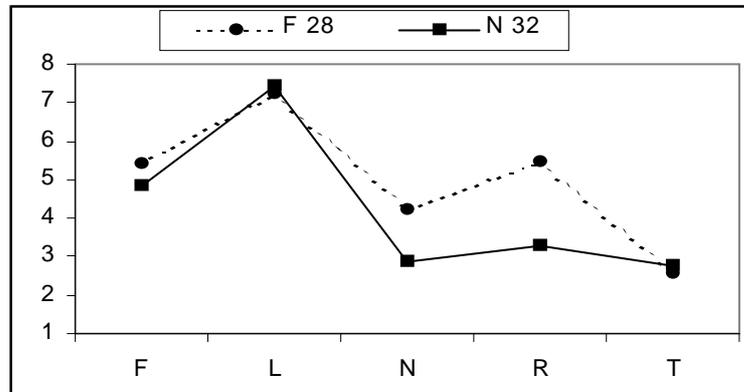


Abbildung 23: Mittlere Zeigerwerte der Standardgesellschaften Nardetum (N_{32}) und Festucetum (F_{28})

4.3 Zur Darstellungsweise

Wie bereits vorgestellt, erfolgt die Darstellung der Ergebnisse in drei Teilen: Erstellung der Eichkurven aus den alten Flächen, also aus den alten Daten; Darstellung der Kurzzeitentwicklungen in den neuen Flächen und (a)chronologische Zusammensetzung der beiden Datensätze zum Sichtbarmachen des *möglichen* Ablaufes der stattgefundenen Entwicklung. Um die Ergebnisse untereinander vergleichen zu können, wurden die Vegetationstabellen, sowie die Darstellungen von Evenness, Artenzahl, Zeigerwerten und Deckungsgruppen jeweils mit dem Standardnardetum und dem Standardfestucetum zusammengestellt. Sie wurden nach Behandlungen in folgender Reihenfolge aufgeführt: Null, (N, NK, PK), NPK, Ca und NPKCa. Zunächst für die alten, dann für die neuen und zum Schluß für die zusammengesetzten Daten.

→ Die Darstellung der Daten konnte aus mehreren Gründen nicht auf einer unverzerrten Zeitachse erfolgen. Zu den Gründen vgl. 6.2.1. Die verschiedenen Graphiken stehen im Text untereinander und lassen sich direkt vergleichen.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt für die drei Teile jeweils in folgender Reihenfolge (s. auch Tabelle 29):

- Fuzzy-Ordination (gewichtet und z. T. ungewichtet), um die Entwicklung der Flächen zwischen dem Nardetum und dem Festucetum hinsichtlich der gesamten Vegetation resp. der Artenzusammensetzung zu zeigen.
- Zugehörigkeitsdiagramm mit Evenness (E) und Artenzahl (AZ). Nicht für die neuen PK-, NK- und N-Flächen.
- Darstellung der Deckungsverhältnisse einzelner Artengruppen (Nardetumkräuter (NK), Nardetumgräser (NG), Festucetumkräuter (FK), Festucetumgräser (FG), Sonstige Gräser (SG) und Kräuter (SK), wobei die Arten des Festucetums schraffiert, die des Nardetums gepunktet, und die Sonstigen ungemustert dargestellt werden.
- Die Daten in Teil 3 werden außerdem durch Graphiken repräsentiert, die die Deckungsverhältnisse (z. T. auch die Artenzahlen) der guten resp. schlechten Futterpflanzen zeigen.
- Entwicklung der Artenzahlen und der Stetigkeiten im Laufe der Zeit
- N- und R-Zeigerwerte

Tabelle 29: Übersicht über die im Anhang aufgeführten und im Text besprochenen Daten

Parameter	Teil 1	Teil 2	Teil 3
Analyse der Vegetationsaufnahmen			
Vegetationstabellen (Anhang)	X ⁴²		X
➤ Zugehörigkeitsdiagramme	X	X	X
➤ Fuzzy-Set-Ordinationen	X	X	X
➤ Evenness	X	X	X
➤ Artenzahlen	X	X	X
Deckung soziologische Artengruppen			X
Artenzahlen soziologische Artengruppen			X
Deckung Futterwert			X
Artenzahl Futterwert			X
Artenzahl Kernarten			X
Zeigerwerte	X	X	
pH-Werte	X		
Biomasse	X		
Biomasse Einzelindividuen	X		
Blattanalyse Einzelindividuen	X		
Populationsbiologische Untersuchungen	X		

4.4 Gliederung der Vegetationstabelle

Die Vegetationstabellen mit Mittelwert- und Stetigkeit, sowie den Histogrammen befinden sich mit der ungekürzten Gesamttabelle im Anhang.

Gliederung der Spalten (Aufnahmen)

Die Aufnahmen der alten Daten werden für die einzelnen Behandlungen chronologisch in der Reihenfolge Null, NPK, Ca und NPKCa aufgeführt. Die Aufnahmen der neuen Flächen sind entsprechend der Fragestellung achronologisch eingefügt worden, diejenigen der N, NK und PK-Flächen werden getrennt dargestellt. Es ist zu beachten, daß die ersten Aufnahmen oft von Flächen stammen, die in demselben Jahr gedüngt wurden (NPKCa₃₁; N'Ca₃₂) während bei der ersten NPK-Aufnahme die erste Düngung bereits 5 Jahre zurückliegt.

Gliederung der Zeilen (Arten)

Die charakterisierenden und differenzierenden Arten wurden in soziologische Gruppen eingeteilt (s. Tabelle 30). Zunächst kommen nur im Standardfestucetum F₂₈ gefundene Arten (Ch F), anschließend Arten, die in der Versuchsweide und in F₂₈ resp. N₃₂ gefunden wurden (D VW F und D VW N). Darunter stehen die Arten, die im N₃₂ häufig, in F₂₈ und Versuchsweide jedoch seltener vorkamen (häufig in N (F, VW)) resp. häufig in N₃₂ und F₂₈, jedoch seltener in der Versuchsweide (häufig in F, N (VW)). Dem folgt die Artengruppe der nur in der Versuchsweide gefundenen Arten (D VW). Im unteren Teil der Tabelle sind Arten gruppiert, die bei der entsprechenden Behandlung zu- resp. abnehmen (D Nullflächen, D NPK-Flächen, D Ca-Flächen; Ch NPKCa-Flächen) und vereinzelt vorkommende Arten (sonstige).

⁴² getrennt für die Behandlungen N, NK und PK

Tabelle 30: Die in der Vegetationstabelle gefundenen soziologischen Artengruppen (incl. Gattungsbezeichnungen aus der Datenbank)

Ch F	<i>Ranunculus aconitifolius</i> , <i>Trisetum flavescens</i> , <i>Leontodon autumnalis</i> , <i>Rumex alpestris</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Cerastium cerastoides</i> , <i>Sagina saginoides</i> , <i>Cirsium spinosissimum</i> , <i>Trifolium thalii</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> , <i>Bellidiastrum michelii</i> , <i>Agrostis rupestris</i> , <i>Phyteuma orbiculare</i> ssp. <i>orbiculare</i> , <i>Veronica alpina</i> ssp. <i>australis</i> , <i>Hedysarum obscurum</i> L, <i>Carex ferruginea</i> , <i>Astrantia major</i> , <i>Luzula spicata</i>
D VW F	<i>Bartsia alpina</i> , <i>Ranunculus montanus</i> s. l., <i>Homogyne alpina</i> , <i>Campanula scheuchzeri</i> , <i>Anthoxanthum alpinum</i> , <i>Crocus albiflorus</i> , <i>Soldanella alpina</i> , <i>Euphrasia minima</i> , <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB, <i>Selaginella selaginoides</i>
D VW N	<i>Potentilla erecta</i> ., <i>Luzula multiflora</i> , <i>Crepis conyzifolia</i> , <i>Campanula barbata</i> , <i>Solidago virgaurea</i> s. l., <i>Polygala chamaebuxus</i> , <i>Hieracium auricula</i> L, <i>Gentiana purpurea</i> , <i>Avenula versicolor</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Leucorchis albida</i> E MEYER, <i>Carex pallescens</i>
häufig in N (F, VW)	<i>Nardus stricta</i> , <i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>alpinus</i> , <i>Plantago alpina</i> , <i>Geum montanum</i> , <i>Crepis aurea</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Carex sempervirens</i> , <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>commutata</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>Rhaeticum</i> , <i>Leontodon hispidus</i> s. l., <i>Agrostis tenuis</i> , <i>Leontodon helveticus</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> s. l., <i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG
häufig in F, N (VW)	<i>Ligusticum mutellina</i> , <i>Trifolium pratense</i> s. l., <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium badium</i> , <i>Gymnadenia conopea</i> R BR, <i>Chrysanthemum adustum</i> (KOCH) FRITSCH,
D VW	<i>Hieracium aurantiacum</i> L, <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Pulsatilla alpina</i> s. l., <i>Rhinanthus alectorolophus</i> , <i>Stellaria graminea</i>
D Nullflächen	<i>Potentilla spec.</i> , <i>Luzula multiflora et silvatica</i> , <i>Luzula silvatica</i> s. l., <i>Briza media</i> , <i>Gentianella campestris</i> , <i>Trifolium medium</i> ssp. <i>medium</i> , <i>Crepis blattaroides</i> VILL, <i>Crepis pontana</i> DALLA TORRE, <i>Pedicularis tuberosa</i> , <i>Pulsatilla apiifolia</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i>
D NPK-Flächen	<i>Carex ornithopoda</i> , <i>Silene vulgaris</i> , <i>Trollius europaeus</i> , <i>Traunsteinera globosa</i> , <i>Scabiosa lucida</i> , <i>Geranium silvaticum</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Avenula pubescens</i> , <i>Luzula sudetica</i> , <i>Myosotis alpestris</i> FE SCHMIDT, <i>Ranunculus montanus et nemorosus</i>
D Ca-Flächen	<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpestris</i> , <i>Nigritella nigra</i> , <i>Anemone narcissiflora</i> , <i>Trifolium alpinum</i> , <i>Thesium alpinum</i> , <i>Carex caryophyllea</i> , <i>Hippocrepis comosa</i> , <i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>acaulis</i> , <i>Linum catharticum</i> , <i>Gentiana verna</i> , <i>Aster bellidiastrum</i> , <i>Cirsium acaule</i>
Ch NPKCa-Flächen	<i>Hieracium pilosella</i> , <i>Polygala alpestris</i> , <i>Galium pumilum</i> , <i>Ajuga reptans</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Hieracium diverse</i> , <i>Ranunculus nemorosus</i> DC, <i>Viola calcarata</i> , <i>Hypericum maculatum</i> s. l.
Sonstige	<i>Cerastium spec.</i> , <i>Dactylorhiza spec.</i> , <i>Festuca ovina et rubra</i> , <i>Centaurea montana</i> , <i>Carex pilulifera</i> , <i>Hieracium spec.</i> , <i>Coeloglossum viride</i> , <i>Crepis spec.</i> , <i>Orchidaceae</i> , <i>Plantago atrata</i> HOPPE, <i>Botrychium lunaria</i> , <i>Carduus defloratus</i> s. l., <i>Gnaphalium sylvaticum</i> , <i>Gnaphalium spec.</i> , <i>Cerastium arvense</i> s. l., <i>Alchemilla xanthochlora</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> s. l., <i>Cerastium fontanum</i> BAUMG, <i>Peucedanum ostruthium</i>

Die Abkürzungen in der Tabelle bedeuten: N = Nardetum, F = Festucetum, VW = Versuchswaide. D = synökologische Differentialarten, Ch = Charakterarten der entsprechenden Flächen, die in anderen Flächen nicht oder nur vereinzelt vorkommen.

Die Vegetation in den Flächen der Weide sehr ähnlich; die Weide ist insgesamt sehr homogen. Abbildung 24 zeigt einen schematischen Überblick.

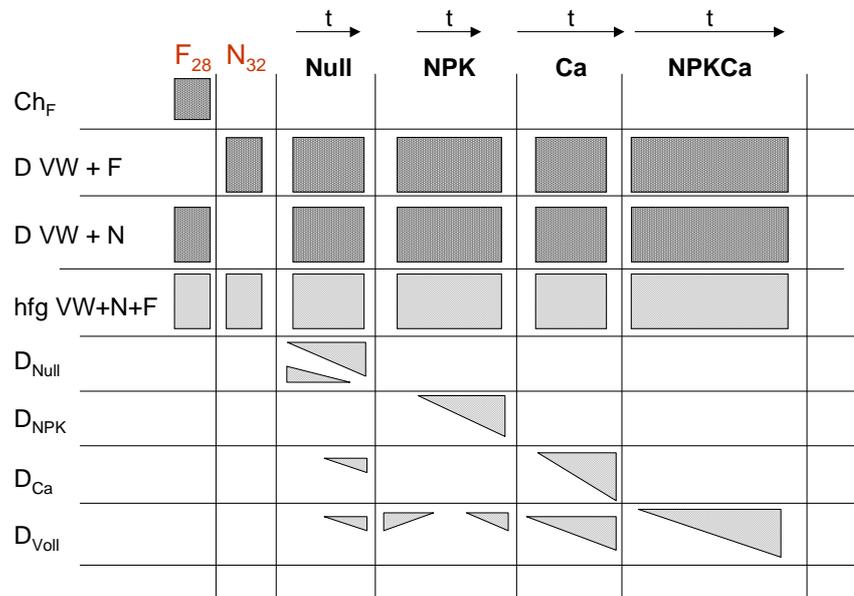


Abbildung 24: Überblick über den Aufbau der Vegetationstabelle, gekürzt

Die Characterarten des Festucetums (Ch F, n = 18) sind Arten der alpinen Rasen und der Mähwiesen und Weidegesellschaften (z. T. Molinio-Arrhenatheretea). Sie weisen jedoch nur eine geringe mittlere Deckung auf (~ 3 %).

Die Differentialarten die das Festucetum und die Versuchsweide (D VW F, n = 10) verbinden, ohne daß sie im Standardnardetum vorkommen, haben teilweise keine soziologische Bindung, unterschiedliche Vorkommensschwerpunkte und geringe Deckungen.

Die Differentialarten des Standardnardetums und der Versuchsweide (D VW N, n = 13) sind nach der soziologischen Einteilung von ELLENBERG et al. (1992) einheitlich fast nur Arten der Nardo-Callunetea.

Die in allen drei Komplexen gefundenen Arten zeigen etwas unterschiedliche Häufigkeiten (häufig in N (F, VW) und häufig in F, N (VW), n = 15 resp. 6). Während in der ersten Gruppe vornehmlich Nardionarten zu finden sind, tauchen in der zweiten Gruppe vermehrt Arten der Molinio-Arrhenatheretea auf.

Die Differentialarten der Versuchsweide (D VW, n = 5) zeigen kaum soziologische Bindungen.

In den Nullflächen (D Nullflächen, n = 11) kommen Arten unterschiedlicher Soziologie hinzu, während wenige Arten zurückgehen.

In den NPK-Flächen (D NPK-Flächen, n = 11) kommt eine größere Gruppe von Arten verschiedener Soziologie 1989 hinzu.

In den Ca-Flächen (D Ca-Flächen, n = 12) wurden vor allem Arten der Sesleretalia gefunden, später kommen Arten der anthropo-zoogenen Heiden und Rasen dazu. Erstere nehmen auch in den Nullflächen zu.

Die Gruppe der NPKCa-Flächen (D- NPK Ca-Flächen, $n = 10$) wird von Arten verschiedener Soziologie gebildet. Diese kommen nicht nur in den NPKCa-Flächen, sondern auch in den Ca- und Nullflächen verstärkt auf.

Die populationsbiologisch untersuchten Arten befinden sich (nach Ch F) in den ersten drei Gruppen.

Die Gruppen D VW F und D VW N sind bei den Düngungen mit NPK und NPKCa etwas lückenhaft, da Arten zwischenzeitlich zurückgehen.

Die Differentialarten der Düngungen zeigen eher Ausbildungen als Gesellschaften.

4.5 Teil 1: Entwicklung in den alten Flächen

Zunächst wird die tatsächliche Entwicklung der Vegetation 1930-1997 anhand der Originaldaten vorgestellt.

4.5.1 Alte Nullflächen

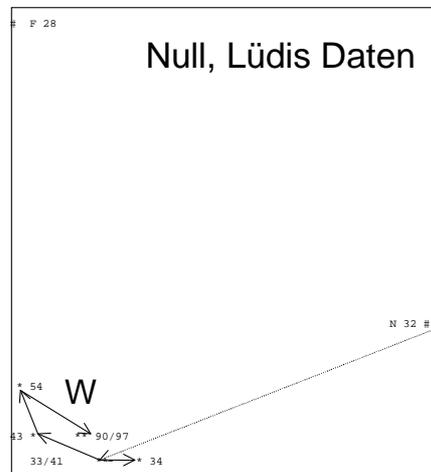


Abbildung 25: Fuzzy-Set-Ordination von LÜDIS Nullflächen

Die Fuzzy-Set-Ordination der Nullflächen zeigt keinen Trend. Allerdings ist zu erkennen, daß die Vegetation einer Schwankung unterliegt, denn die Flächen liegen nicht jedes Jahr an derselben Stelle des Koordinatenkreuzes. Nach 1954 tendieren die Flächen wieder näher zum Ausgangspunkt, nicht jedoch zum Standardnartetum (s. Abbildung 25).

Das Zugehörigkeitsdiagramm (s. Abbildung 26) zeigt in den Nullflächen auffällige Dynamik. Die Flächen sind dem Standardnartetum sehr ähnlich, nach dem Einzäunen der Flächen bleiben größere Veränderungen zwischen den Flächen zunächst aus, aber es ist eine leichte zeitliche Entwicklung 1933-1934 zu erkennen. Erst mit Beginn der Versuche (ab 1935, vgl. für den zeitlichen Überblick der Eingriffe für diese und die folgenden Behandlungen Tabelle 28) steigt sowohl die Variabilität zwischen den Flächen als auch im Vergleich zum Ausgangsstadium rasch. Die Flächen verändern sich im Vergleich zu den ersten Aufnahmen und untereinander. Dies kann ein Zeichen einer (Auseinander-) Entwicklung, also Heterogenisierung sein. Nach 1968 steigen die Ähnlichkeitsverhältnisse untereinander als auch im Vergleich zu den allerersten Aufnahmen (also quasi der Ausgangssituation) wieder an. Die Flächen haben sich also wieder zu einer homogenen Vegetation zurück entwickelt. Seit 1990 nimmt die Homogenität und zeitliche Ähnlichkeit wieder ab.

Die Evenness steigt ab 1943 von 65 % auf 76 % und sinkt anschließend wieder auf 65 % ab (zu diesen und den folgenden Angaben vgl. Tabelle 64). Zwischen 1990 und 1997 kehrt sich der Trend abermals um, die Evenness steigt wieder.

Die Artenzahl nimmt bis 1954 zu und sinkt dann wieder ab.

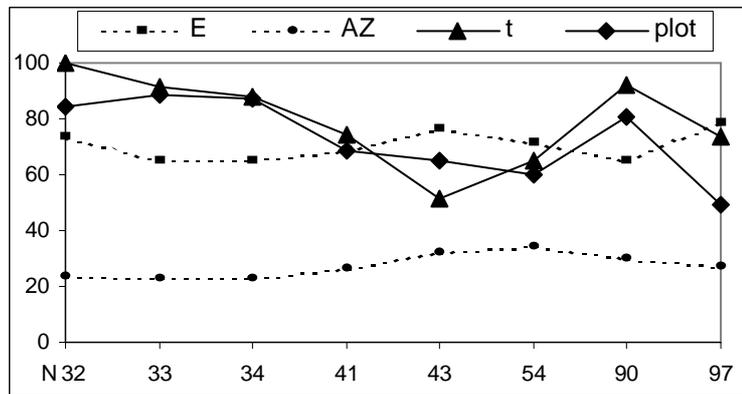


Abbildung 26: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm in LÜDIS ungedüngten Flächen

Die Deckung der Nardetumgräser nimmt ab, während die der Nardetumkräuter zunimmt (s. Abbildung 27). Die Abbildung zeigt, daß die Deckung der Nardetumgräser nach 1934 abnimmt, während die Kräuter des Nardetums an Deckung gewinnen. Ein Einschnitt nach 1954 führt zu einem leichten Anstieg der Begleiter (SK, SG) und die Deckung der Nardetumkräuter nimmt vorübergehend wieder ab. Vor allem nehmen Arten an Deckung zu, die nicht in Charakter- oder Differentialarten des Nardetums eingeordnet werden konnten. Die Nullflächen zeichnen sich durch die langfristige Zunahme der folgenden „Arten“ aus: *Potentilla spec.*, *Luzula multiflora et silvatica*, *Luzula silvatica* s. l., *Briza media*, *Gentianella campestris*, *Trifolium medium ssp. medium*, *Crepis blattaroides* VILL, *Crepis pontana* DALLA TORRE, *Pedicularis tuberosa*. Aber auch *Anemone narcissifolia*, *Hieracium pilosella*, *Polygala alpestris* und *Galium pumilum*. *Pulsatilla apiifolia* und *Vaccinium vitis-idaea* nehmen ab.

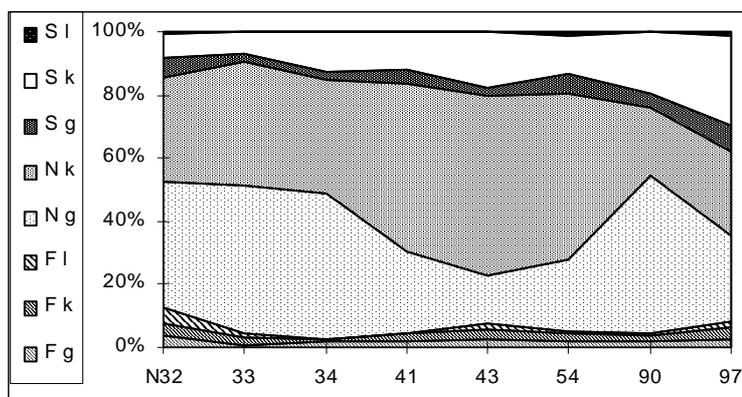


Abbildung 27: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen in LÜDIS ungedüngten Flächen

Die Zeigerwerte in den ungedüngten Flächen sind sich (bis auf einen Ausreißer in den R-Werten von 1934) ähnlich (s. Abbildung 28).

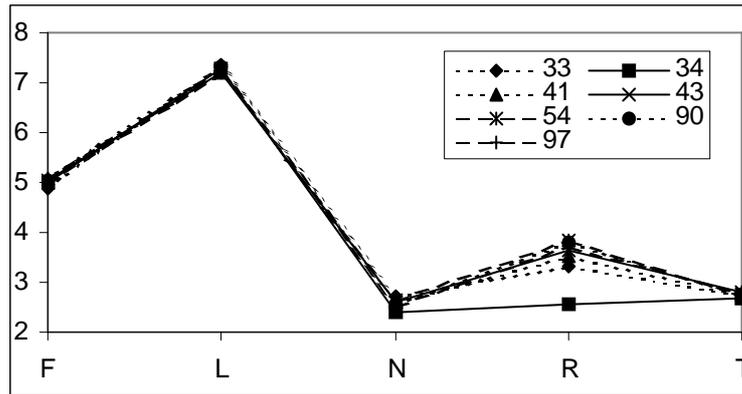


Abbildung 28: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte (Feuchte, Licht, Stickstoff, Reaktion, Temperatur) in den alten Nullflächen

4.5.2 Alte NPK-Flächen

Das Zentroid 1936 (5 Jahre nach der ersten Düngung) hat wenig Ähnlichkeit zum Standardnardetum. Dann entwickeln sich die Flächen schnell in Richtung Festucetum (s. Abbildung 29). Schon 1946 (10 Jahre nach der ersten Düngung) scheint der Einfluß der Düngung wieder zurückzugehen. 1982/1989 liegen die Flächen bereits wieder nahe am Ausgangspunkt.

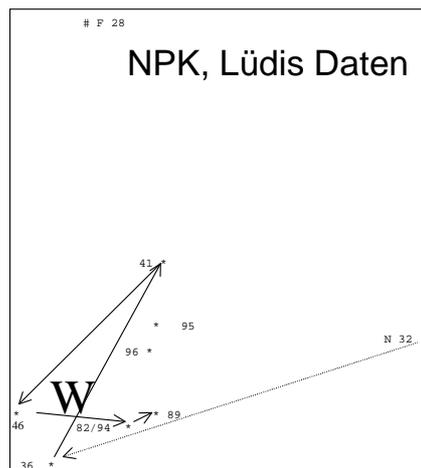


Abbildung 29: Fuzzy-Set-Ordination der NPK-Flächen LÜDIS

Die zeitliche Variabilität nimmt schon 5 Jahre (1936) nach der Einzäunung und ersten Düngung und 4 Jahre nach der ersten „Nutzung“ deutlich zu (s. Abbildung 30). Da die Vegetationsaufnahme 1936 keine Parallelen hat, konnte keine flächenbezogene Variabilität berechnet werden. Die zeitliche Variabilität liegt 1941 noch bei ca. 55 % und sinkt bis zum Jahr 1946 weiter ab, während die Ähnlichkeit der Flächen bereits ab 1936 wieder steigt. Nach 1982 sind die Flächen wieder recht homogen (80-90 % und dem Ausgangszustand ähnlicher), und bis 1989 nimmt die Variabilität wieder zu.

Die Artenzahl ändert sich trotz der dramatischen Deckungsänderungen nur unwesentlich.

Die Evenness ist 1936 mit 75,8 % recht hoch und ändert sich auch 1941 nicht sehr. Besonders steigt sie zum Jahre 1989 an (82,5 %), als eine vollständige Rückentwicklung (noch) aussteht, *Nardus stricta* (noch) nicht wieder dominiert und einige neue Arten hinzukommen.

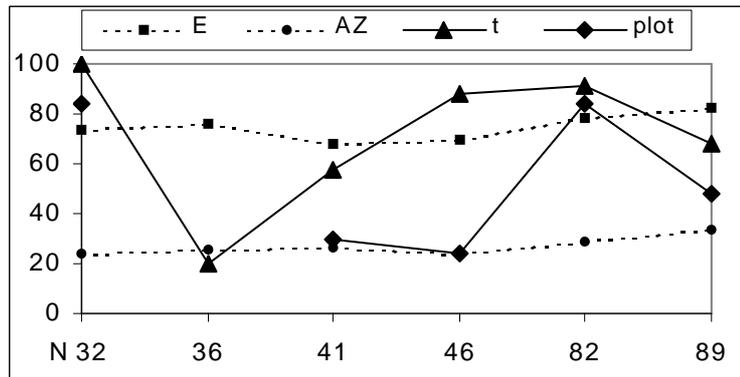


Abbildung 30: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der NPK - Flächen LÜDIS

5 Jahre nach der ersten Düngung nimmt die Deckung der Nardetumarten zugunsten der Festucetumarten ab, besonders die Gräser des Festucetums (*Festuca rubra*, *Agrostis tenuis*, *Phleum alpinum*) nehmen deutlich zu (s. Abbildung 31). Schon 1946 sind deutliche Rückentwicklungstendenzen zu erkennen: Die Kräuterdeckung (besonders Festucetumarten) nimmt wieder zu, die Festucetumgräser gehen stark zurück. Nach 1982 bleibt dieser Trend erhalten. Die Deckung der Nardetumkräuter nimmt zu, während nach dem erneuten Einzäunen die Deckung der Festucetumkräuter wieder steigt.

Die Vegetationsaufnahme zeigt eine leichte Zunahme der in Nardetum und Festucetum häufigen Arten, besonders von *Anthoxanthum odoratum*, *Luzula multiflora*, *Carex ornithopoda* und *Avenella flexuosa*. Auch die Arten der NPK-Gruppe nehmen im Jahr 1989 zu, allerdings handelt es sich hier nur um 2 Flächen, so daß eine Interpretation schwierig ist. In den Gruppen D VW F und D VW N ist bei den Aufnahmen der NPK-Flächen eine leichte Auflockerung durch Deckungsabnahme (*Calluna vulgaris*, *Leuorchis albida*, *Carex pallescens*) zu erkennen.

Die Stetigkeitstabelle der NPK-Flächen zeigt 1989 in den Flächen (wie auch z. T. in den vollgedüngten Flächen) eine Zunahme von *Avena pubescens*, *Geranium silvaticum*, *Luzula sudetica*, *Myosotis alpestris*, *Scabiosa lucida*, *Traunsteinera globosa*, wenn auch mit recht geringer Deckung.

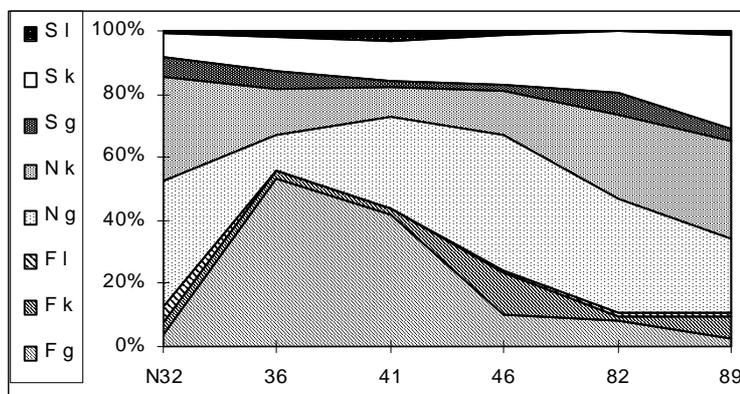


Abbildung 31: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den NPK-Flächen LÜDIS

Die Zeigerwerte der NPK-gedüngten Flächen nehmen besonders hinsichtlich der Bodenreaktion und des N-Angebotes ab (s. Abbildung 32). Besonders die R-Werte fallen zunächst ab und nehmen später wieder zu.

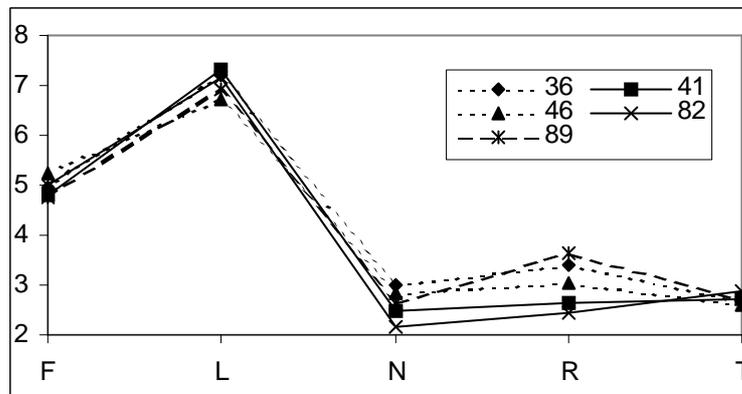


Abbildung 32: mittlere ungewichtete Zeigerwerte (Feuchte, Licht, Stickstoff, Reaktion, Temperatur) in den alten NPK-Fflächen

4.5.3 Alte Ca-Flächen

Die Fuzzy-Set-Ordination der gekalkten Flächen zeigt 1954 einen deutlichen Trend, allerdings nicht in Richtung Festucetum; 1990 ähnelten die Flächen schon wieder mehr dem Standardnardetum (s. Abbildung 33).

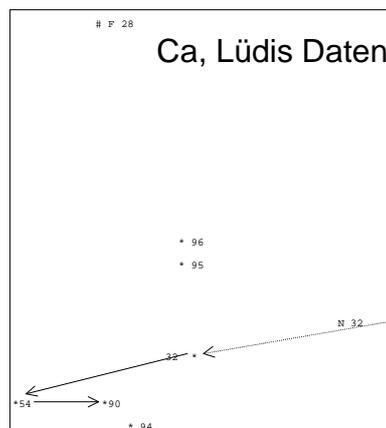


Abbildung 33: Fuzzy-Set-Ordination der Ca-Flächen LÜDIS

Die zeitliche Ähnlichkeit zwischen den Flächen nimmt zwischen 1932 und 1954 ab, das heißt, in Verbindung mit den Ergebnissen der Fuzzy-Set-Ordination, die Flächen werden dem Nardetum unähnlicher (s. Abbildung 34). Jedoch steigt auch die Variabilität zwischen den Flächen, weil sich die untersuchten Flächen auseinander entwickeln. Dies scheint besonders an der unterschiedlich hohen *Nardus stricta*-Deckung zu liegen (vgl. Vegetationstabellen im Anhang). Es gibt also offenbar keinen einheitlichen Trend, mit dem das Nardetum auf Kalkzugabe reagiert. Die Artenzahl in den Flächen nimmt allgemein zu, wobei die Festucetumarten nur leicht und die Begleiter am stärksten profitieren. Die Evenness ist mit 78,6 % 1954 am höchsten, als sich die Flächen dem Festucetum ($E_{F28} = 82,8$) am weitesten angenähert haben, das bedeutet, daß die Dominanz von *Nardus stricta* durch ein Mit-Vorherrschen durch *Festuca rubra* ergänzt wird. Auch das Standardfestucetum weist bei mehreren Arten hohe Deckungen auf, was die gegenüber dem Nardetum höhere Evenness erklärt (vgl. 6).

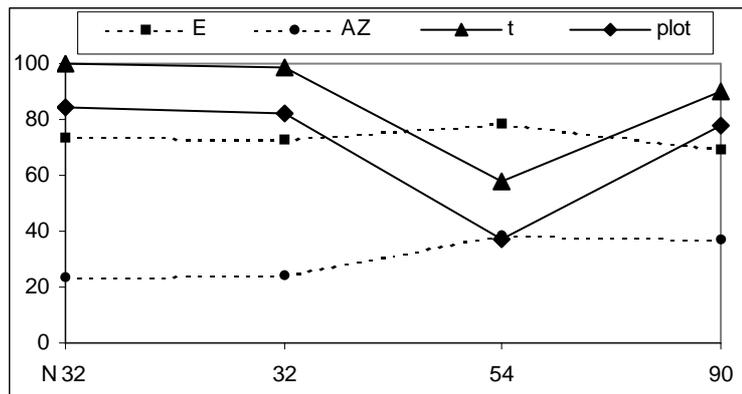


Abbildung 34: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der Ca- Flächen LÜDIS

Durch die Düngung nimmt die Deckung der Festucetum-Kräuter und –Gräser zu, während die der Nardetum-Kräuter und –Gräser leicht abnimmt. Auffallend ist die Zunahme der sonstigen Kräuter (s. Abbildung 35) und die Abnahme der Grasarten, hierbei im wesentlichen *Nardus stricta*, das von 41 % auf 18 % reduziert wird. Die Ausbreitung der Gräser des Festucetums (*Festuca rubra* 1,3 % -> 5,6 %) ist eher undeutlich. *Phleum alpinum* nimmt von 1,1 % auf 3,9 % zu. Auch die krautigen Begleiter profitieren. Später geht dieser Trend zurück, wenngleich die Flächen noch mehr von Festucetumarten als zuvor bedeckt werden. Offenbar wird ein Großteil der Rückentwicklung durch *Nardus stricta* bestimmt.

Die Vegetationstabelle zeigt keine Lücken in den Gruppen D VW F und D VW N. Neue Arten treten in der Gruppe D Ca und Ch NPKCa auf. Die Stetigkeitstabelle zeigt, daß in der Ch NPKCa - Gruppe besonders *Ajuga reptans* und *Galium pumilum* und in der D Ca-Gruppe *Carlina acaulis* zunehmen. Die Flächen unterscheiden sich besonders in der Artengruppe der D Ca-Flächen. In einer Fläche nimmt *Carlina acaulis ssp. acaulis* stark zu, in einer anderen *Anthyllis vulneraria ssp. alpestris*, in einer dritten *Cirsium acaule*. Offenbar wird ein Trend zur Ausgangsposition zurück induziert. *Linum catharticum*, *Aster bellidiastrum* und *Gentiana verna* verschwinden wieder. Dagegen erscheinen 1990 weitere Arten des Festucetums wie *Hieracium pilosella*, *Bartsia alpina* und *Ranunculus nemorosus*. Dennoch beträgt die Variabilität der Flächen zwischen 1932 und 1990 92 %. Die Deckung scheint also einen größeren Einfluß auf die Variabilität zu haben, als die Artenzusammensetzung. Auffällig ist auch eine leichte Zunahme von *Hippocrepis comosa*, *Nigritella nigra* und *Thesium alpinum* (wie auch bei der NPKCa-Düngung).

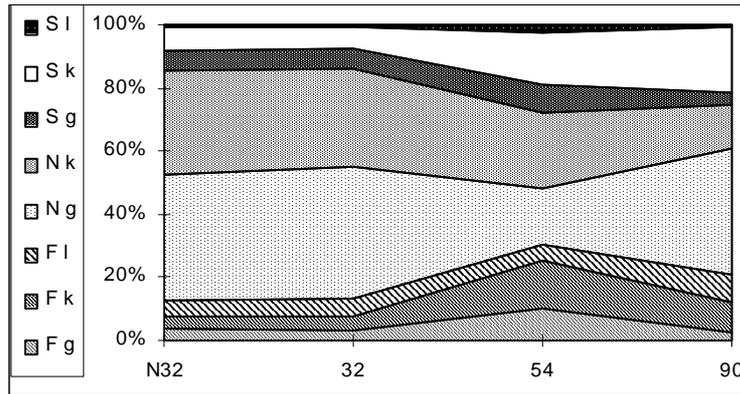


Abbildung 35: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den Ca-Flächen LÜDIS

In den Ca-Flächen zeigen nur die R-Werte größere Änderungen (Zunahme gefolgt von Abnahme). Diese sind 22 Jahre nach der ersten Düngung am stärksten (s. Abbildung 36).

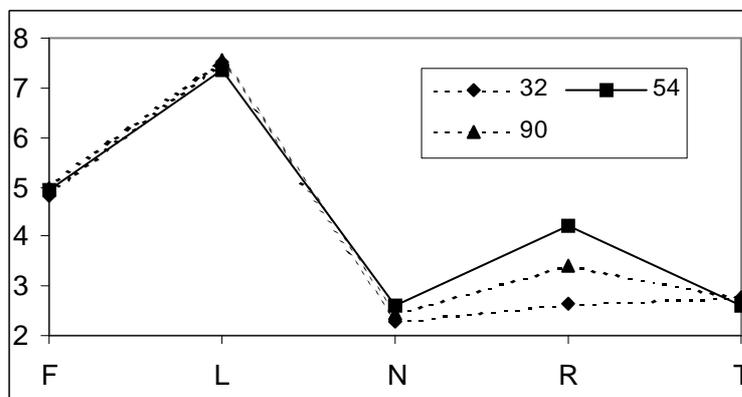


Abbildung 36: mittlere ungewichtete Zeigerwerte (Feuchte, Licht, Stickstoff, Reaktion, Temperatur) in den alten Ca-Flächen

4.5.4 Alte NPKCa-Flächen

Die Fuzzy-Set-Ordination des NPKCa-gedüngten Rasens zeigt einen klaren Trend vom Standardnartetum zum Standardfestucetum bereits nach 5 Jahren (Ähnlichkeit ca. 75 %) In den folgenden Jahren (1941-46) entwickelt sich die Vegetation wieder etwas vom Festucetum weg, um 1954 wieder dorthin zu streben. Nach 1954 setzt ein deutlicher Trend Richtung Ausgangszustand ein. Dieser hält bis heute an (s. Abbildung 37).

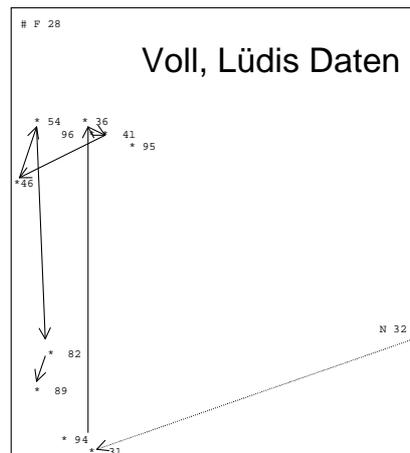


Abbildung 37: Fuzzy-Set-Ordination der NPKCa-Flächen

LÜDIS Erwartungsgemäß nimmt die zeitliche Variabilität bei den NPKCa-gedüngten Flächen deutlich zu (s. Abbildung 38). Ebenso verhält es sich mit der flächenbezogenen Variabilität, die Flächen werden einander unähnlicher. Dieser Trend setzt sich bis 1954 fort. Der Übergang von N'NPKCa zu N'NPKCa' ist in dieser Darstellungsweise fließend.

10 Jahre nach der Düngung erreicht die Artenzahl mit durchschnittlich nur 12,7 Arten ihren Tiefstand. Allerdings steigt sie anschließend kontinuierlich wieder an, viele Arten tauchen wieder auf, aber auch einige neue kommen hinzu. Wie bei den beiden anderen Düngungen (Ca und NPKCa) steigt die Artenzahl bis zur letzten Aufnahme über das ursprüngliche Niveau an. Die Evenness erreicht 1946 mit über 90 % einen Hochstand (Ähnlichkeit zum Festucetum!). Dieser Befund deckt sich aber nicht eindeutig mit der Fuzzy-Set-Ordination, offenbar ist die Struktur der Vegetation mit dem Beginn der Erholung vieler Arten und Mahd besonders gleichmäßig und zeigt nicht unbedingt eine Ähnlichkeit zum Festucetum an.

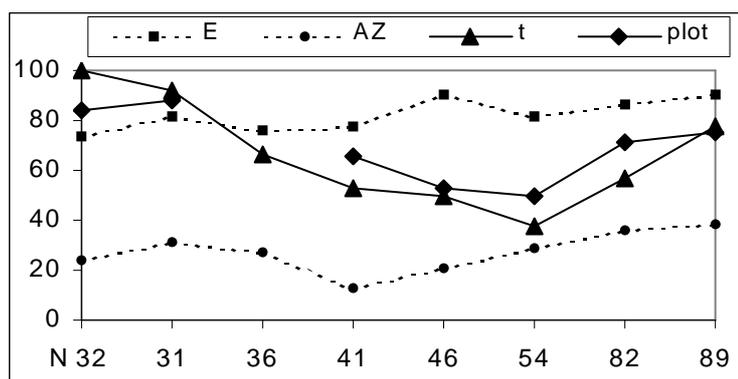


Abbildung 38: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der NPKCa-Flächen LÜDIS

Die Deckungsverhältnisse vor der Düngung entsprechen dem Standardnardetum, aber bereits 5 Jahre nach der ersten Düngung (1936) zeigen die Flächen einen sehr hohen Deckungsanteil an Festucetumarten (s. Abbildung 39). Besonders die Gräser nehmen an Deckung zu (FG: 81 %). Diese Unterschiede werden besonders durch den Wechsel von *Festuca rubra* (von 1,4 % auf 40,3 %) und *Nardus stricta* (von 36,2 % auf 5 %) verursacht. *Phleum alpinum* nimmt von 1 % auf 22 % und (1946)

8 % Deckung zu. Auch die Deckung von *Agrostis tenuis* steigt von 1931 bis 1941 von 0,6 % auf bis zu 18 % an. Die Deckung der Festucetumkräuter steigt erst mit über zehnjähriger Verspätung. Deutlich ist eine zeitweilige Förderung der Leguminosen zu erkennen. Die 1968 einsetzende erneute Beweidung verursacht einen deutlichen Rückgang der Festucetumarten und später Leguminosen.

Während die Vegetationsaufnahmen zeigen, daß mehrere Arten nach der Nährstoffzufuhr stark an Deckung zunehmen (*Festuca rubra*, *Campanula scheuchzeri*, *Phleum alpinum*, *Agrostis tenuis*, *Taraxacum officinale*, und *Trifolium repens*), werden andere Arten relativ zurückgedrängt (*Nardus stricta*, *Lotus corniculatus*, *Campanula barbata*, *Geum montanum*, *Gentiana purpurea* und *Arnica montana*). Mehrere Arten tauchen wieder auf (*Gentiana purpurea*, *Myosotis alpestris*, *Avenula versicolor* und *Gentiana kochiana* PERR ET SONG). *Arnica montana*, *Deschampsia flexuosa* und *Calluna vulgaris* jedoch nicht. Zwischen 1931 und 1941 nimmt *Arnica montana* von 18,6 auf 0 % Deckung ab. Die Stetigkeitstabelle zeigt, daß es bei den NPKCa-gedüngten Flächen -im Gegensatz zu den Ca- und Nullflächen- keine Artengruppe gibt, die vornehmlich bei dieser Behandlung neu hinzukommt. Allerdings gibt es Arten, die besonders auf die Verhältnisse in den NPKCa-gedüngten Flächen ansprechen: *Taraxacum officinale*, *Galium pumilum*, *Viola calcarata*, *Polygala alpestris*, *Ajuga reptans*, *Ranunculus nemorosus* DC, *Hieracium pilosella*.

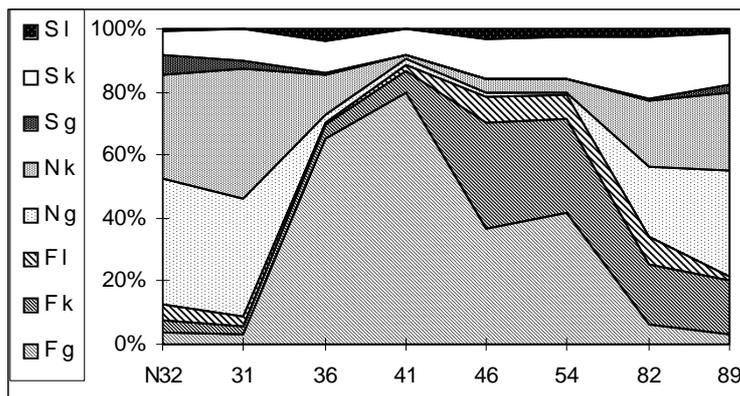


Abbildung 39: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den NPKCa-Flächen LÜDIS

Eine Darstellung aller Zeigerwerte jeden untersuchten Jahres zeigt eine große Streuung allein bei den N- und R-Werten (s. Abbildung 40). Die R-Werte sinken zwischenzeitlich ab und steigen dann wieder.

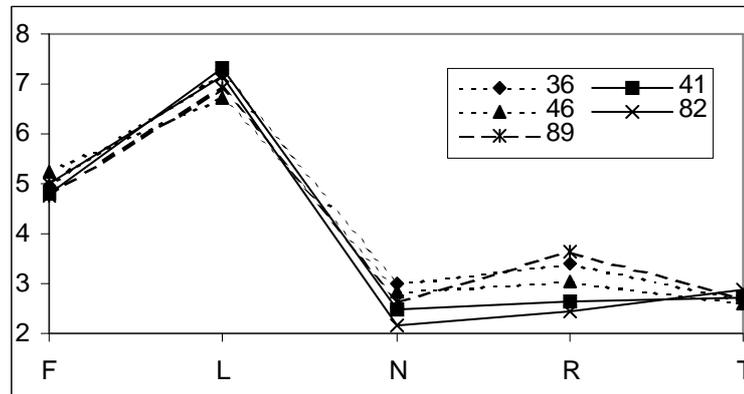


Abbildung 40: mittlere ungewichtete Zeigerwerte (Feuchte, Licht, Stickstoff, Reaktion, Temperatur) in den alten NPKCa-Flächen

4.6 Teil 2: Entwicklung in den neuen Flächen

Die Entwicklungen der Vegetation der Deckungs- resp. Artenverhältnisse in den neuen Flächen werden nun in demselben Muster vorgestellt.

Die Stetigkeit der Arten ändert sich im untersuchten Zeitraum nicht wesentlich (vgl. Vegetationstabellen im Anhang). Die Schwankungen sind der Arten sehr unregelmäßig und liegen mit ± 2 (von sechs Flächen) wahrscheinlich im normalen Variationsbereich. Sie werden daher nur kurz angedeutet.

Die Zeigerwerte der alten und neuen Flächen werden gemeinsam in zusammengesetzten Datensätzen besprochen.

4.6.1 Stetigkeit, Histogramme, sechs Einzelarten in den neuen Flächen

Gemäß der Anzahl der Flächen beträgt die maximale Stetigkeit 6 (=100 %). Die Stetigkeiten der 6 untersuchten Arten (*Geum montanum*, *Gentiana purpurea*, *Arnica montana*, *Leontodon helveticus*, *Campanula scheuchzeri* und *Campanula barbata*) änderten sich nicht (vgl. dazu auch 4.13.1). Bei dem Vergleich der Histogramme der Flächen fällt auch für die neuen Flächen auf, daß die Vegetation, trotz unterschiedlicher Behandlungen, recht homogen blieb. Dies ist im Einklang mit den Beobachtungen der alten Daten.

4.6.2 Anmerkungen zu den neuen N-, NK- und PK-Flächen

Für diese drei Behandlungen wurde auf die Darstellung Zugehörigkeitsdiagramme verzichtet, da keine deutlichen Veränderungen festzustellen waren. Auch verursachen N-, NK- und PK-Düngung keine deutliche Deckungsänderungen der Futterpflanzen.

4.6.3 Neue Nullflächen

Die Fuzzy-Set-Ordination zeigt bei den Nullflächen keinen Trend (s. Abbildung 41). Die Flächen liegen in dem Bereich, in dem sich die Flächen aller zuvor untersuchten Behandlungen aus LÜDIS Daten zu Beginn von dessen Versuchen befunden hatten, jedoch auch hier nicht in unmittelbarer Nähe zum Standardnurdetum.

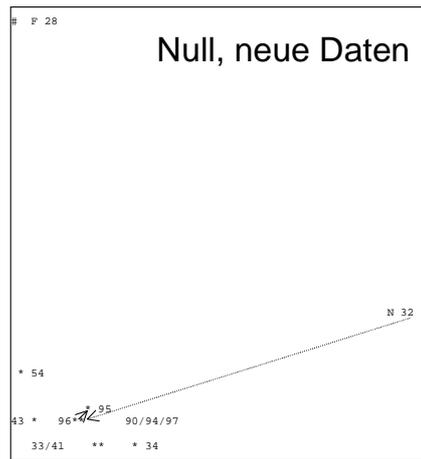


Abbildung 41: Fuzzy-Set-Ordination der neuen ungedüngten Flächen

Die Nullflächen zeigen weder hinsichtlich der zeitlichen noch flächenbezogenen Variabilität einen Trend, der über 20 % Änderung hinausgeht (s. Abbildung 42). Allerdings sind die Flächen etwas inhomogener als 1932. Die Artenzahlen bleiben konstant. Die Evenness bleibt bei ca. 70 %.

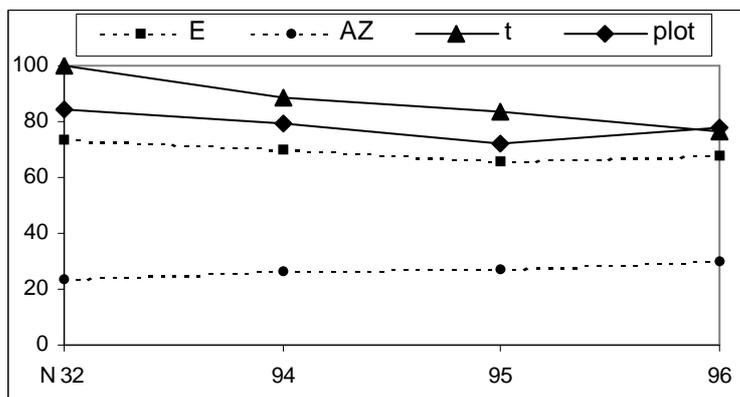


Abbildung 42: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der neuen Nullflächen

Die Deckungsverhältnisse der Artengruppen glichen 1994 denen von 1932 nur teilweise. Es waren innerhalb der drei Jahre kaum Veränderungen festzustellen (s. Abbildung 43).

Während bei den unbehandelten Flächen die Deckungen von *Alchemilla vulgaris* und *Potentilla erecta* sowie *Pulsatilla alpina* und *Gentiana purpurea* leicht anstiegen, nahm sie bei *Homogyne alpina* (wie in allen anderen Flächen auch) ab. Die Deckungen der Gräser nehmen bei den ungedüngten Flächen kontinuierlich um 5 % ab, während die Kräuterdeckung um knapp 10 % steigt. Die Deckungen von *Arnica montana*, *Geum montanum* und *Festuca rubra* nehmen von 1995 auf 1996 leicht ab und anschließend wieder zu. Bei *Nardus stricta* verhält es sich umgekehrt. Das Verhältnis der Nardetum- zu Festucetumarten ändert sich ebensowenig wie deren Deckungsverhältnisse. Bei den Nullflächen änderte sich die Stetigkeit zwischen 1994 und 1996 von *Phleum alpinum* von 0 zu 3. Auch die Stetigkeit von *Hieracium pilosella* und *Plantago alpina* nahm zu. Die Stetigkeit von *Euphrasia minima* nahm von 3 zu 1, die von *Leucanthemum vulgare* von 4 auf 1 ab.

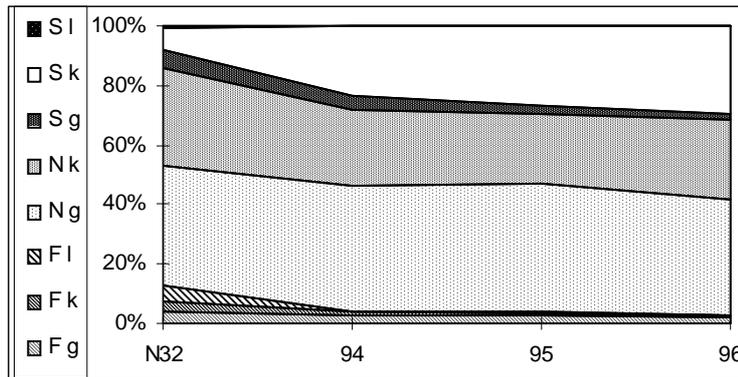


Abbildung 43: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen Nullflächen

4.6.4 Neue N-Flächen

Die Fuzzy-Set-Ordination zeigt keine Entwicklung der Flächen (s. Abbildung 44).

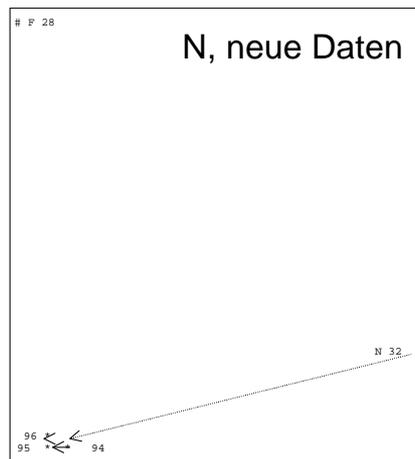


Abbildung 44: Fuzzy-Set-Ordination der neuen N-Flächen

Zugehörigkeitsdiagramm (ohne Abb.) bleiben wie die Artenzahlen konstant. Die Evenness liegt bei ca. 70 %. Insgesamt ändern sich diese Flächen also nicht.

Das Verhältnis der Nardetum- zu Festucetumarten ändert sich wie deren Deckungsverhältnisse nur wenig (s. Abbildung 45). Bei der reinen N-Düngung nimmt die Kräuterdeckung insgesamt nur um 3 % zu, während die Gräserdeckung um 2 % abnimmt. Die Deckungen von *Geum montanum* und *Arnica montana* nehmen geringfügig ab, während die Deckung von *Festuca rubra* leicht zunimmt. Die Deckung von *Nardus stricta* nimmt in dem kühlen Jahr 1995 kurzfristig auf 45 % ab. N-Düngung förderte *Crepis conyzifolia* und *Luzula multiflora*, die beiden Potentillaarten sowie *Pulsatilla alpina* leicht. In den N-Flächen war eine leichte Förderung der Stetigkeit von *Phleum alpinum*, *Hieracium pilosella* und *Plantago alpina* zu erkennen, während diese bei *Leucanthemum vulgare*, *Crepis aurea* und *Euphrasia minima* abnahm.

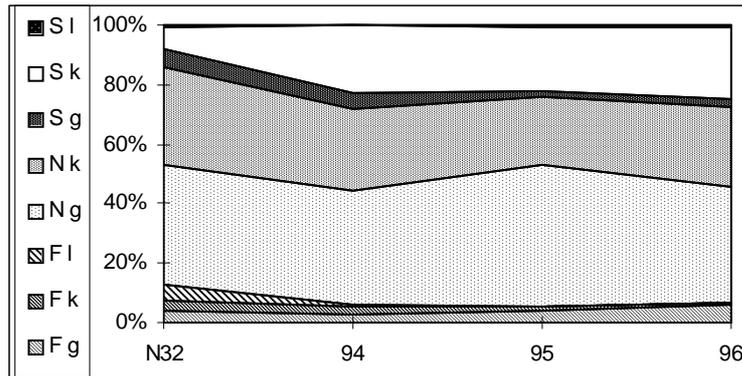


Abbildung 45: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen N-Flächen

4.6.5 Neue NK-Flächen

Eine Entwicklung wird durch die Fuzzy-Set-Ordination nicht angedeutet (s. Abbildung 46).

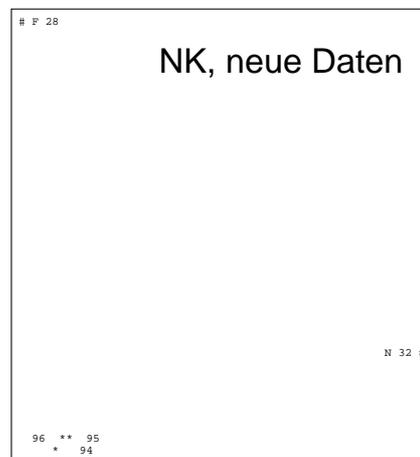


Abbildung 46: Fuzzy-Set-Ordination der neuen NK-Flächen

Die NK-gedüngten Flächen zeigen weder hinsichtlich der flächenbezogenen oder der zeitlichen Variabilität einen Trend (ohne Abb.). Die Artenzahlen bleiben konstant. Die Evenness liegt unverändert bei 68 %.

Das Verhältnis der Nardetum- zu Festucetumarten ändert sich wie deren Deckungsverhältnisse nur minimal (s. Abbildung 47). Die NK-Düngung reduzierte die Deckung von *Arnica montana* recht stark von *Geum montanum* leicht; *Crepis conyzifolia*, *Lotus corniculatus*, *Luzula multiflora*, *Gentiana purpurea* und *Potentilla erecta* wurden gefördert. Die Deckung von *Festuca rubra* nimmt leicht zu, diejenige von *Nardus stricta* nimmt leicht ab. Bei der NK-Düngung nahmen die Stetigkeiten von *Anthoxanthum odoratum*, *Hieracium pilosella* und *Plantago alpina* zu, während sie bei *Phleum alpinum* und *Bartsia alpina* abnahm.

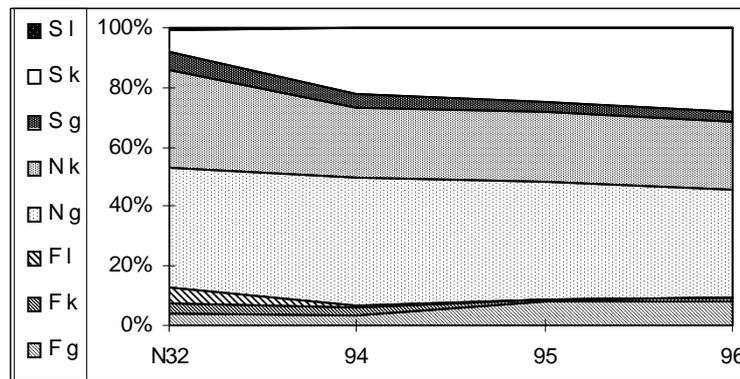


Abbildung 47: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen NK-Flächen

4.6.6 Neue PK-Flächen

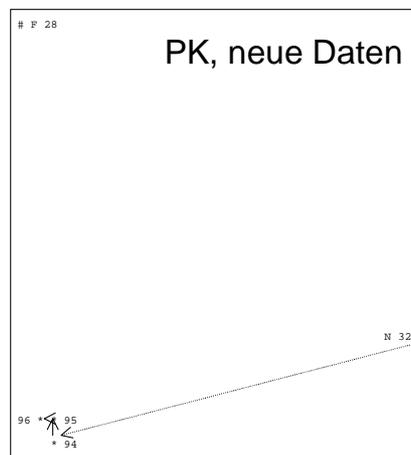


Abbildung 48: Fuzzy-Set-Ordination der neuen PK-Flächen

Die Fuzzy-Set-Ordination zeigt keinen Trend in Richtung Festucetum (s. Abbildung 48). Sowohl die zeitliche als auch die flächenbezogene Variabilität der PK-gedüngten Flächen bleiben nahezu unverändert (ohne Abb.). Die Artenzahl bleibt konstant. Die Evenness nimmt etwas ab (74 → 71 %).

Bei der PK-Düngung nimmt die Krautdeckung um ca. 10 % zu, während die Deckung der Grasartigen gleich bleibt. Im gleichen Zeitraum nimmt die Streudeckung ab. Das Verhältnis der Nardetum- zu Festucetumarten ändert sich wie deren Deckungsverhältnisse nur minimal (o. Abb.).

Die Düngung mit PK wirkte sich nur auf die Deckung von *Trifolium pratense*, *Potentilla erecta* und *Pulsatilla alpina* positiv aus. Die Deckungsverhältnisse von *Arnica montana*, *Geum montanum* und *Festuca rubra* nehmen, wie ohne Düngung, leicht ab, die von *Arnica montana* und *Festuca rubra* nimmt anschließend wieder zu. PK-Düngung förderte die Stetigkeit von *Anthoxanthum odoratum*, *Phleum alpinum*, *Hieracium pilosella* und *Plantago alpina*.

4.6.7 Neue NPK-Flächen

Die Fuzzy-Set-Ordination zeigt einen leichten anhaltenden Trend in Richtung Festucetum (s. Abbildung 49).

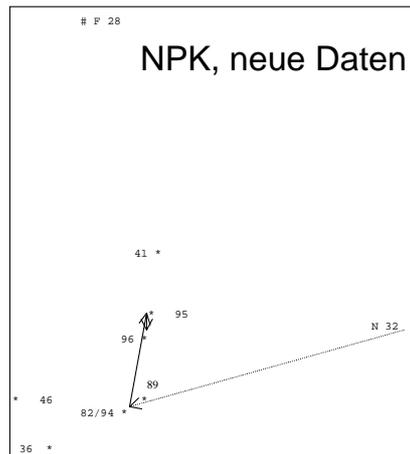


Abbildung 49: Fuzzy-Set-Ordination der neuen NPK-Flächen

Sowohl die zeitliche als auch die flächenbezogene Ähnlichkeit nehmen in den NPK-gedüngten Flächen geringfügig ab (s. Abbildung 50). Dies deutet ebenfalls auf den Beginn einer Entwicklung hin. Die Artenzahlen bleiben konstant. Die Evenness steigt insgesamt etwas an (72-74 %).

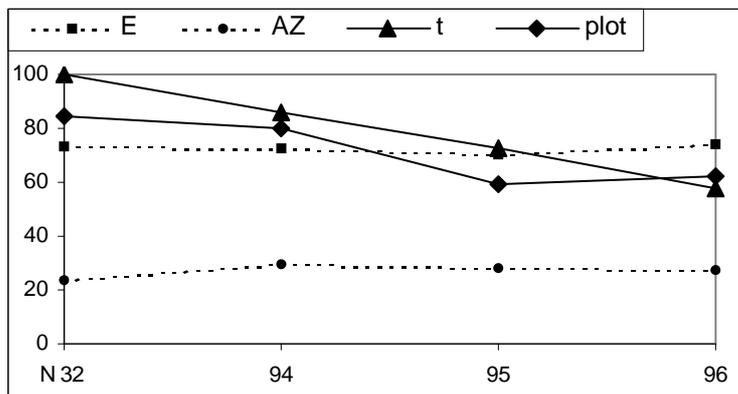


Abbildung 50: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der neuen NPK- Flächen

Das Verhältnis der Deckung von Nardetum- zu Festucetumarten ändert sich bereits im zweiten Untersuchungsjahr zugunsten der Festucetumgrasarten (Zunahme der Festucetumgräser). Die Verhältnisse der Artenzahlen bleiben konstant. Auch die Gruppe der Begleiter nimmt etwas an Deckung zu.

Die NPK-Düngung hat denselben Effekt wie die NK-Düngung, allerdings nahm die Deckung von *Festuca rubra* und *Potentilla erecta* stärker zu. Auch *Rhinanthus alectorolophus* wurde gefördert. *Trifolium pratense* zeigte im (kalten) Jahr 1995 eine sehr hohe mittlere Deckung (s. Abbildung 51). Die Deckungen von *Geum montanum* und *Arnica montana* nehmen geringfügig ab, während die Deckung von *Festuca rubra* 1995 zunächst leicht zunimmt um 1996 wieder abzunehmen. Die Deckung von *Nardus stricta* nimmt stark ab (ca. um 10 %). Die Reaktionen der gewählten Artengruppen sind bei dieser Düngungsform relativ indifferent. Die NPK-Düngung fördert die Stetigkeit von *Anthoxanthum odoratum* und reduzierte diejenige von *Bartsia alpina*, *Gentiana kochiana* PERR et SONG, *Polygala alpestris* und *P. chamaebuxus* und *Vaccinium myrtillus*.

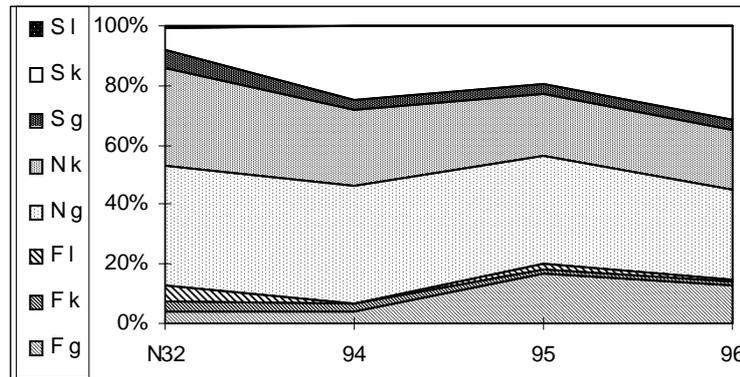


Abbildung 51: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen NPK-Flächen

4.6.8 Neue Ca-Flächen

Die Fuzzy-Set-Ordination zeigt einen klaren Trend in Richtung Festucetum, der jedoch auch in diesem Fall nicht am Standardnardetum begann (s. Abbildung 52).

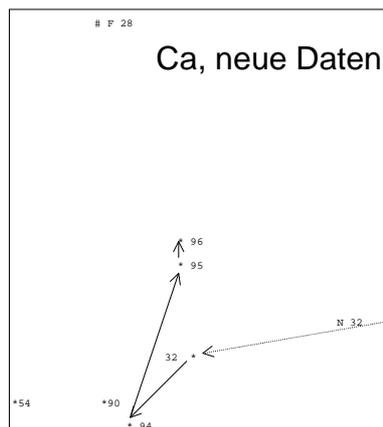


Abbildung 52: Fuzzy-Set-Ordination der neuen Ca-Flächen

Die gekalkten Flächen weisen sowohl eine flächenbezogene als auch eine zeitliche Abnahme der Variabilität auf (s. Abbildung 53). Dies bedeutet, daß sich die Flächen vom Ausgangszustand fortentwickeln, einander aber auch unähnlicher werden. Die Artenzahlen bleiben konstant. Die Evenness nimmt leicht zu (71-75 %).

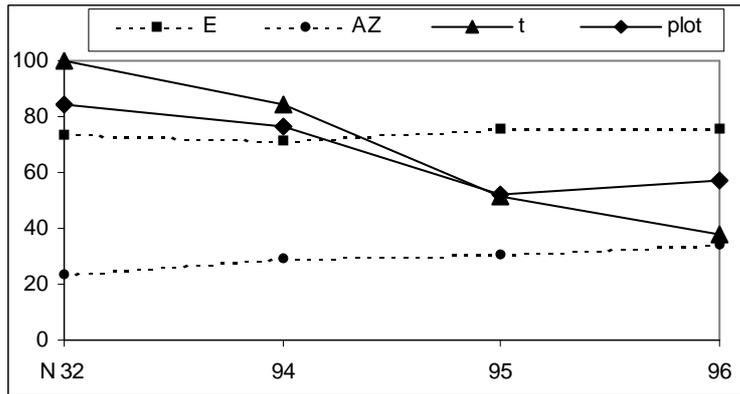


Abbildung 53: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der neuen Ca-Flächen

Die Deckungsverhältnisse verändern sich bei Ca-Düngung schon im zweiten Jahr zugunsten der Festucetumarten, wobei die Gräser (vornehmlich *Festuca rubra*) am meisten profitieren (s. Abbildung 54). Auch Kräuter der Kategorie Begleiter nehmen deutlich zu. Die Kalkung verursachte eine Zunahme der Deckung bei *Cerastium caespitosum* GILIB, *Festuca rubra*, *Potentilla aurea* und *Rhinanthus alectorolophus*, während sie bei *Nardus stricta* abnahm. Die Deckung von *Arnica montana* und *Geum montanum* bleibt während der drei Jahre konstant (bei ca. 4 %), während die Deckung von *Nardus stricta* von ca. 35 auf 15 % abnimmt. Die Deckung von *Festuca rubra* nimmt in demselben Zeitraum von ca. 2 % auf ca. 17 % zu. Leguminosen erscheinen noch nicht. Bei der Ca-Düngung nahm besonders die Stetigkeit von *Anthoxanthum odoratum*, *Phleum alpinum*, *Hieracium pilosella* und *Plantago alpina* zu, während sie bei *Carex pallescens*, *Leucanthemum vulgare* und *Vaccinium myrtillus* abnahm.

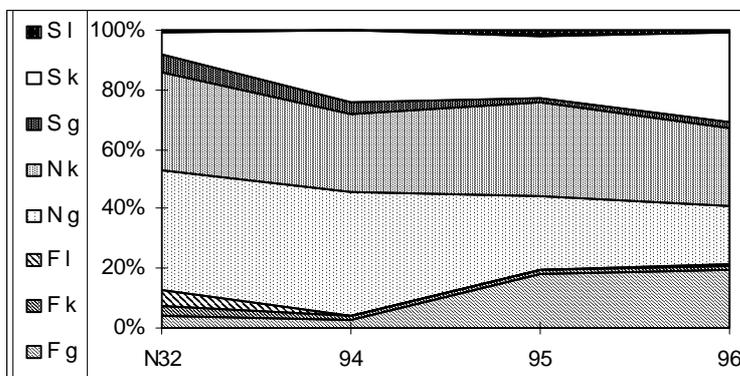


Abbildung 54: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen Ca-Flächen

4.6.9 Neue NPKCa-Flächen

Die Fuzzy-Set-Ordination zeigt einen klaren Trend in Richtung Festucetum (s. Abbildung 55).

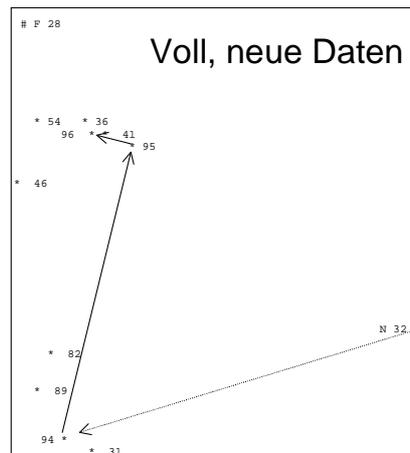


Abbildung 55: Fuzzy-Set-Ordination der neuen NPKCa- Flächen

Bei den NPKCa-gedüngten Flächen nimmt die zeitliche Variabilität bereits in den drei untersuchten Jahren stark ab (s. Abbildung 56). Die flächenbezogene Variabilität sinkt leicht. Die Artenzahlen bleiben konstant. Die Evenness nimmt um fast 8 % auf 61 % ab.

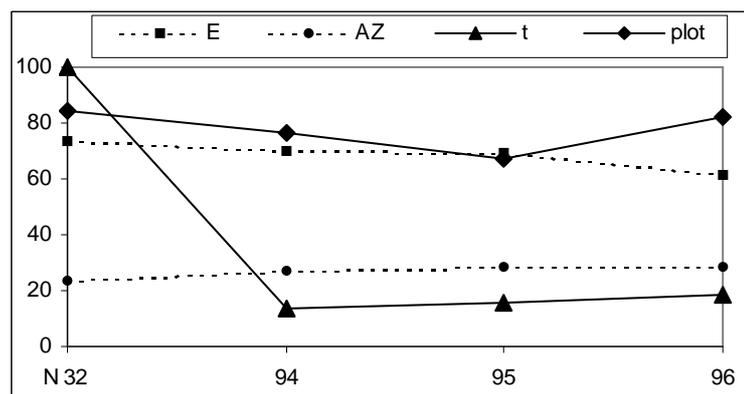


Abbildung 56: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der neuen NPKCa-Flächen

Die Deckungsverhältnisse der untersuchten Artengruppen ändern sich nach der NPKCa-Düngung im Vergleich zum Standardnartdetum in kürzester Zeit deutlich (s. Abbildung 57). Die Deckung der Festucetumgräser nimmt auf Kosten der Nardetumarten zu. Die Deckung der Festucetumkräuter steigt hingegen nicht. Die Düngung fördert die Deckung von *Agrostis tenuis*, *Crepis aurea*, *Potentilla erecta* und *Festuca rubra*, während die Deckungen von *Arnica montana* und *Nardus stricta* und *Solidago virgaurea* zurückgingen. Die Deckung von *Arnica montana* und *Geum montanum* nimmt leicht, diejenige von *Nardus stricta* stark ab (von 40 % auf 5 %). Die Deckung von *Festuca rubra* nimmt von ca. 3 % auf über 50 % zu. Das Verhältnis der Deckung von Nardetum- zu Festucetumarten ändert sich schon im zweiten Untersuchungsjahr deutlich zugunsten der Festucetumgrasarten (*Festuca rubra*). NPKCa-Düngung beeinflusste die Stetigkeit von *Agrostis tenuis*, *Phleum alpinum*, *Hieracium aurantiacum* und *H. pilosella* positiv, die Stetigkeit von *Polygala alpestris*, *P. chamaebuxus*, *Euphrasia minima*, *Vaccinium myrtillus* und *Deschampsia flexuosa* negativ.

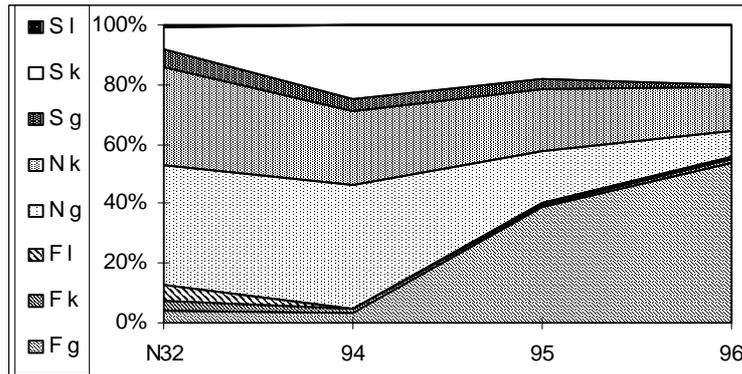


Abbildung 57: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den neuen NPKCa-Flächen

4.7 Teil 3: möglicher Verlauf der Entwicklungen

Die Daten der neuen Flächen wurden für jede Behandlung zwischen der ersten Düngung und der folgenden Aufnahme in die Zeitreihen eingefügt (vgl. Abbildung 1).

Nur bei den NPK-Aufnahmen war der Abstand der ersten Vegetationsaufnahme zu N₃₂ so groß, daß die drei neuen Aufnahmen ohne eine echte Aufnahme davor eingefügt wurden. Sonst paßten die Daten immer in dieselbe Zeitlücke (vgl. Tabelle 28).

Die Daten der neuen Nullflächen wurden zunächst chronologisch korrekt (d. h. in „Echtzeit“ zwischen 1990 und 1997) in LÜDIS Datensatz eingefügt, um tatsächliche Langzeitänderungen in ihrem tatsächlichen Zeitrahmen sichtbar zu machen. Danach wurden dieselben Daten achronologisch (d. h. kurz nach der ersten Aufnahme, also in diesem Fall vor 1941), eingefügt, wie es bei den Daten der gedüngten Flächen der Fall war. Damit soll überprüft werden, ob es möglich ist, die Daten der neuen und alten gedüngten Flächen als Kontinuum zu interpretieren, obwohl die neuen Daten rund 60 Jahre jünger sind als die alten. Die Abbildungen zeigen, wie die Entwicklung möglicherweise stattgefunden hat.

Die ungewichteten Zeigerwerte wurden für alle Aufnahmen jeden Jahres berechnet und gemittelt (vgl. dazu die Werte im Anhang 10.7). Lediglich die mittleren R- und N-Werte der Aufnahmen des Festucetums weichen bisweilen vom Durchschnitt ab, daher wurden nur diese graphisch dargestellt. Die beobachteten Veränderungen lassen sich mit den Interpretationen der anderen Untersuchungen verbinden (alle befinden sich).

Zusätzlich zu den Deckungsangaben werden die Artenzahlenverhältnisse der einzelnen Artengruppen und die Entwicklung der Stetigkeiten (Kernartendiagramme) vorgestellt.

4.7.1 Mögliche Entwicklung der Nullflächen

Die gemeinsame Fuzzy-Set-Ordination der Daten aller Nullflächen zeigt, daß sich die Flächen der Versuchswiese in den letzten 70 Jahren nicht besonders verändert haben. Ein leichter Trend von der Ausgangsposition fort ist bis 1954 zu beobachten, er kehrt sich bis 1990 wieder um (s. Abbildung 58).

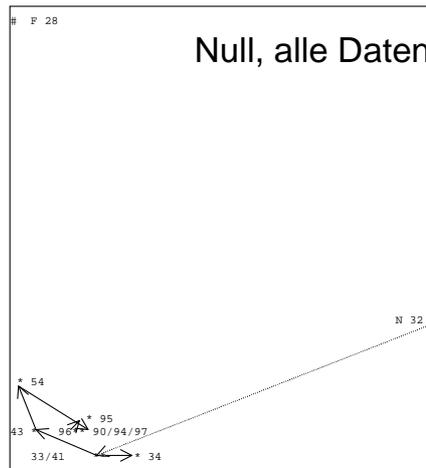


Abbildung 58: Fuzzy-Set-Ordination der gewichteten Daten der ungedüngten Flächen

Die Betrachtung der ungewichteten Fuzzy-Ordination zeigt Änderungen in der Artenzusammensetzung zwischen 1933-34 (s. Abbildung 59). Der Zustand 1933/1934 entspricht nicht demjenigen der anderen Jahre.

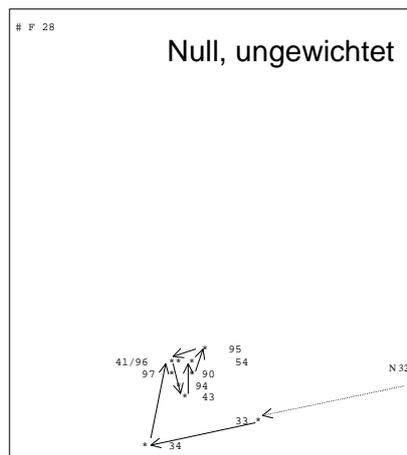


Abbildung 59: Fuzzy-Set-Ordination der ungewichteten ungedüngten Flächen LÜDIS

4.7.1.1 Chronologisch zusammengesetzte Nullflächen

Die zeitlich korrekt eingesetzten Daten zeigen jeweils sehr deutlich die Zunahme der flächenbezogenen und zeitlichen Variabilität nach 1933 und nach 1990 resp. die Zunahme zwischen 1954 und 1990 (s. Abbildung 60) Die Flächen entwickeln sich dann auseinander und ähneln dem Standardnardetum zunehmend weniger. Eine entgegengesetzten Entwicklung erfolgt wieder 1990-1997. Die Artenzahl zeigt leichte Zunahme. Die Evenness schwankt.

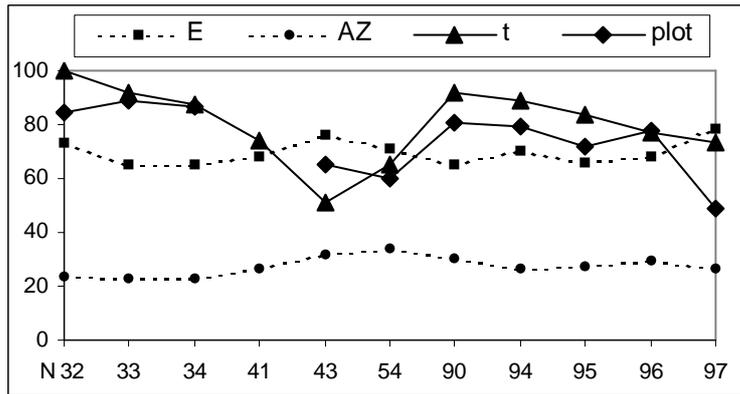


Abbildung 60: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der chronologisch zusammengesetzten Nullflächen

Der Versuchsbeginn manifestiert sich bei den ungedüngten Flächen vor allem durch Zunahme der Deckung von sonstigen Kräutern und Nardetumkräutern (s. Abbildung 61). Die Deckung der Festucetumarten scheint in den alten Flächen von 1990-1997 etwas zu steigen.

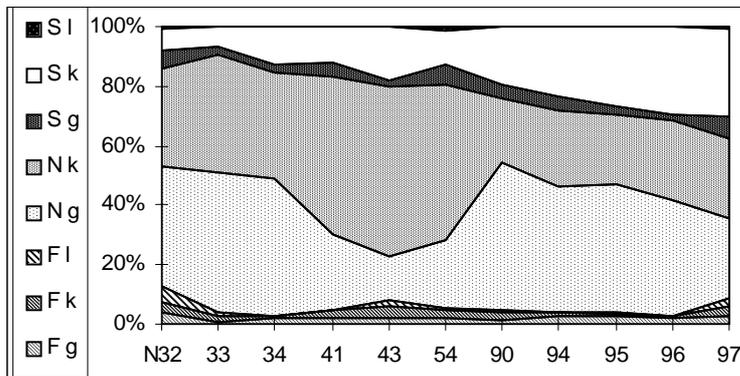


Abbildung 61: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den chronologisch zusammengesetzten Nullflächen

Betrachtet man die Entwicklung der Artenzahlen der definierten Artengruppen, so lassen sich zwar Schwankungen in der absoluten Artenzahl feststellen, die Verhältnisse zueinander variieren jedoch nur in geringem Ausmaß (s. Abbildung 62). Ab 1934 steigen die Artenzahlen.

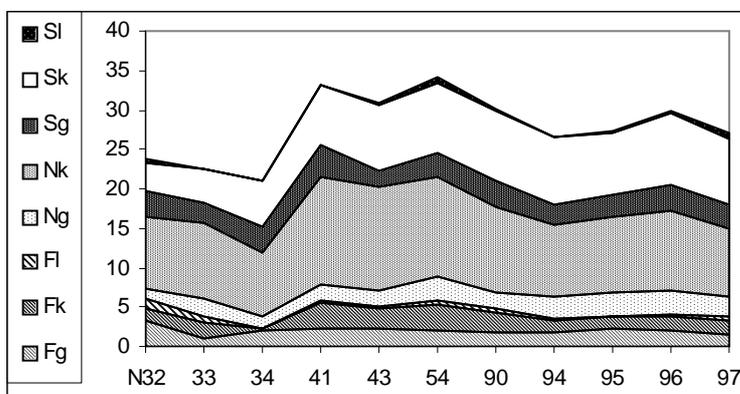


Abbildung 62: Entwicklung der Artenzahlen in den einzelnen Artengruppen in den chronologisch zusammengesetzten Nullflächen

Besonders verdeutlicht wird die Entwicklung durch eine Betrachtung der Deckungsverhältnisse der sogenannten guten und schlechten Futterpflanzen (s. Abbildung 63). Es kommen einige neue Arten hinzu, das heißt Arten, die von LÜDI nicht zugeordnet wurden, weil sie in den Flächen nicht vorhanden waren, resp. erst später bestimmt wurden. Diese Arten erscheinen als „Indifferente“, da sie von Lüdi nicht definiert wurden.

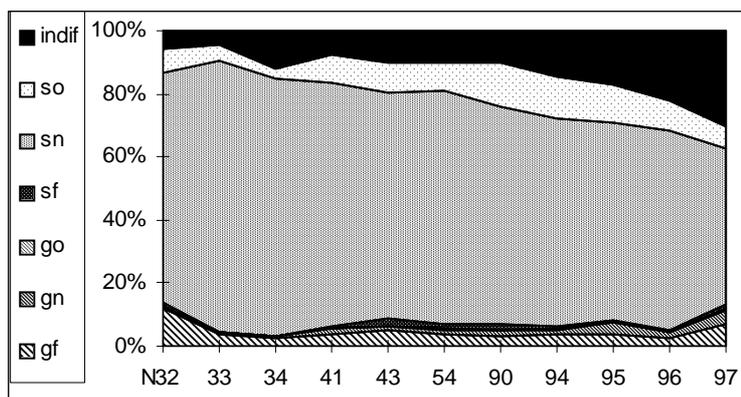


Abbildung 63: Deckungsverhältnisse sogenannter guter und schlechter Futterpflanzen in den chronologisch zusammengestellten Daten der Nullflächen

Die Artenverhältnisse ändern sich nur wenig, obwohl die Artenzahl schwankt (s. Abbildung 64).

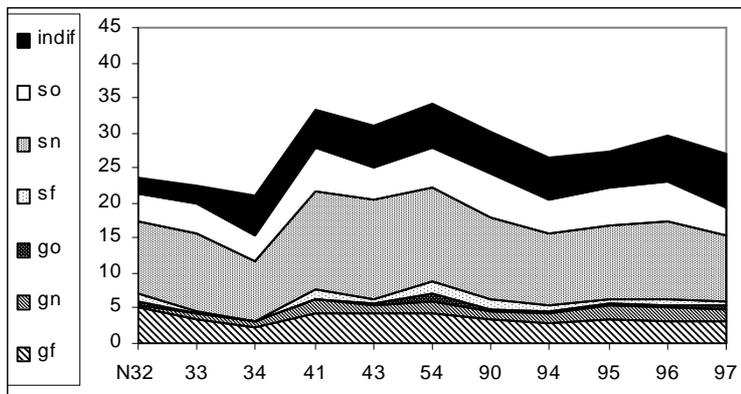


Abbildung 64: hypothetische Entwicklung der Artenzahlen der Futterpflanzengruppen in den Nullflächen

Ein Blick auf die Entwicklung der Stetigkeiten zeigt, daß vor allem Arten hinzukommen, die nicht im Standardnardetum vorgekommen sind. Die Zahl von Arten vormals geringer Stetigkeit (s31) nimmt zu (s. Abbildung 65). Die geringe Artenzunahme ist im Wesentlichen auf Einwanderung von neuen Arten zurückzuführen. Der Bestand der Kernarten bleibt nahezu gleich. Dies zeigen auch die folgenden Kernartendiagramme.

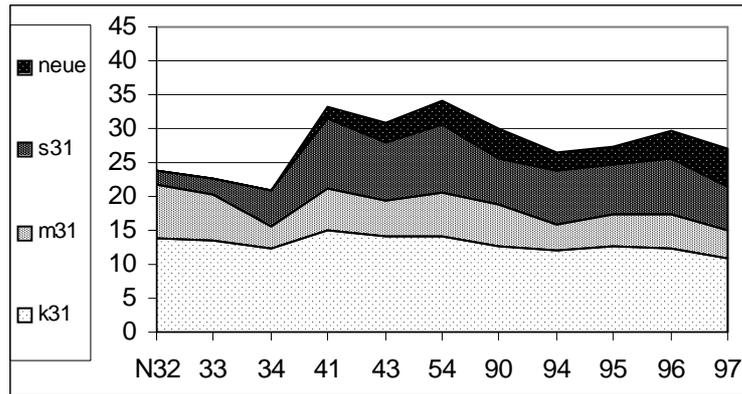


Abbildung 65. Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden im Laufe der Zeit in den Nullflächen

Bei den ungedüngten Flächen läßt sich eine leichte Zunahme der R-Werte feststellen. Eine auffällige Depression zeigt das Jahr 1934. Die neuen Werte liegen etwas unter denen der alten Flächen. Die N-Werte ändern sich kaum (s. Abbildung 66).

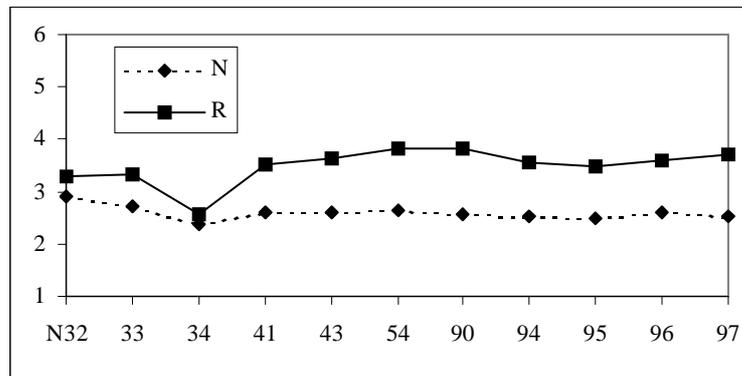


Abbildung 66. Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der zusammengesetzten Daten der Nullflächen

Die Artenzahlen nimmt in den Nullflächen nicht zu (s. Abbildung 67), jedoch kommen 1943/54 mehr Arten vor als vorher oder nachher.

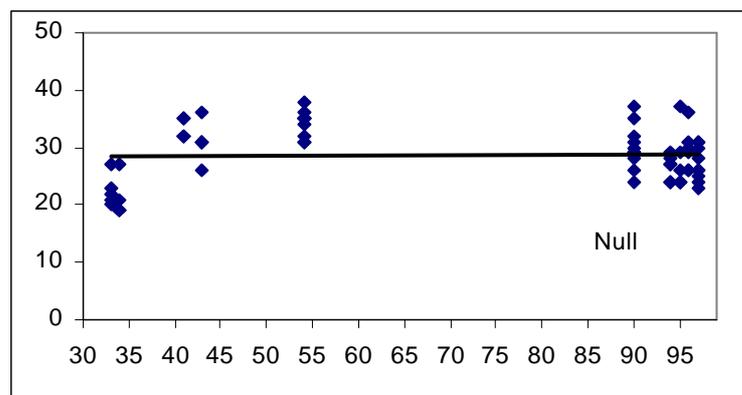


Abbildung 67: Artenzahlen in den Nullflächen

4.7.1.2 Achronologisch zusammengesetzte Nullflächen

Werden die neuen Daten in der Weise in die alten Daten eingefügt (s. Abbildung 68)., wie dies für die anderen Behandlungen vorgenommen wurde, zeigt sich nun zwischen 1930 und 1954 ein sehr

detaillierter Trend der Flächen vom Standardnardetum weg (das Jahr 1994 entspräche dem Jahr 1935, 1995 = 1936 und 1996 = 1937, vgl. Tabelle 28). Wieder ist ein Einschnitt zwischen 1954 und 1990 deutlich erkennbar, obwohl dieser Verlauf nunmehr sehr gestaucht erscheint (vgl. dazu 6.2). Auch die erneute Rückentwicklung zwischen 1990 und 1997 legt nahe, daß es sich bei den Beobachtungen um einen induzierten umkehrbaren Effekt handelt.

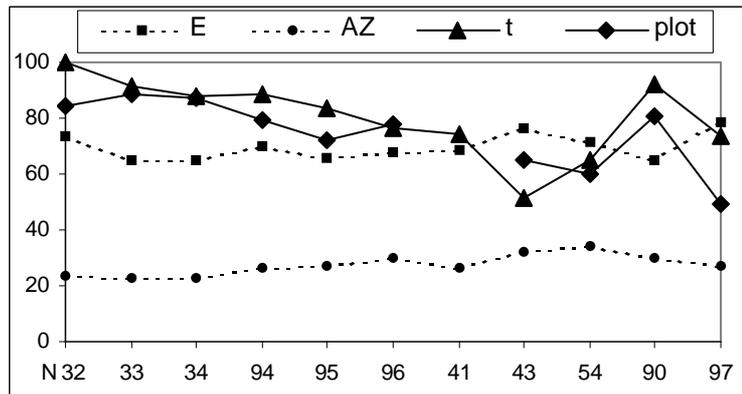


Abbildung 68: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der achronologisch zusammengesetzten Daten der Nullflächen

Demzufolge kann man auch in dieser Datenreihenfolge deutlich -allerdings verzögert- eine Förderung der Nardetumkräuter resp. ihre spätere Dezimierung ist zu erkennen (s. Abbildung 69).

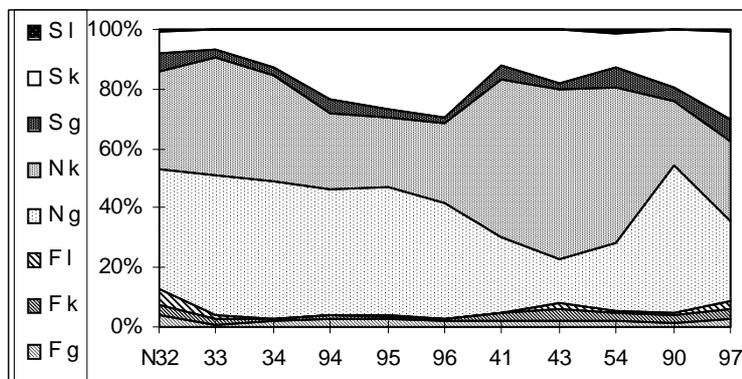


Abbildung 69: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den achronologisch zusammengesetzten Nullflächen

Die ungedüngten Flächen zeigen in dieser Reihenfolge eine leichte Zunahme der Nardetumkräuter und Sonstigen Kräuter (s. Abbildung 70).

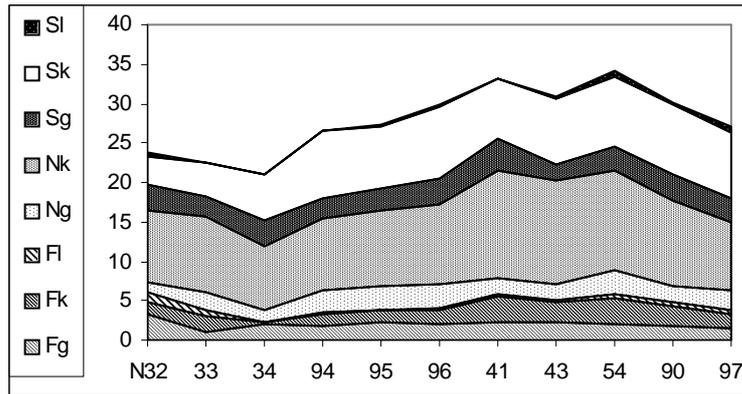


Abbildung 70: Änderung der Anzahl verschiedener Arten der Gesellschaftsgruppen achronologisch ungedüngten Flächen

In dieser Darstellungsweise scheinen die neuen Arten rascher einzuwandern als es wahrscheinlich der Fall war. Bereits „1935“ (vgl. Tabelle 28) ist ein großer Anteil neuer Arten zu erkennen (s. Abbildung 71).

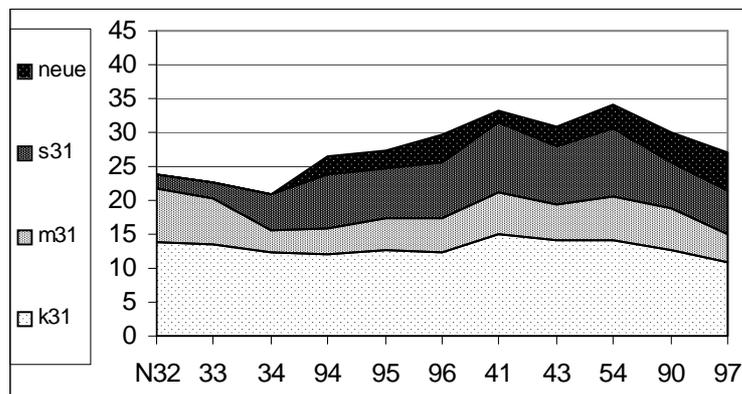


Abbildung 71: Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden im Laufe der Zeit in den Nullflächen

4.7.2 Mögliche Entwicklung der NPK-Flächen

Die Entwicklung in den NPK-Flächen läßt in der Fuzzy-Ordination eine andere als die gewählte (s. Abbildung 72) Reihenfolge vermuten, nämlich 36-94-95-96-41-43-82-89, s. Abbildung 73).

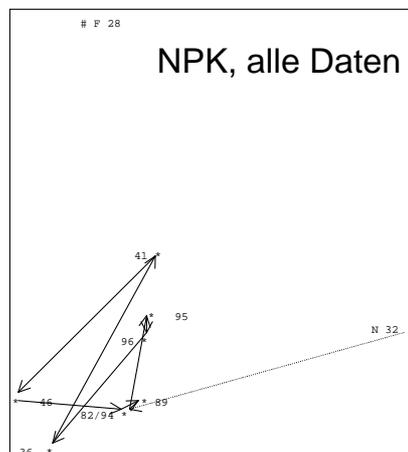


Abbildung 72: achronologische Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten NPK- Flächen I

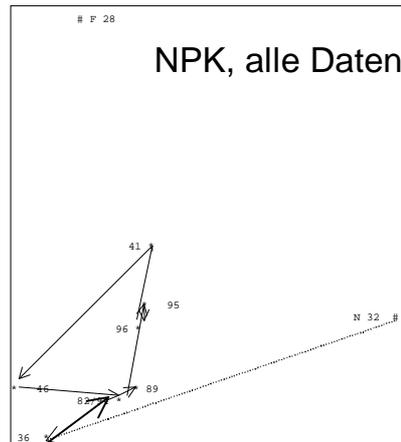


Abbildung 73: achronologische Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten NPK- Flächen II

Die Darstellung der ungewichteten Daten zeigt keine Veränderungen in der Artenzusammensetzung die auf eine Entwicklung zum Festucetum hinweist (s. Abbildung 74).

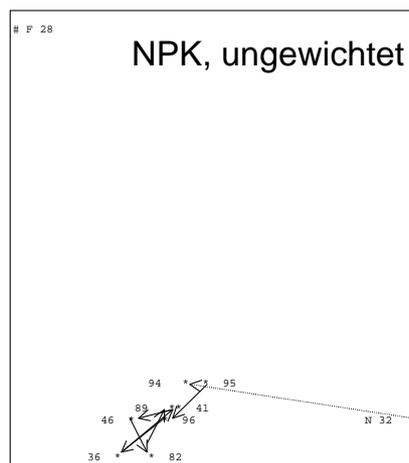


Abbildung 74: Fuzzy-Set-Ordination der ungewichteten NPK-Flächen LÜDIS

Die neuen Daten der NPK-Flächen wurden ganz an den Anfang der alten Datenreihe gestellt (s. Abbildung 75). Offenbar war die damalige Entwicklung schon 3 Jahre nach der ersten Düngung (1936) deutlich fortgeschritten, denn die eingefügten Daten führen zur Darstellung einer dramatischen Veränderung in kurzer Zeit (1994 = 1933, 1995 = 1934, 1996 = 1935, vgl. Tabelle 28). Die zeitliche Ähnlichkeit befindet sich 1936 auf einem Tiefstand. Da es sich hier aber nur um eine einzige Fläche handelt, kann dieses Ergebnis nicht klar interpretiert werden. Der Rückgang der Veränderungen nach 1946 zeigt sich auch in diesem Diagramm durch eine Annäherung an das Ausgangsstadium. Danach setzt eine deutliche Homogenisierung ein.

Die Artenzahl steigt insgesamt leicht an, die Evenness nimmt nach der Düngung und dann noch einmal zu.

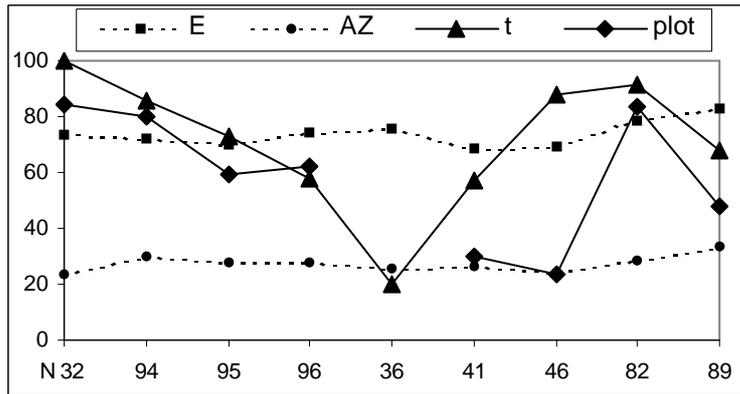


Abbildung 75: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der zusammengesetzten NPK- Flächen

Das Diagramm mit den eingefügten Daten (s. Abbildung 76) zeigt deutlich den detaillierten Verlauf der zögerlichen Zunahme der Deckung von Gräsern des Festucetums (*Festuca rubra*). Die Kräuter des Festucetums nehmen in dieser Grafik erst etwa 15 Jahre nach der ersten Düngung zu, werden aber später offenbar wieder reduziert (*Leontodon hispidus*, *Alchemilla vulgaris*, *Plantago alpina*, *Campanula scheuchzeri*).

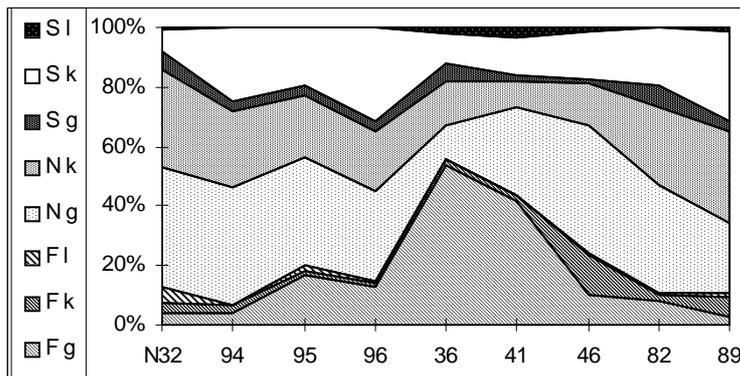


Abbildung 76: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten NPK-Flächen

Hinsichtlich der Verhältnisse der ausgewählten Artengruppen und Wuchsformen lassen sich kaum Veränderungen erkennen (s. Abbildung 77).

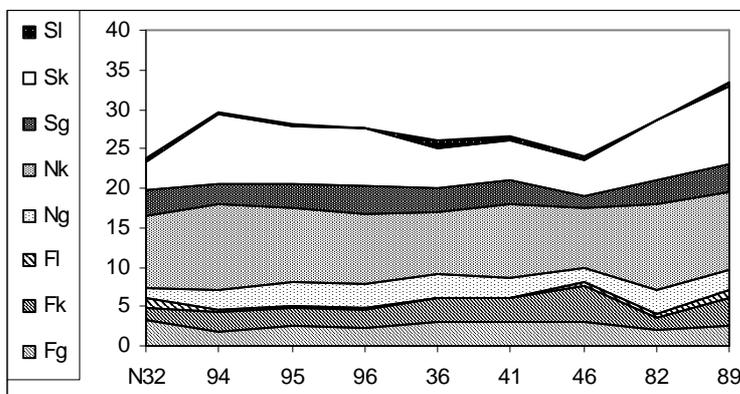


Abbildung 77: Darstellung der Artenzahlen der einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten NPK-Flächen

Die Deckungsänderungen werden abhängig von der Soziologie durch Änderungen in der Deckung guter und schlechter Futterpflanzen verursacht (s. Abbildung 78). Die Deckung der guten Festucetumfutterpflanzen nimmt deutlich zu.

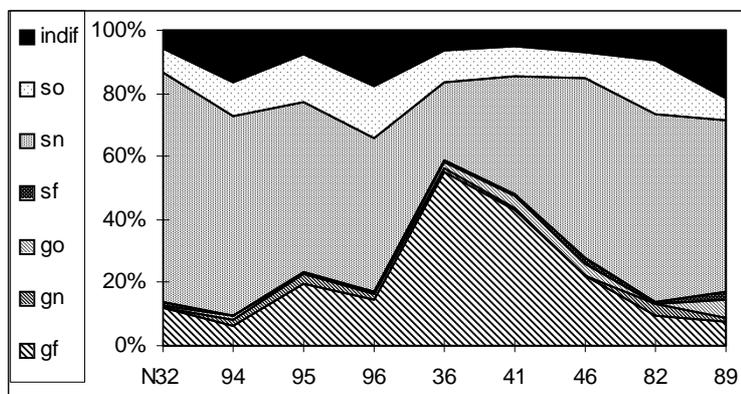


Abbildung 78: Änderung der Deckungsverhältnisse von guten und schlechten Futterpflanzen bei der NPK-Düngung

Die absoluten Anzahlen der Arten der Futterpflanzengruppen nehmen nach Beginn der Düngungen, aber auch später noch einmal zu. Die guten Futterpflanzen werden zwischen 1946 und 1982 reduziert, während die schlechten Futterpflanzen zunehmen (s. Abbildung 79).

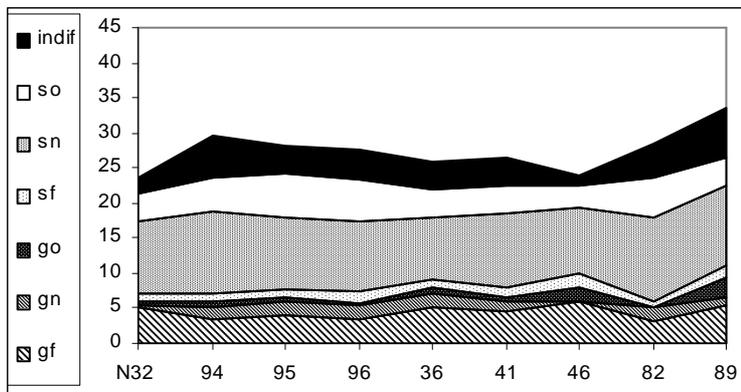


Abbildung 79: Änderung der Anzahlen von guten und schlechten Futterpflanzen bei der NPK-Düngung

Erst spät kommen neue Arten dazu. Besonders der Anteil der neuen Arten steigt. Die zusammengesetzten Daten vermitteln hier den (historisch nicht korrekten) Eindruck, als gingen diese Arten zurück und kämen wieder (s. Abbildung 80).

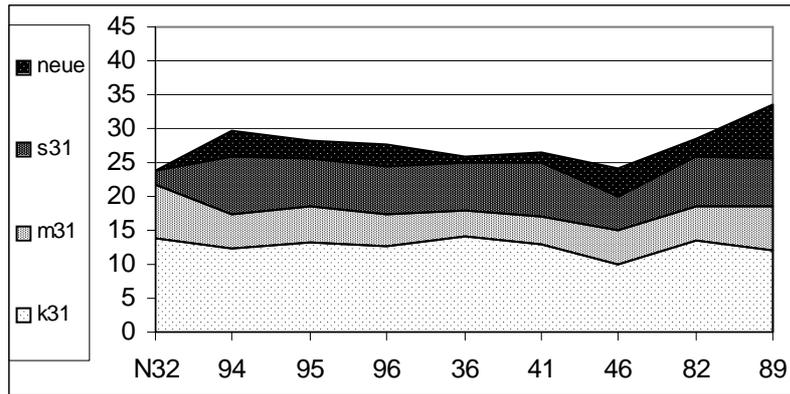


Abbildung 80: Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden im Laufe der Zeit in den NPK-Flächen

Bei NPK-Düngung zeigt sich ein Absteigen der alten R-Werte, das durch die hohen neuen Werte überdeckt wird (s. Abbildung 81). Insgesamt schwanken die Werte sehr stark und erreichen erst 1989 wieder ihren alten Stand. Die N-Werte folgen in den alten Flächen den Schwankungen, liegen in den neuen Flächen aber deutlich niedriger als die R-Werte.

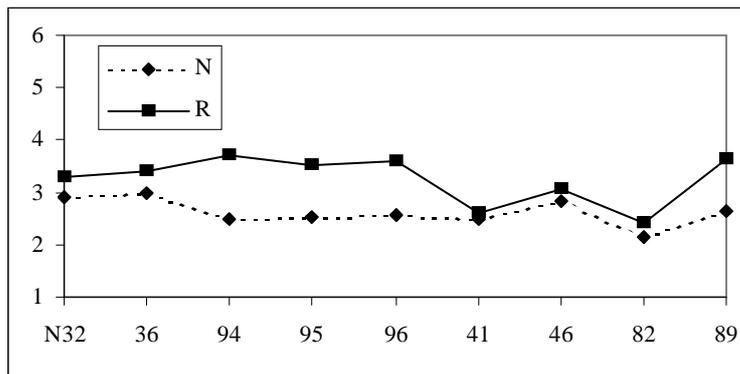


Abbildung 81: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der zusammengesetzten Daten der NPK-Flächen

Die Artenzahl nimmt im Verlauf der Jahre insgesamt leicht zu, die Streuung ist in neuester Zeit besonders groß (s. Abbildung 82).

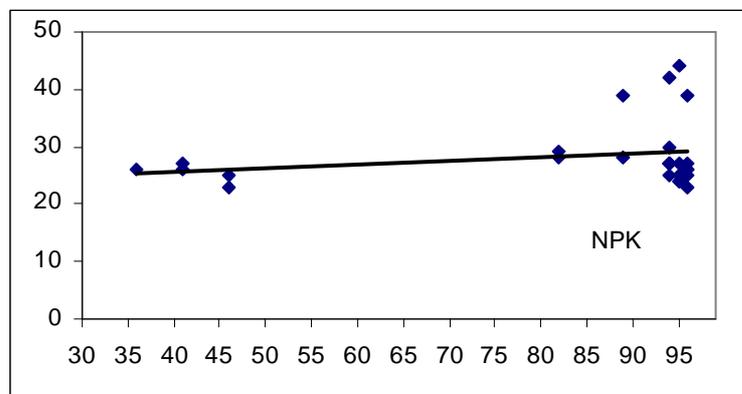


Abbildung 82: Entwicklung der Artenzahlen in den NPK-Flächen. Chronologische Darstellung!

4.7.3 Mögliche Entwicklung der Ca-Flächen

Die Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten Daten zeigt, daß die neuen Flächen den durch die großen Abstände in den Vegetationsaufnahmen der alten Daten nicht erfaßten Trend zum Standardfestucetum zeigen (s. Abbildung 83). Die vorübergehende Fortentwicklung bleibt erkennbar.

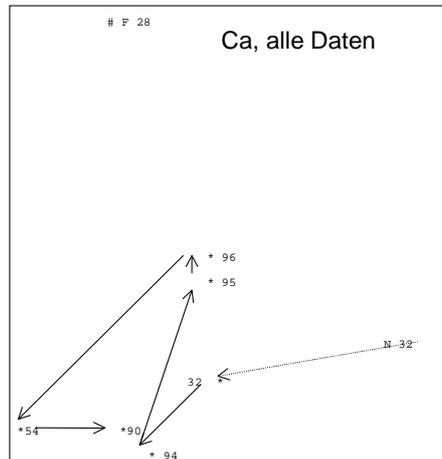


Abbildung 83: Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten Ca- Flächen

Die Datendichte ist aber immer noch nicht groß genug, um diese Annahme vollkommen zu bestätigen. Die ungewichteten Daten zeigen auch in dieser Fuzzy-Ordination, daß auch bei Kalkung keine grundlegende Änderung im Arteninventar eintritt (s. Abbildung 84).

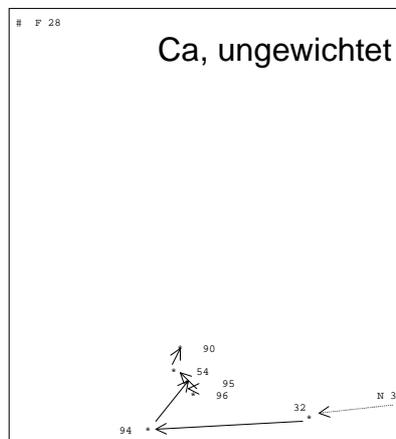


Abbildung 84: Ungewichtete Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten Ca- Flächen

Die Daten der neuen Flächen konnten problemlos zwischen 1932 und 1954 eingefügt werden. Das Diagramm zeigt nun einen differenzierten Verlauf der Zunahme der flächenbezogenen und zeitlichen Variabilitäten der Flächen (s. Abbildung 85). Die Entwicklung ist schnell, die Ähnlichkeit nimmt rasch ab. Es scheint, als würden sich die Flächen erst im Laufe der Zeit (1954) auseinander entwickeln, während die zeitliche Ähnlichkeit schon 1954 wieder etwas zunimmt. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Fuzzy-Set-Ordination.

Auch Artenzahl und Evenness von 1994-1996 fügen sich als 1935-1937 gut ein.

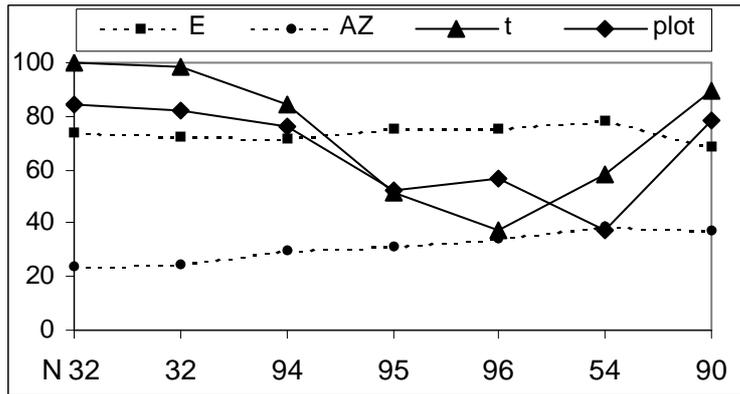


Abbildung 85: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der zusammengesetzten Ca- Flächen

Das Diagramm der Deckungsverhältnisse zwischen den Artengruppen zeigt die rasche Zunahme der Festucetumgrasarten auf Kosten der Gräser des Nardetums (s. Abbildung 86). Erst „später“ (etwa „1935-54“, vgl. Tabelle 28) nehmen die Festucetumkräuter zu und die Festucetumgräser wieder ab. Ein deutlicher Einfluß ist auch hier durch die Zunahme der Nardetumgräser deutlich zuerkennen. Auffallend ist, daß die Deckung der Leguminosen in den neuen Aufnahmen mit ca. 1-2 % gegenüber 6-10 % deutlich geringer ist (Vegetationstabellen).

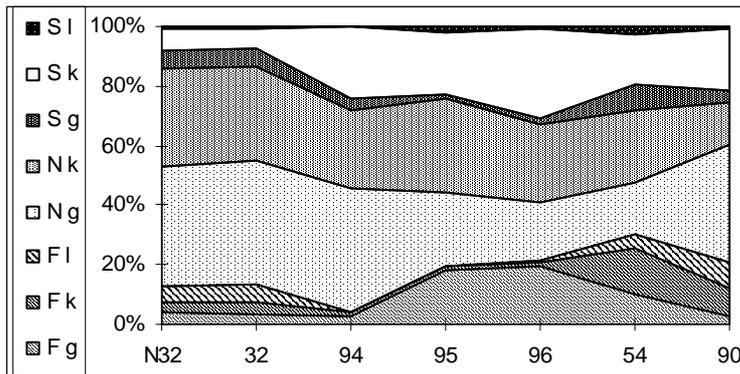


Abbildung 86: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten Ca- Flächen

Die Artenzahlenverhältnisse ändern sich auch hier nur wenig (s. Abbildung 87).

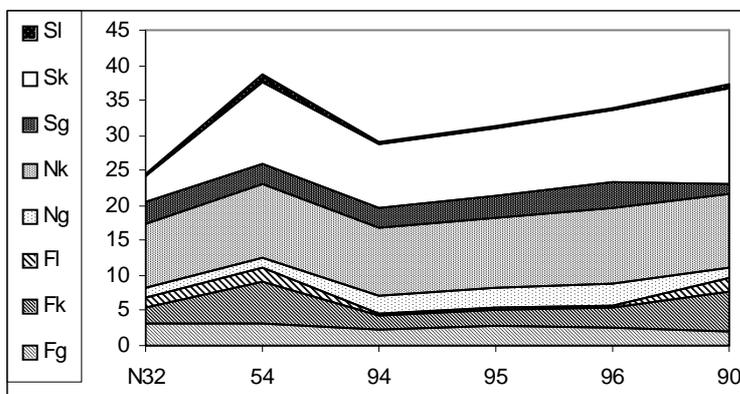


Abbildung 87: Darstellung der Artenzahlenverhältnisse bei den zusammengesetzten Ca- Flächen

Die gekalkten Flächen zeigen eine Zunahme der Deckung guter Futterpflanzen (s. Abbildung 88). Auffallend ist eine kurzfristige Zunahme der Deckung schlechter Festucetumfutterpflanzen um 1954 (*Cerastium caespitosum*, *Leontodon hispidus*).

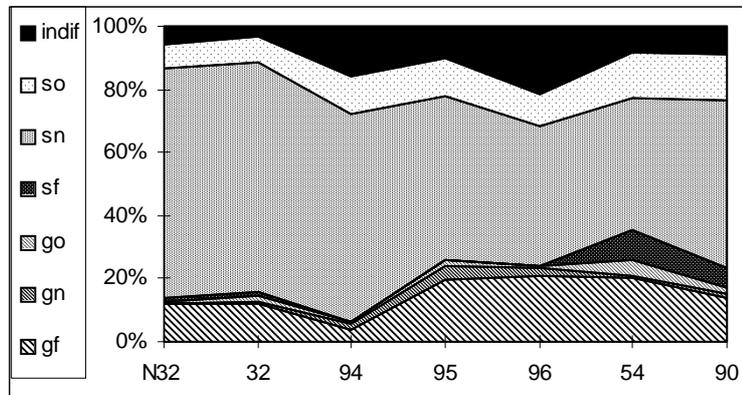


Abbildung 88: Änderung der Deckungsverhältnisse von guten und schlechten Futterpflanzen bei der Ca-Düngung

Die Verhältnisse der Artenzahlen der Futterpflanzen ändern sich auch bei dieser Düngung abgesehen von der Zunahme der Indifferenten nicht (s. Abbildung 89).

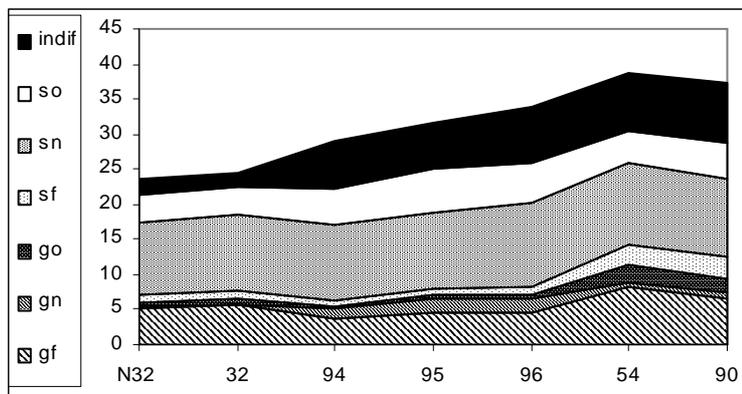


Abbildung 89: Änderung der Artenzahlen von guten und schlechten Futterpflanzen bei der Ca-Düngung

Es ist deutlich zu sehen, daß die neuen Arten 1954 zahlreich waren, 1994 hingegen nicht. Durch das Zusammenfügen der Datensätze wird ein vorübergehender Rückgang „neuer“ d. h. nicht definierter Arten suggeriert (s. Abbildung 90).

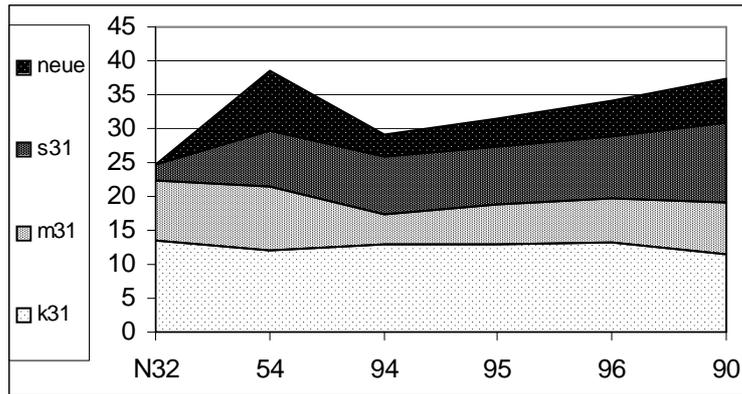


Abbildung 90 Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden, im Laufe der Zeit in den Ca-Flächen

Die Ca-Düngung läßt sich in der Vegetation durch eine Zunahme der mittleren R-Werte dokumentieren, die neuen Flächen fügen sich gut ein (s. Abbildung 91). Die N-Werte ändern sich nicht.

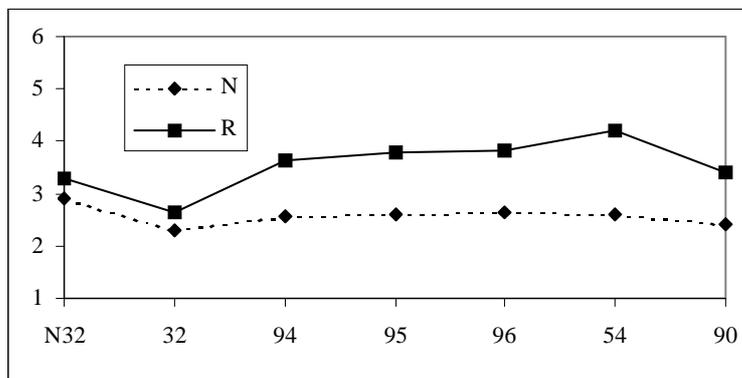


Abbildung 91: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der zusammengesetzten Daten der Ca-Flächen

Auch in den Ca-Flächen nimmt die Artenzahl zu (s. Abbildung 92)

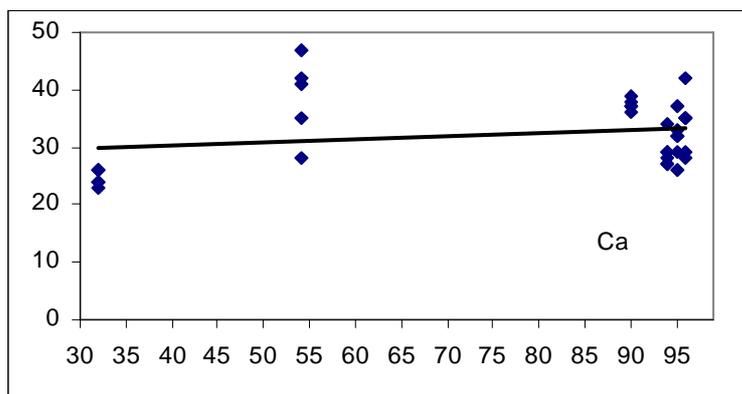


Abbildung 92: Artenzahlen in den Ca-Flächen. Chronologische Darstellung!

4.7.4 Mögliche Entwicklung der NPKCa-Flächen

Die Fuzzy-Set-Ordination mit den zusammengesetzten Daten zeigt die deutliche Veränderung der Vegetation durch die Düngung, sowie den ebenfalls deutlichen Einfluß der Beweidung (s. Abbildung 93).

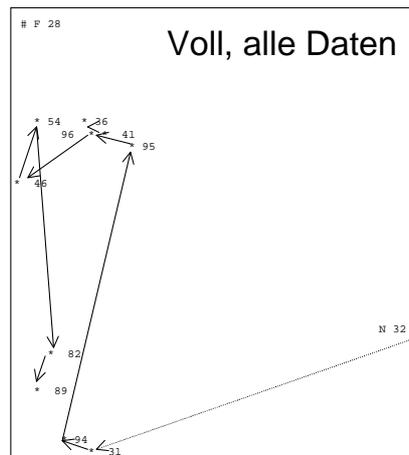


Abbildung 93: Fuzzy-Set-Ordination der zusammengesetzten NPKCa-Flächen

Betrachtet man diese Trends, ohne die Deckungsgrade zu berücksichtigen (= ungewichtet), fallen die Änderungen wesentlich weniger drastisch aus. Dahingegen ist auch hier zu sehen, daß sich die Flächen schon 1931, also unmittelbar nach der Einzäunung nicht (mehr?) in der Nähe des Standardnardetums befinden, aber die Flächen entwickeln sich nur unvollständig zum Standardfestucetum. Nach dem Einsetzen der Beweidung (1968) strebt die Vegetation wieder der Ausgangsgesellschaft zu (s. Abbildung 94).

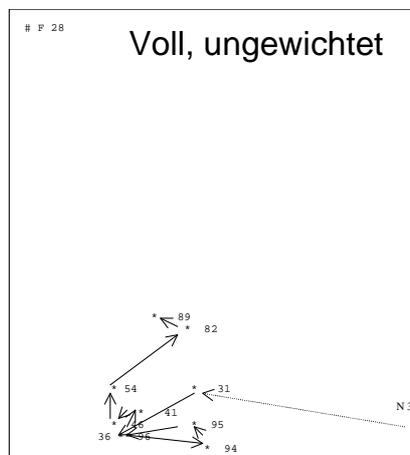


Abbildung 94: Fuzzy-Set-Ordination der ungewichteten NPKCa-Flächen LÜDIS

Die Daten der Entwicklung der flächenbezogenen und zeitlichen Variabilität der neuen NPKCa-gedüngten Flächen lassen sich gut in den bestehenden Datensatz einfügen (s. Abbildung 95). Bereits im ersten Sommer (1931) sind deutliche Veränderungen zu erkennen. Der Datensatz von 1994 wird als Jahr 2 nach der Düngung betrachtet und zeigt eine deutliche Entwicklung in den Flächen. Die einzelne Aufnahme aus dem Jahr 1936 ähnelt dem Ausgangszustand mehr als das Zentroid aus dem Jahr 1941 (3 Flächen). Zeitliche und flächenbezogene Variabilität der Flächen nehmen deutlich ab. Ansonsten zeigen sich die bereits besprochenen Effekte auch hier: deutliche Abnahme der Artenzahl durch den Eingriff; allgemeine Zunahme der Arten im Laufe der Zeit. Deutliche Unterschiede in der Evenness. Sie erreicht einen Höchststand etwa 12 Jahre nach der ersten Düngung. Die folgende Abnahme deutet bereits die anschließende Rückentwicklung zum Nardetum an.

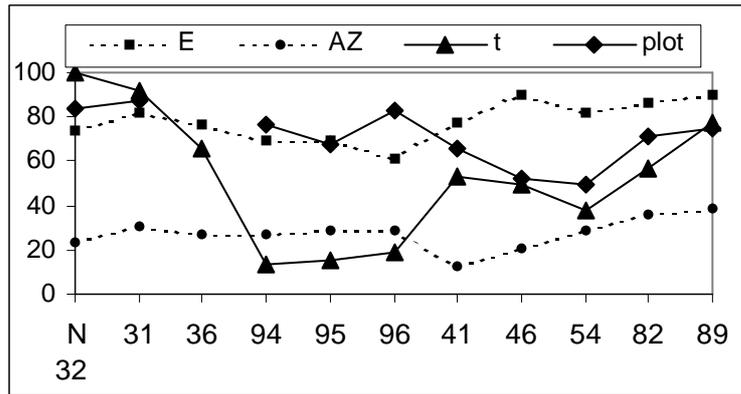


Abbildung 95: Evenness, Artenzahlen, Zugehörigkeitsdiagramm der zusammengesetzten NPKCa- Flächen

Die Deckungsverhältnisse der kombinierten Daten spiegeln kurz- und langfristige Einflüsse der Deckung harmonisch wider (s. Abbildung 96). Auffallend ist auch hier -wie bei den NPK-Flächen, daß die Festucetumkräuter erst mit deutlicher Verzögerung auf die Düngung reagieren. Die Entwicklung der Leguminosen erscheint logisch.

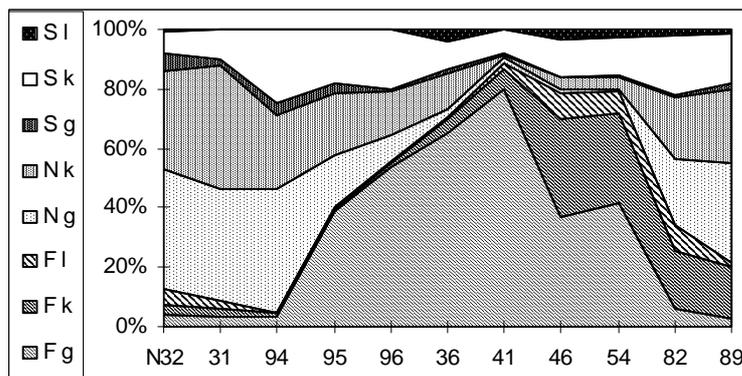


Abbildung 96: Darstellung der Deckungsverhältnisse der einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten NPKCa-Flächen (in % für

Die Artenzahlen und -verhältnisse hingegen ändern sich auch hier, abgesehen von dem Minimum im Jahre 1941, wenig (s. Abbildung 97).

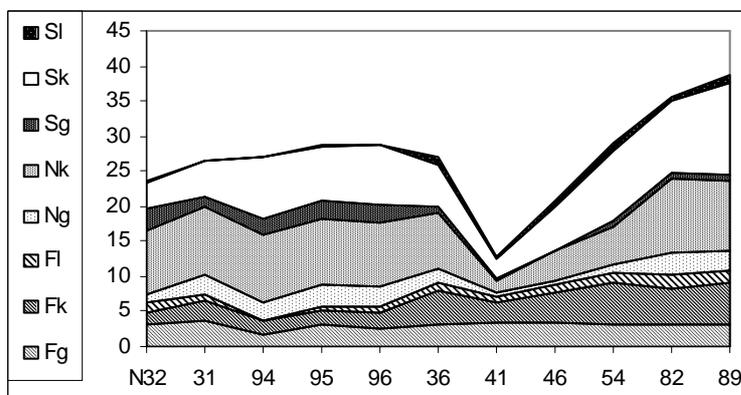


Abbildung 97: Darstellung der Artenzahlen in den einzelnen Artengruppen bei den zusammengesetzten NPKCa-Flächen

Umso deutlicher sind die Änderungen in den Deckungsverhältnissen der guten und schlechten Futterpflanzen, die an Deckung deutlich zunehmen, durch die folgende Beweidung (Pfeil) jedoch wieder deutlich reduziert werden (s. Abbildung 98).

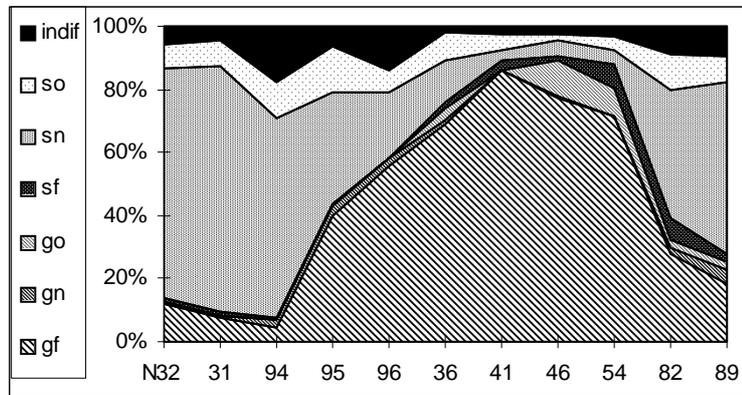


Abbildung 98: Änderung der Deckungsverhältnisse von guten und schlechten Futterpflanzen bei der NPKCa-Düngung

Der Eindruck der Vegetationsänderung wird jedoch nicht durch die Veränderung der Artenzusammensetzung verursacht (s. Abbildung 99).

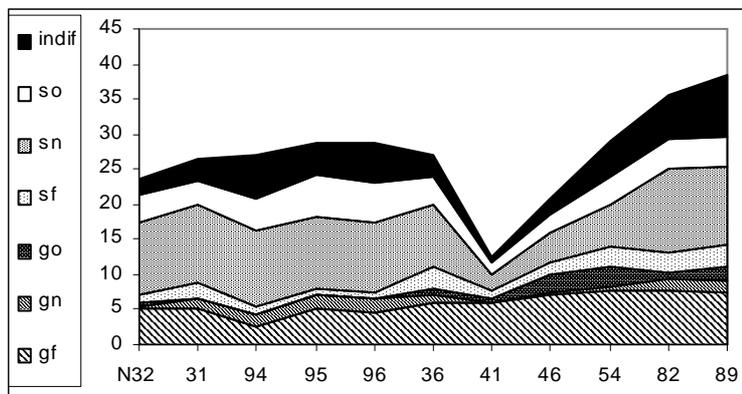


Abbildung 99: Änderung der Artenzahlen von guten und schlechten Futterpflanzen bei der NPKCa-Düngung

In den NPKCa-gedüngten Flächen nimmt die Anzahl der etablierten Arten (k31) deutlich ab, nachdem die Düngung ihre Auswirkungen entfaltet hat (s. Abbildung 100). Anschließend erholt sich der Bestand wieder. Vor allem sonstige Arten nehmen zu. In diesem Fall lassen sich die Daten nicht so gut einfügen, denn in der Graphik erscheinen die sonstigen Arten bereits in den Flächen 1994-96, also quasi „zu Beginn der Versuche“.

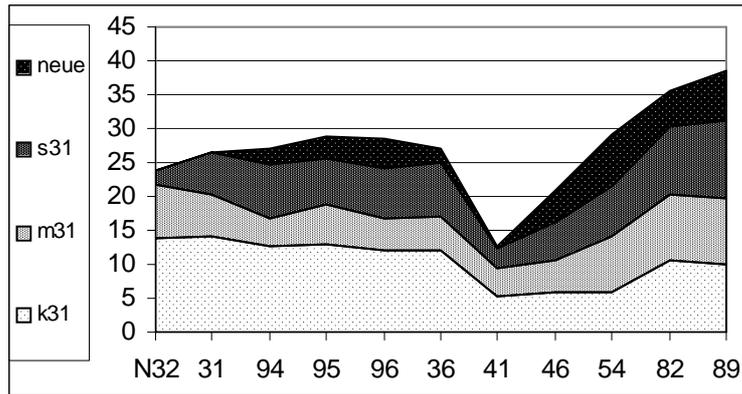


Abbildung 100: Anteil der Arten, die zu Beginn der Versuche als Kernarten definiert wurden, im Laufe der Zeit in den NPKCa-Flächen

Bei den NPKCa-gedüngten Flächen ist ein Anstieg der N_{41} - und R_{41-54} -Werte zu beobachten (s. Abbildung 102). Zwischen 1954 und 1982 nehmen die R-Werte vorübergehend etwas ab.

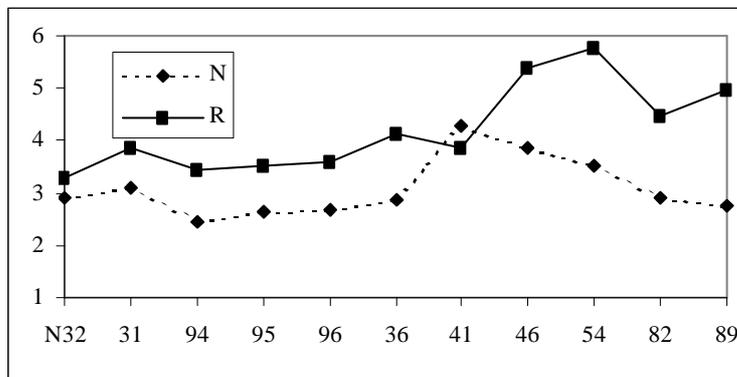


Abbildung 101: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der zusammengesetzten Daten der NPKCa-Flächen

Die Artenzahl nimmt in den NPKCa-Flächen deutlich und stetig zu (s. Abbildung 102).

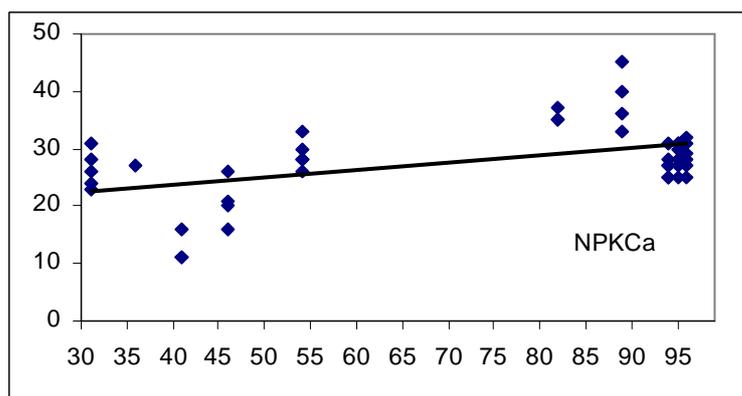


Abbildung 102: Entwicklung der Artenzahlen in den NPKCa-Flächen. Chronologische Darstellung

4.8 Artenzahlendynamik in der gesamten Versuchsweide

Abbildung 103 zeigt die Entwicklung der mittleren Artenzahlen in allen untersuchten Flächen. Der detaillierte Verlauf ist für jede Behandlung in die Darstellungen der Zugehörigkeitsdiagramme eingefügt und dort besprochen worden, s. o.). Betrachtet man alle Flächen gemeinsam, ist eine allgemeine Zunahme der Artenzahlen zu beobachten.

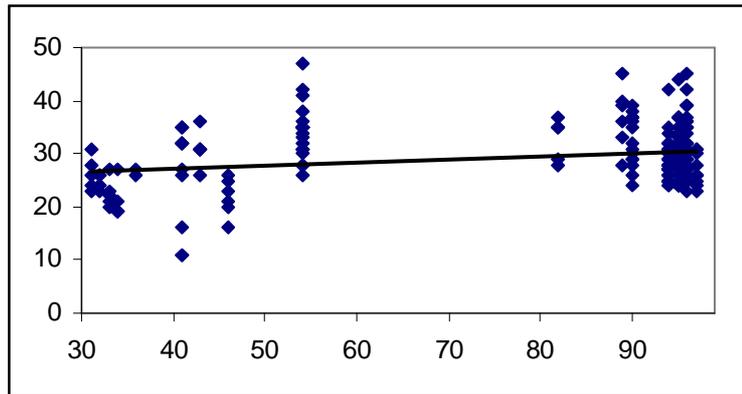


Abbildung 103: Allgemeine Entwicklung der Artenzahlen in allen Flächen

Die absolute Anzahl derjenigen Arten, die in den ersten Jahren als Kern (100-80 % Stetigkeit)- resp. Satellitenarten (< 29 % Stetigkeit) eingeteilt werden, ändert sich kaum (vgl. dazu Tabelle 89 und Tabelle 90). Es ist aber auffallend, daß Kernarten der frühen Jahre zu Satellitenarten in jüngerer Zeit werden und umgekehrt.

Ein Wechsel der Stetigkeit wurde zwischen 1931/34 und 1994 von folgenden Arten der Versuchsweide (Zu- und Abnahme in % des Mittelwertes) vollzogen:

Deutliche Abnahme der Stetigkeit (Kern → Satellit): *Plantago alpina* -78, *Alchemilla vulgaris* s. l. -53, *Carex sempervirens* -43, *Leontodon hispidus* s. l. -43, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG -42, *Luzula multiflora et silvatica* -37, *Calluna vulgaris* -36, *Lotus corniculatus ssp. alpinus* -33, *Poa alpina* -33, *Trifolium pratense* s. l. -31, *Phleum alpinum ssp. rhaeticum* -30.

Deutliche Zunahme der Stetigkeit (Satellit → Kern): *Rhinanthus alectorolophus* 31, *Pulsatilla alpina* s. l. 33, *Euphrasia minima* 35, *Chrysanthemum adustum* (KOCH) FRITSCHH 35, *Polygala alpestris* 36, *Crocus albiflorus* 39, *Hieracium aurantiacum* L 45, *Bartsia alpina* 47, *Luzula multiflora* 58, *Vaccinium myrtillus* 58, *Anemone narcissiflora* 74, *Deschampsia flexuosa* 80, *Campanula scheuchzeri* 83, *Homogyne alpina* 90, *Leontodon helveticus* 91, *Polygala chamaebuxus* 92.

4.9 Zeigerwerte der verschiedenen Artengruppen

Die Daten in Tabelle 31 zeigen, daß die durchschnittlichen Zeigerwerte der Flächen auf der Versuchsweide von den Angaben für Nardeten in der Literatur abweichen: Die Temperaturzahlen liegen mit Werten um 2 (gegenüber fast 5) wesentlich tiefer. Dies liegt daran, daß die Versuchsweide ein subalpines Nardetum ist. Die Feuchtezahlen liegen demgegenüber höher (Werte um 5 gegenüber Werten um 3). Während diese Werte sich für das Nardetum 32 und die Nullflächen₉₄ im Rahmen der in der Literatur angegebenen Amplitude (um 3 resp. für die R-Werte etwas höher), liegen sie bei den gedüngten Flächen und den Festuceten erwartungsgemäß höher (um 3 (bis zu 4) resp. zwischen 4 und fast 5,5 für die R-Werte). Die L-Werte (um 7,4) liegen etwas höher (statt ca. 7). Die F-Werte (um 5) liegen eher hoch (statt 2,5- 3,5). Die N-Werte (um 3) liegen etwas höher (statt 2,5). Die R-Werte (um 3) liegen im normalen Bereich (statt 2,5- 3,5).

Tabelle 31: Mittlere Zeigerwerte von Borstgrasrasen (Literatur und Flächen LÜDIS)

Gesellschaft	L	F	T	R	N	Quelle
--------------	---	---	---	---	---	--------

Leontodo-Nardetum	7,1	3,7	4,9	3,0	2,5	BÖCKER et al. 1983:41
Nardetum alpinum	7,0	2,5	4,8	3,3	2,7	BÖCKER et al. 1983:41
Aveno-Nardetum	7,3	2,5	4,8	3,5	2,6	BÖCKER et al. 1983:41
Lycopodio-Nardetum	6,2	3,4	5,0	2,5	3,0	BÖCKER et al. 1983:41
DÄHLER (Landoltzahlen)		2,9		3,4	2,4	DÄHLER 1993
> 400m (nach ELLENBERG 1952!)					1,7	KLAPP 1974:112
Ungedüngte Borstgrasweiden					1,76-1,99	KLAPP 1965 (in KLUG-PÜMPEL et al. 1994)
0 ₃₂	7,4	4,8	2,8	3,3	2,9	eigene Daten

In der Versuchsweide herrschen also etwas alpinere, feuchtere und hellere aber auch nährstoffreichere und weniger saure Bedingungen als in anderen Borstgrasrasen. Die Zeigerwerte für die Artengruppen zeigen deutliche Ähnlichkeiten, aber, vor allem in den R- und N-Werten der Nardetumgruppe, auch Unterschiede. Diese weisen, im Gegensatz zu den Festucetumartengruppen, Werte um 3 resp. 2 auf (gegenüber 6 resp. 5). Alle Artengruppen sind sehr lichtbedürftig, besonders die Nardetumgräser. Die Temperaturzahlen weisen auf den alpinen Lebensraum aller Arten hin.

Würde sich die Vegetation der Flächen ausgehend von einem Nardetum einem Festucetum nähern, sollten sich Zeigerwerte denjenigen einer Milchkrautweide resp. der definierten Zielgesellschaft annähern. Um die Entwicklung deutlicher sichtbar zu machen, wurden die durchschnittlichen Zeigerwerte für die bei der Tabellenarbeit gefundenen Charakter- und Differentialartengruppen berechnet⁴³. Auf die K-Werte wird im folgenden nicht näher eingegangen, da sie nach 11 Arealtypen festgelegt wurden und daher einen Sonderfall darstellen (vgl. BÖCKER et al. 1983:50).

Betrachtet man die Werte der untersuchten Artengruppen, zeigen die D Ca-Arten eher trockenere Standorte an, während die L-Werte eher hoch sind. Demgegenüber zeigen die Artengruppen D VW F und häufig in F, N (VW)/Ch NPKCa ausgesprochen tiefe resp. hohe R-Werte an, die besonders stark streuen (vgl. hierzu und zu den folgenden Abbildungen Anhang 10.7). Die graphische Darstellung verdeutlicht, welche Zeigerwerte streuen (s. Abbildung 104, zur Darstellungsweise vgl. 6.2.1).

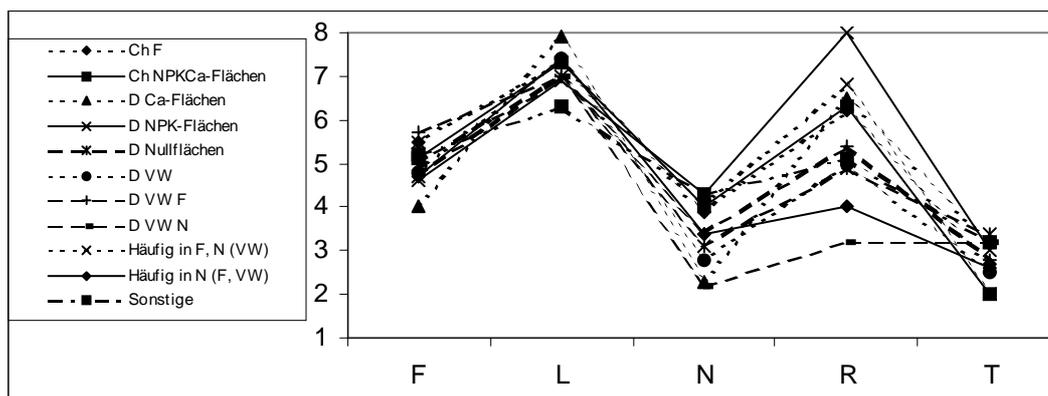


Abbildung 104: graphische Darstellung der Zeigerwerte der in der Vegetationstabelle erarbeiteten soziologischen Gruppen

Die Einteilung der Arten in gute und schlechte Futterpflanzen wird von den Zeigerwerten nur unzulänglich widerspiegelt. Erst eine weitere Differenzierung nach Gesellschaften (Nardetum/Festucetum) zeigt die Unterschiede. Die Artengruppen unterscheiden sich besonders

⁴³ Entgegen den mathematischen Empfehlungen werden im folgenden die Mittelwerte errechnet, vor allem, um die Ergebnisse mit den Literaturangaben vergleichen zu können.

hinsichtlich des N- und R-Wertes deutlich (s. Abbildung 105). Die guten Futterpflanzen haben ausgesprochen hohe (Festucetumfutterpflanzen) aber auch tiefe R-Werte (ohne Zuordnung).

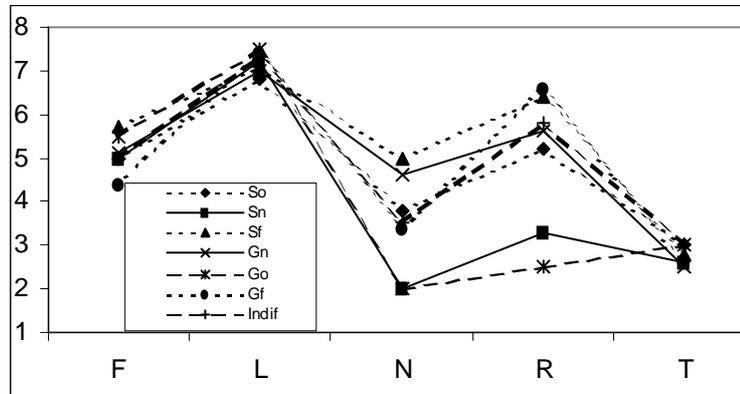


Abbildung 105: Zeigerwerte der Wuchsformen- und soziologischen Artengruppen

Die graphische Darstellung der Zeigerwerte der soziologisch zugeordneten Wuchsformen zeigt, daß diese Einteilung mit der starken Streuung der R- und N-Wert tatsächlich die unterschiedlichen Nährstoffbedürfnisse der unterschiedlich guten Futterpflanzen widerspiegelt (s. Abbildung 106). Nardetumarten haben tiefere N- und R-Werte als Festucetumarten. Kräuter unterscheiden sich von Gräsern.

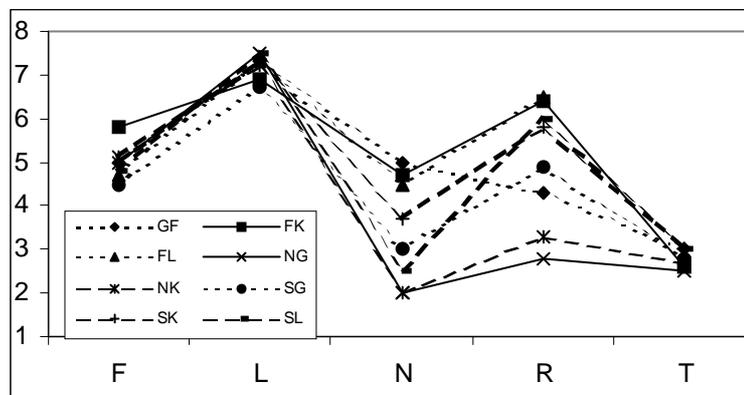


Abbildung 106: graphische Darstellung der Zeigerwerte der unterschiedlichen Futterpflanzengruppen

Die Zeigerwerte der Kern- und Satellitenarten weisen zwischen 1931 und 1994 eine Erhöhung der R-Werte bei den Satellitenarten und eine Reduktion bei den Kernarten auf. Bei den N-Werte zeigen die Arten mit einer Stetigkeit zwischen 20 % und 80 % höhere Werte auf.

Die Änderungen der Zeigerwerte waren nur für die Unterschiede des N-Wertes in den Ca- und NPKCa-Flächen 1996 signifikant (*, Tabelle im Anhang).

4.10 Überblick über die Vegetationsveränderungen

Da sich keine dieser Definitionen genau auf die zu beschreibenden Veränderungen in der Vegetation anwenden läßt, werden die unterschiedlichen Erscheinungsbilder der Vegetation im folgenden Ausbildung genannt. Die Daten einzelner Reihen eines Jahres werden im folgenden adargestellt, indem hinter der Bezeichnung für die Düngung (z. B. NPKCa) tiefgestellt das Jahr der

Vegetationsaufnahme steht (z. B. 41). Die Vegetationsaufnahmen eines Jahres werden immer gemeinsam (als Zentroid, Mittelwert oder Stetigkeit) verwendet. Den Angaben zu den Jahren ist auch zu entnehmen, in welchen „Gruppen“ sich die Flächen befinden: Alle Daten von 1994-1996 sind aus den neuen Flächen, die anderen (1931-1990 und 1997) aus den jeweiligen Flächen von LÜDI (NPKCa₄₁ = Vegetationsaufnahmen der NPKCa-gedüngten Flächen aus der „Gruppe“ V des Jahres 1941). Die verschiedenen Ausbildungen der Vegetation werden mit verschiedenen Abkürzungen benannt:

- Der erste Buchstabe steht für die repräsentierte Gesellschaft Nardetum (N).
- Die Benennung der verschiedenen Varianten der Vegetationsformen erfolgte durch den Apostroph, der in der Mathematik für die Ableitungen steht ('), um zu verdeutlichen, daß die entsprechende Vegetationseinheit einer „Ableitung“ des zeitlich vorausgegangenen Nardetums entspricht. Dies ist in allen Fällen für die der Beweidung durch Einzäunung der Versuchsweide erfolgende der Mahd abgewandelte Gesellschaft (vor allem N'Null).
- Der zusätzliche Einfluß der Düngung wird allgemein durch die Abkürzung „Dgg“, speziell durch Angabe der jeweiligen Manipulation (z. B. Ca) angegeben,
- Das ' *nach* dem Vermerk „Dgg“ weist auf die Veränderung der Vegetation durch den Beweidungseinfluß hin und stellt eine weitere Variante der (gedüngten) Ausgangsgesellschaft dar. Die verschiedenen Ausprägungen werden mit den definierten Abkürzungen benannt
- Entsprechend der vorgestellten Abkürzungen lassen sich die folgenden Diagramme der flächenbezogenen und zeitlichen Variabilität, der Fuzzy-Set-Ordinationen und der Änderungen der Deckungsverhältnisse interpretieren. Jedes neue Feld repräsentiert einigermäßen voneinander trennbare Vegetationsaufnahmen. Bisweilen sind sich Vegetationsaufnahmen verschiedener Jahre sehr ähnlich und werden dann wie folgt dargestellt: N'O'₄₁₊₄₃₊₅₄, vgl. Vegetationstabellen und Diagramme).
- Veränderungen in kürzester Zeit ohne Nutzungswechsel (gekennzeichnet mit !) repräsentieren die Daten der neuen Flächen: Vom angenommenen Ausgangszustand N über die Varianten N! Dgg in den verschiedenen Jahren. Die Auswirkungen der verschiedenen Dünger (N vs. NPKCa) werden hierbei nur ungenügend sichtbar.
- Die Gesellschaft N'Dgg' ist dem Standardnardetum ähnlicher als N'Dgg (vgl. Zugehörigkeitsdiagramme und Fuzzy-Set-Ordinationen). Die Ausbildungen sind entsprechend der oben vorgestellten Ergebnisse nach räumlicher und zeitlicher Ähnlichkeit sowie nach Deckungsverhältnissen zugeteilt worden (s. Tabelle 32). Sie werden wie alle anderen Ergebnisse in drei Teilen aufgeführt.

Tabelle 32: Interpretationsbeispiele der Entwicklung der Flächen anhand der vorgestellten Abkürzungen für die Ausbildungen

Alte Daten	→	→	→	→	→	→
Teil 1						
Ca:	N	N'Ca ₃₂	N'Ca ₅₄	N'Ca' ₉₀		
NPK:	N	N'NPK ₃₆	N'NPK ₄₁	N'NPK' ₄₆	N''NPK' ₈₂₊₈₉	
NPKCa:	N	N'NPKCa ₃₁	N'NPKCa ₃₆₊₄₁	N'NPKCa' ₄₆₊₅₄	N'NPKCa' ₈₂₊₈₉	
Null:	N	N'O ₃₃	N'O ₃₄	N'O' ₄₁₊₄₃₊₅₄	N'O' ₉₀₊₉₇	
Neue Daten						
Teil 2						
Ca:	N	N! Ca ₉₄	N! Ca ₉₅	N! Ca ₉₆		
N:	N	N! N ₉₄	N! N ₉₅	N! N ₉₆		
NK:	N	N! NK ₉₄	N! NK ₉₅	N! NK ₉₆		
NPK:	N	N! NPK ₉₄	N! NPK ₉₅	N! NPK ₉₆		
NPKCa:	N	N! NPKCa ₉₄	N! NPKCa ₉₅	N! NPKCa ₉₆		
Null:	N	N! O ₉₄	N! O ₉₅	N! O ₉₆		
PK:	N	N! PK ₉₄	N! PK ₉₅	N! PK ₉₆		
Zusammenge	setzt					
Teil 3						
Ca:	N	N'Ca ₃₂	N! Ca ₉₄	N! Ca ₉₅₊₉₆	N'Ca ₅₄	N'Ca' ₉₀
NPK:	N	N'NPK ₃₂	N!NPK ₉₄	N! NPK ₉₅₊₉₆	N'NPK ₃₆₊₄₁	N'NPK' ₈₂₊₈₉

NPKCa:	N	N'NPKCa ₃₁₊₃₆	N!NPKCa ₉₄₊₉₅₊₉₆	N'NPKCa ₄₁	N'NPKCa' ₄₆₊₅₄	N'NPKCa' ₈₂₊₈₉	
Null:	N	N'O ₃₃	N'O ₃₄	N'O ₄₁₍₊₄₃₎₊₅₄	N'O' ₉₀	N!O ₉₄₊₉₅₊₉₆	N'O' ₉₇

4.11 Biomasseentwicklung in den neuen Flächen

Die Biomasse der unterschiedlich gedüngten Flächen nahm unterschiedlich stark zu (s. Abbildung 107). Bedingt durch die Kälte der Vegetationsperiode lag die Biomasse der Nullflächen 1995 deutlich unter der des Vorjahres. Ähnliches gilt für die gedüngten Flächen (zur Darstellungsweise vgl. 6.2.1).

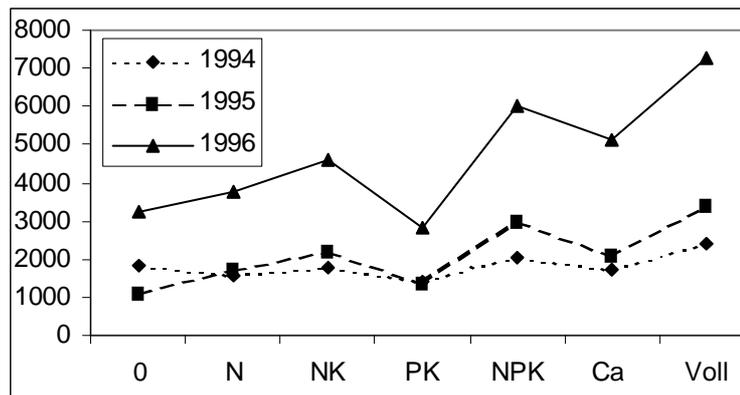


Abbildung 107: Biomasse in den neuen Flächen (kg/ha)

Die sehr hohen Standardabweichungen zeigen die Variation in den Flächen (vgl. Tabelle 72). Die Flächen sahen bereits nach der ersten Düngeperiode deutlich anders aus als der Rest der Versuchsweide. Alte Fotos der Versuchsweide zeigen ähnlich ausgeprägtes Wachstum etwa 20 Jahre nach den ersten Düngungen (ITTEN 1954:34, Foto. der Versuchsweide). LÜDI hält in seinen Tagebüchern im Oktober 1966 (also nach ca. 32 Jahren) fest, daß die Unterschiede in allen Flächen allgemein „sehr ausgeprägt“ seien, und die gedüngten Flächen dicht geschlossene Rasen aufwiesen. Auch HEGG notiert nach über 50 Jahren, daß die Effekte der Düngung noch immer fast so klar sichtbar waren, wie zum damaligen Zeitpunkt (HEGG 1984b:145). DÄHLER berichtet nach ca. 60 Jahren, daß man das Muster der alten Flächen am deutlichsten in den „Gruppen“ I-IV sieht (DÄHLER 1993:8). Demgegenüber erscheint 1996 (nach 65 Jahren) die Versuchswiese abgesehen von Schattierungen im Vergleich zu den neuen Flächen nahezu homogen. Besonders deutlich fielen dagegen die *neuen* NPKCa-Flächen durch ihren ausgesprochen hochgewachsenen Bestand von *Festuca rubra* auf. Nur zum Ende des Sommers zeigen unterschiedlich gefärbte Stellen in den alten Flächen eine Mosaikstruktur.

4.12 pH-Werte

Für die eigenen Daten wurden die Mittelwerte aus den beiden in sechs Einzelflächen gewonnenen Originalwerten verwendet (s. Abbildung 108). Die Ergebnisse zeigen 1995 größere Schwankungen als 1994. Besonders die PK-, die NPKCa- und die Ca-Flächen weisen leicht erhöhte mittlere⁴⁴ pH-Werte auf. Insgesamt ist in den drei untersuchten Vegetationsperioden keine signifikante Veränderung festgestellt worden (zur Darstellungsweise vgl. 6.2.1).

⁴⁴ Strenggenommen ist die Mittelwertbildung bei pH-Werten aufgrund ihrer logarithmischen Natur nicht statthaft (ELLENBERG . 1992:17).

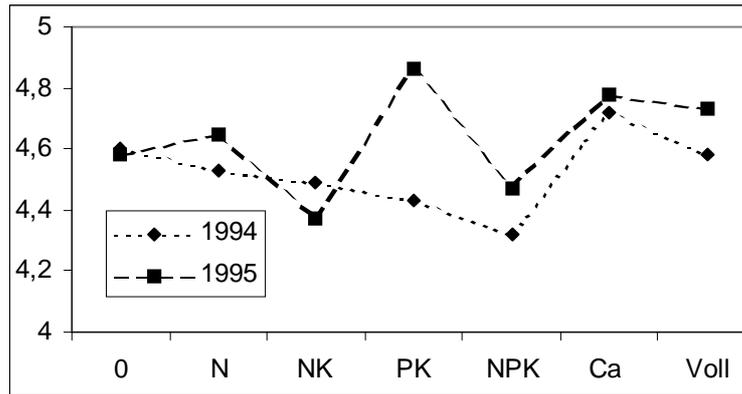


Abbildung 108: pH-Werte der neuen Flächen 1994 und 1995 (Mittelwerte aus 6 Flächen á 2 Proben)

4.13 populationsbiologische Untersuchungen

Um das Verhalten der untersuchten Arten abzuschätzen, werden zunächst die Entwicklungen in den alten Flächen anhand von Ausschnitten aus den Mittelwert- und Stetigkeitstabellen besprochen. Damit sollen die Reaktionen der Arten auf die unterschiedlichen Düngungen und Nutzungsregimes beschrieben werden.

Die populationsbiologischen Daten wurden 1995 und 1996 je 4 resp. 5 mal erhoben. Die Messungen der Blattlänge und Blattzahl wurden der Reihenfolge nach sortiert und der Übersichtlichkeit halber pro Behandlung dargestellt (die Originaldaten finden sich im Anhang). Die Ergebnisse werden für jede Art einzeln diskutiert.

4.13.1 Verhalten der Arten in den alten Flächen

Während *Arnica montana*, *Campanula barbata* und *Gentiana purpurea* zu der Gruppe D VW Ngehören, wurden *Geum montanum* und *Leontodon helveticus* dagegen in der Gruppe häufig in N (F,VW) gefunden. Die langfristige Reaktion der untersuchten Einzelarten wird von den Vegetationstabellen gezeigt:

Die Deckung von *Arnica montana* nimmt in den ungedüngten Flächen zwischenzeitlich auf bis zu 25 % zu. Die Stetigkeit wird bei der NPKCa- und NPK-Düngung deutlich reduziert. Die Art erholt sich in den NPK-Flächen erst später, weil vielleicht die Konkurrenten weggefressen werden. In den Ca-Flächen reagiert *Arnica montana* ähnlich, in NPKCa-gedüngten Flächen verschwindet sie.

In den NPKCa-gedüngten Flächen wird *Campanula barbata* wenig reduziert. In ungedüngten Flächen nimmt die Art zunächst zu, in NPKCa-gedüngten Flächen wird sie reduziert. In den Ca- und ungedüngten Flächen wird die Art durch Beweidung in der Deckung reduziert. Bei NPKCa- und Ca-Düngung nimmt die Stetigkeit ab, und bei Beweidung wieder zu. *Campanula barbata* wird lieber als *Nardus stricta*, jedoch weniger gern als *Festuca rubra* gefressen.

Die Deckung von *Geum montanum* nimmt zu, wenn die Flächen gedüngt werden. Bei Ca-Düngung sinkt die Deckung. Die Stetigkeit nimmt nur bei NPKCa-Düngung leicht ab. Nach einiger Zeit ist *Geum montanum* wieder da.

Gentiana purpurea reagiert in den ungedüngten Flächen kaum; die Deckung nimmt aber ab. Schnittempfindlich wird die Art offenbar nach der Düngung. Die Stetigkeit sinkt bei NPKCa-Düngung und Mahd auf 0 %. NPK-Düngung wirkt ähnlich. Später findet Erholung statt.

Leontodon helveticus nimmt in den ungedüngten Flächen an Deckung leicht ab, während die Stetigkeit deutlich steigt. Bei Null und Ca-Düngung nimmt die Stetigkeit zu, bei NPK- und NPKCa-Düngung zwischenzeitlich ab.

4.13.1.1 Mittlere Deckungen in den alten Flächen

Die Nullflächen zeigen eine starke Oszillation der Deckung von *Arnica montana*. Einer Zunahme entspricht hier eine Abnahme der Deckung von *Nardus stricta* in den Perioden der Mahd. Weniger deutlich wird dieser Effekt bei *Campanula barbata* und *Gentiana purpurea*. Bei *Geum montanum* ist er nicht vorhanden. *Leontodon helveticus* nimmt besonders zwischen den letzten beiden Erhebungen (wie auch bei den NPKCa-gedüngten Flächen) deutlich zu. In den einzelnen Flächen nehmen *Arnica montana* und *Campanula barbata* nach Beginn der Mahd bis zur erneuten Beweidung sehr deutlich zu, *Geum montanum* und *Gentiana purpurea* reagieren nicht in diesem Sinne. Bis 1997 nimmt *Leontodon helveticus* an Menge und Deckung zu.

Die Deckung von *Arnica montana* und *Campanula barbata* in den NPK-Flächen zeigt eine starke Zunahme nach der zwischenzeitlichen Beweidungsperiode. Bei *Geum montanum* und *Gentiana purpurea* ist dieser Trend etwas weniger ausgeprägt. *Leontodon helveticus* reagiert bei dieser Düngungsform nicht auf die Beweidung. Besonders die einzelnen Flächen zeigen, daß *Arnica montana*, *Geum montanum* und *Gentiana purpurea* erst nach der Beweidungsperiode wieder höhere Deckungen haben. *Leontodon helveticus* nimmt in den einzelnen Flächen eher ab.

Die Entwicklung der Mittelwerte in den Ca-Flächen zeigt eine leichte Abnahme der Deckung von *Arnica montana* und *Campanula barbata* im Laufe der Jahre. Die Deckung von *Geum montanum* und *Gentiana purpurea* bleibt in etwa gleich. *Leontodon helveticus* scheint zu Beginn (1933) nicht in den Flächen vorhanden zu sein, falls er übersehen wurde, waren Deckung und Stetigkeit jedenfalls sehr klein. Die Deckung von *Arnica montana* ist vor 1990 höher, die von *Campanula barbata* und *Geum montanum* etwas tiefer.

In den NPKCa-gedüngten Flächen zeigt sich ein Verschwinden von *Arnica montana*, während *Campanula barbata*, *Gentiana purpurea* und *Geum montanum* zunächst an Deckung abnehmen und sich später deutlich erholen. Die Deckung von *Arnica montana* nimmt in den einzelnen Flächen sehr deutlich (von 19 auf 0!), von *Campanula barbata*, *Geum montanum* und *Gentiana purpurea* weniger klar ab (s. Tabelle 33).

Tabelle 33: Mittlere Deckungen der 5 für populationsbiologische Analysen ausgewählten Arten in den alten Flächen

	N ₃₂	0	0	0	0	0	0	0	Ca	Ca	Ca	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	
	32	33	34	41	43	54	90	97	32	54	90	36	41	46	82	89	31	36	41	46	54	82	89
Am	9,8	7,4	9,4	25,4	15,8	25,2	3,3	5,2	7,4	6,7	3,5	1,0	2,0	2,0	7,0	15,0	18,6						
Cb	1,9	1,8	2,5	4,6	3,4	6,6	1,8	3,0	2,3	2,0	0,6	2,0	1,5	2,5	4,0	6,0	2,7	1,0	0,5	0,5	0,5	2,0	2,7
Gm	4,1	4,2	2,5	3,6	4,2	3,2	2,1	3,4	3,2	2,3	1,3	2,0	1,5	1,5	5,0	2,0	4,4	3,0	0,5	1,0		2,7	3,0
Gp	3,7	2,6	2,5	2,6	2,5	1,6	2,3	7,8	2,0	0,5	1,7	2,0	1,0		4,5	7,5	1,3	0,5				2,3	3,3
Lh	1,0		0,5	1,2	0,8	0,9	1,9	3,7		0,5	1,0	0,5	0,8		2,5	0,5	0,5	1,0		0,5	0,8	1,5	5,3

4.13.1.2 Stetigkeit in den alten Flächen

Die Nullflächen zeigen keine Veränderung bei den Nardetumarten, *Leontodon helveticus* jedoch scheint erst einzuwandern; die Stetigkeit schwankt hier jedoch stark. Eine Analyse der NPK-Flächen

auf Stetigkeit ist aufgrund der geringen Flächenzahl (2) unzureichend. *Arnica montana* scheint bisweilen zu fehlen, könnte aber auch nur übersehen worden sein. Bei den Ca-Flächen zeigen die Arten des Nardetums keine starken Änderungen in der Stetigkeit, die Arten des Festucetums nehmen hingegen zu. In den NPKCa-gedüngten Flächen zeigt sich das Verschwinden von *Arnica montana* neben einer zeitweiligen Abnahme von *Campanula barbata* und *Leontodon helveticus*, die später wieder zunehmen (s. Tabelle 34).

Tabelle 34: Stetigkeit der 5 für populationsbiologische Analysen ausgewählten Arten in den *alten* Flächen

	N ₃₂	0							Ca			NPK					NPK							
		0	0	0	0	0	0	0	Ca	Ca	Ca	NPK												
	32	33	34	41	43	54	90	97	32	54	90	36	41	46	82	89	31	36	41	46	54	82	89	
Am	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	100	50	50	100	50	100							
Cb	100	100	100	100	100	100	100	100	100	80	80	100	100	100	100	100	100	100	33	25	40	67	75	
Gm	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	80	100	100	100	100	100	100	100	67	25		100	100	
Gp	80	100	100	100	100	100	100	80	40	40	60	100	50		100	100	80	100				100	100	
Lh	10		40	100	80	90	100	60		20	80	100	100		100	50	60	100		50	40	67	75	

4.13.2 Zu den Darstellungen

Die Entwicklungen der Blattorgane (Anzahl und Länge) wird im folgenden graphisch dargestellt, indem für jede Behandlung (N, NK, PK, NPK, NPKCa, Ca) und jeden Aufnahmezeitpunkt (1995: 1-4, 1996: 1-5) der entsprechende Punkt Anzahl/Länge des längsten Blattes) in ein Koordinatensystem eingegeben wird (NPK₅ bedeutet die 5. Messung 1996 in den NPK-Flächen. Mittelwert aller Pflanzen, maximal 6, vgl. 3.7). Die Punkteschar eines Aufnahmezeitpunktes wird mit den Werten der entsprechenden Nullfläche (Fett und unterstrichen) verbunden. Somit ergibt sich für jeden Aufnahmezeitpunkt ein Fächer, der die relativen Änderungen in der Entwicklung der Blattorgane zeigt. Die Entwicklung der Nullflächen ist durch eine gepunktete Linie hervorgehoben. Sind auffällige Häufungen zu erkennen, werden diese grau unterlegt.

4.13.3 *Arnica montana*

Die Entwicklung der ungedüngten Flächen ist besonders zu Beginn der Vegetationsaufnahmen dynamisch. Später sind die Blätter ca. 8 cm lang, nehmen jedoch an Anzahl nicht zu. Die Blätter von *Arnica montana* waren 1995 in den PK- und N-Flächen bei der ersten Messung noch vergleichsweise lang, im Verlauf der Vegetationsperiode gehörten sie zu den kürzeren Blättern. Pflanzen der NPK- und NPKCa-gedüngten Flächen verhielten sich umgekehrt. Die Blattzahl nimmt bei Düngungen eher ab. Die Pflanzen der NPKCa- und NPK-Flächen haben bei den letzten Messungen lange und wenig zahlreiche Blätter (s. Abbildung 109). Insgesamt reagiert die Art jedoch etwas uneinheitlich auf die Düngungen und zu unterschiedlichen Zeiten der Vegetationsperiode.

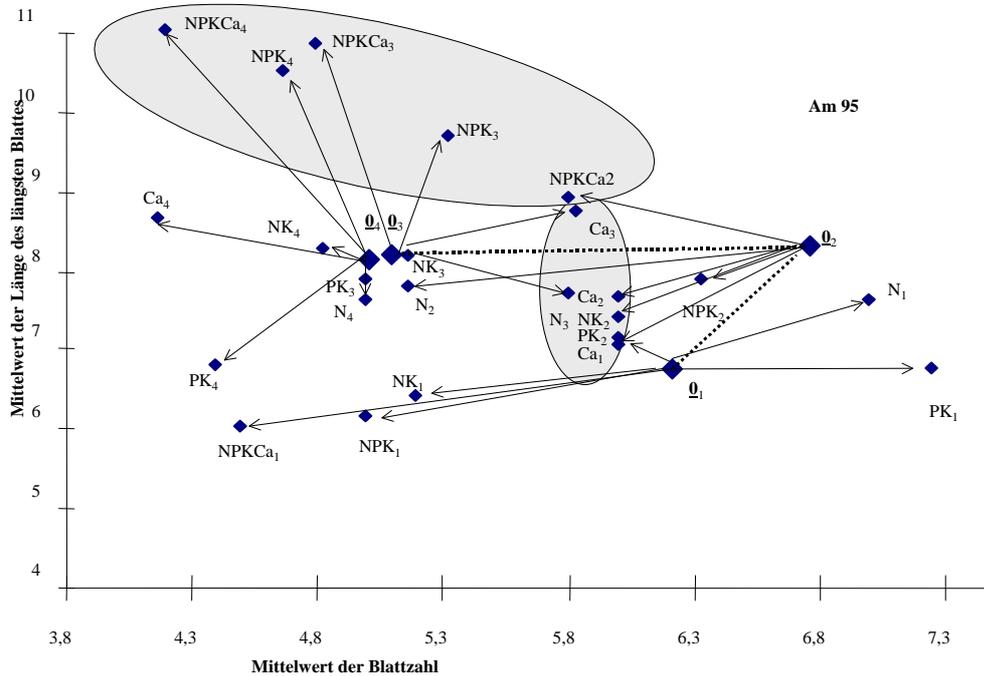


Abbildung 109: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1995 bei *Arnica montana* (Erläuterungen im Text)

1996 sind die Blätter der N- und PK-Düngung zu Beginn der Messungen in den Nullflächen wiederum zahlreicher als bei den letzten Messungen. Auch in diesem Jahr fällt die erste Messung etwas aus dem Rahmen. Dafür nimmt die Blattlänge kontinuierlich zu. Die Pflanzen der NPK-, Ca- und NPKCa-gedüngten Flächen haben im Laufe des Sommers zunehmend weniger Blätter, diese werden jedoch immer länger. Die Blattzahl wird bei den NPKCa-Pflanzen stärker reduziert als bei der Ca-Düngung. Die PK-Pflanzen ändern sich am wenigsten, in den NK-Flächen nehmen Blattzahl und –länge eher ab (s. Abbildung 110).

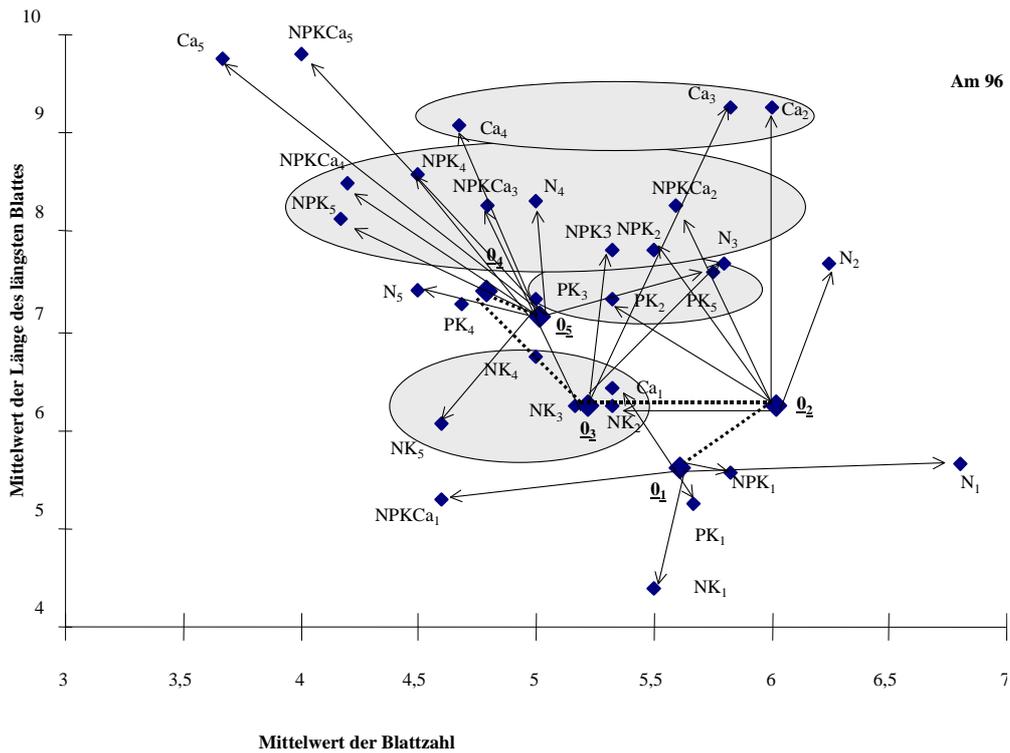


Abbildung 110: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei *Arnica montana* (Erläuterungen im Text)

Am schwersten waren 1995 die Pflanzen der NPK-, N- und PK-Flächen (0,9 g und je 0,8 g). Die Blätter der NPKCa-gedüngten Flächen waren trotz der großen Länge nicht schwerer als die der NK- und Nullflächen (je 0,6 g). Die Blätter der Ca-Flächen waren, auch aufgrund ihrer relativ hohen Anzahl, recht schwer (0,7 g). Auch 1996 waren die Pflanzen der PK- (0,8 g), Ca- (0,7 g) und NPK- sowie N-Flächen (je 0,6 g) am schwersten.

Während 1995 keine signifikanten Unterschiede gefunden wurden, waren 1996 die Blätter in den Ca-Flächen länger als Null (vgl. 10.14).

4.13.4 *Campanula barbata*

Campanula barbata zeigt in den Nullflächen wenig Unterschiede während der Vegetationsperiode. Die Pflanzen der behandelten Flächen weichen auffallend gleichförmig vom Ausgangszustand ab. Die Pflanzen der Ca-, NPK- und NPKCa-Flächen haben zunehmend längere Blätter, was bei der NPK-Düngung mit einer Reduktion der Blattzahl einhergeht. Die Pflanzen der PK-Flächen haben deutlich kürzere Blätter (s. Abbildung 111).

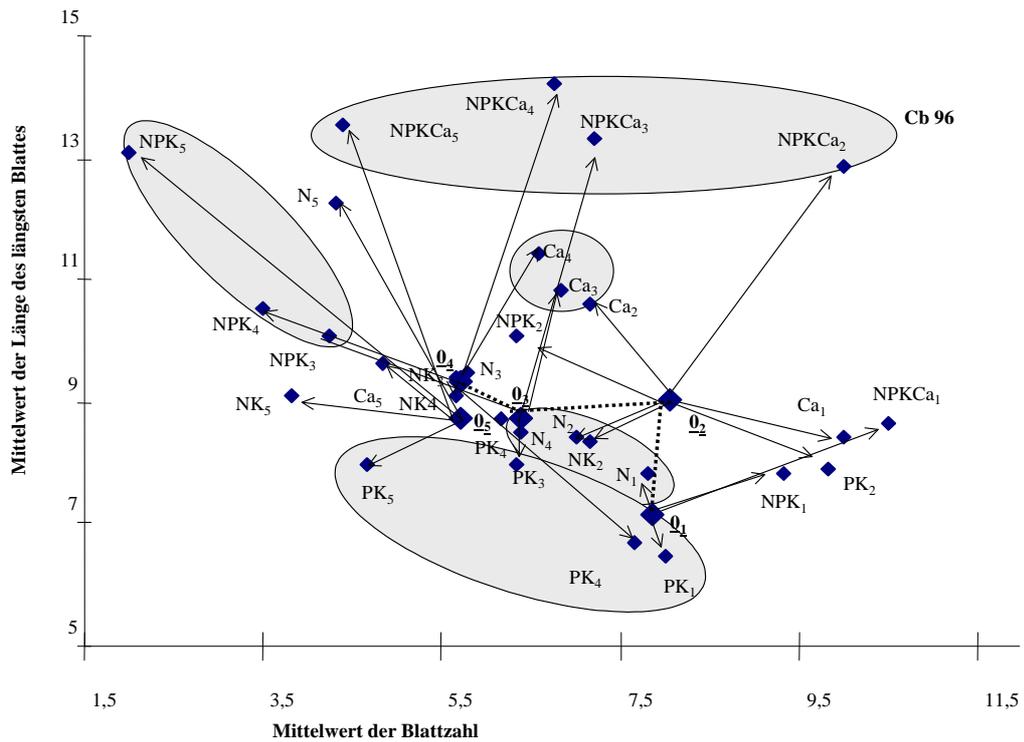


Abbildung 111: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei *Campanula barbata* (Erläuterungen im Text)

Die Pflanzen der Ca- und NPKCa-gedüngten Flächen sind recht schwer (0,9 g resp. 1,3 g). Die anderen Pflanzen wiegen etwa dasselbe (0,6 g). 1996 waren die Blätter in den NPKCa-gedüngten Flächen signifikant länger (vgl. 10.14).

4.13.5 *Gentiana purpurea*

In den Nullflächen zeigt der Purpurenzian eine einheitliche Blattzahl. Eine vorübergehende Reduzierung kommt durch das Absterben eines alten Blattpaares zustande. Weder die Blattzahl noch die Blattlänge zeigen bei *Gentiana purpurea* große Reaktionen auf die Düngung. Dafür sind diese sehr klar. Eine leichte Zunahme erfolgt entlang der Düngungsintensität (Ca < NPK < NPKCa), wobei auch zunehmend mehr Blätter gezählt wurden. Die Blattzahl bleibt bei den N-, und NK-Flächen im Durchschnitt der Nullflächen. Die PK-Düngung reduziert die Blattlänge, während die Anzahl etwa gleich blieb (s. Abbildung 112).

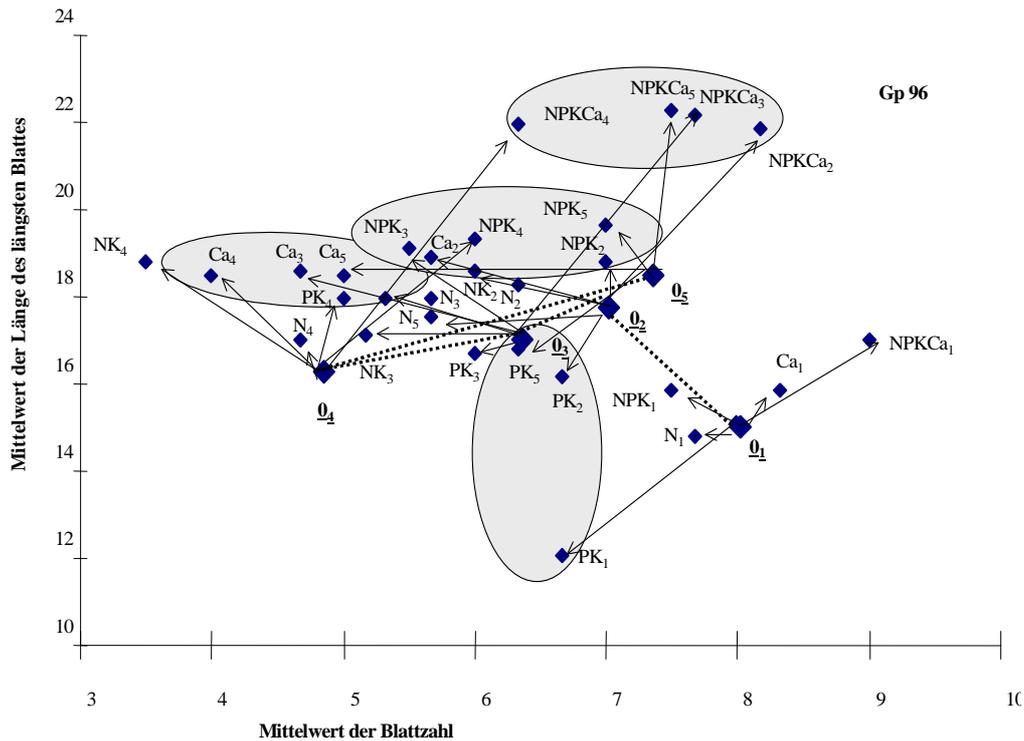


Abbildung 112: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei *Gentiana purpurea* (Erläuterungen im Text)

Die Pflanzen der Ca- und NK-Flächen sind am schwersten (4,5g und 4,3 g), diejenigen der PK-Flächen sind recht leicht (2,1 g), obwohl Länge und Zahl dem Durchschnitt entsprechen. Die NPKCa-Düngung ist also nicht wirkungsvoller als die Ca-Düngung, eventuell ist P in der Düngung für *Gentiana purpurea* kein Vorteil. Die Düngungen ohne P (auch N und NK) wirken jedenfalls verhältnismäßig gut.

Die Blätter der PK-gedüngten Pflanzen waren zunächst signifikant kleiner als die der Nullflächen, später waren nur die Blätter der NPKCa-gedüngten Pflanzen signifikant länger als bei PK-Düngung (nicht jedoch gegenüber Null, vgl. 10.14).

4.13.6 *Geum montanum*

Die Blattlänge der *Geum montanum*-Individuen nimmt auch in den Nullflächen erst ab und steigt dann. Ebenso schwankt die Länge, da bei der Art die ältesten Blätter regelmäßig absterben. Demgegenüber ist eine deutliche Entwicklung in den gedüngten Flächen zu erkennen. Pflanzen der NPK-, Ca- und NPKCa-Düngung haben 1995 deutlich längere und mehr Blätter. Weniger zahlreich sind dagegen die Blätter in den NK-, N- und PK-Flächen, ohne daß die Länge reduziert wird. Auch bei dieser Art ist zu erkennen, daß die allererste Messung nicht repräsentativ für das spätere Verhalten ist (s. Abbildung 113).

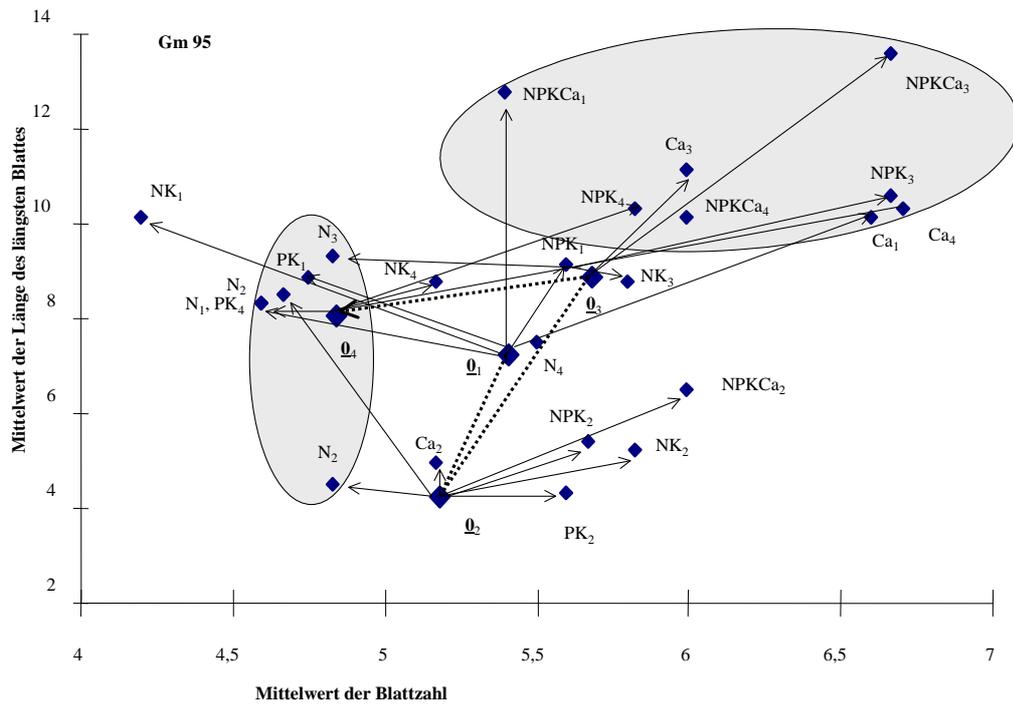


Abbildung 113: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1995 bei *Geum montanum* (Erläuterungen im Text)

1996 waren die Ergebnisse differenzierter. Die Blattzahl stieg in den Ca-, NPK- und NPKCa-, aber auch NK- und PK-gedüngten Flächen. Die Pflanzen der NPKCa- Düngung waren deutlich am längsten, während auch die Pflanzen in den NPK- und Ca-Flächen längere Blätter produzierten. Dies war sogar bei den NK- und PK-Flächen der Fall. Der sich bereits 1995 abzeichnende Trend der Blattreduktion in den N-Flächen wird hier deutlicher (s. Abbildung 114).

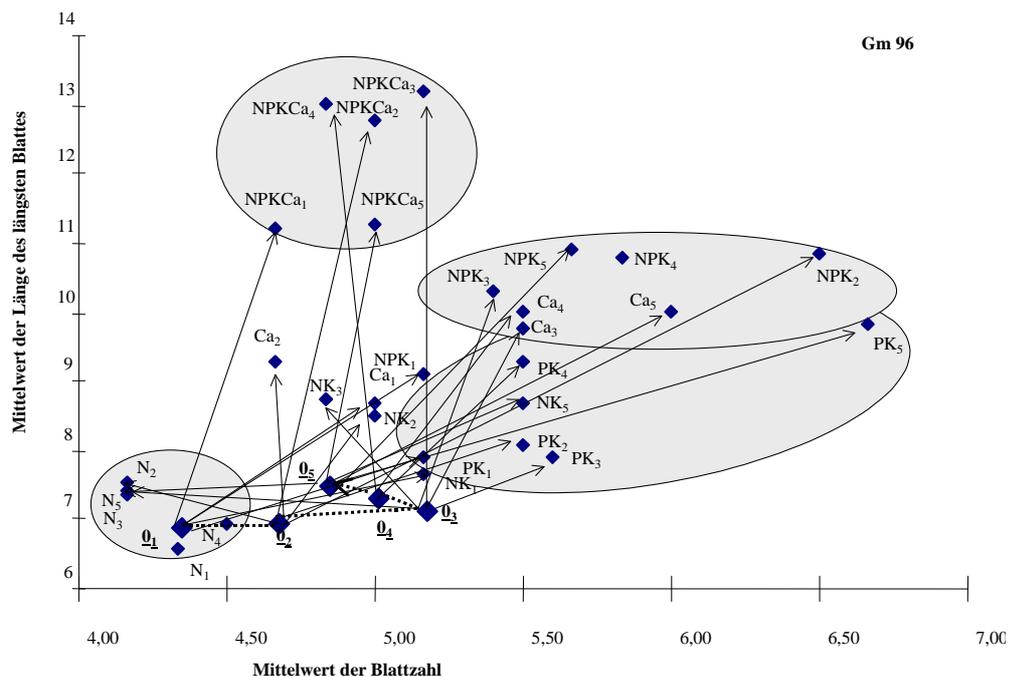


Abbildung 114: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei *Geum montanum* (Erläuterungen im Text)

Text)

Die Pflanzen waren 1995 in den Ca- und NPKCa-gedüngten Flächen am schwersten (je 1,4 g), diejenigen der N- und NK-Flächen waren sehr leicht (0,8 g resp. 0,7 g). 1996 waren die Pflanzen der Flächen, in denen P gedüngt wurde, wie auch der Ca-Flächen recht schwer (NPK +PK: 0,9 g, NPKCa: 1,2g, Ca:1,1 g). Die Pflanzen der N- und NK-Flächen waren nicht nur leicht (0,5 g resp. 0,6 g) sondern auch wenig zahlreich und kurz.

Die Blätter der NPK- und NPKCa-gedüngten Flächen waren 1995 signifikant länger als in den Nullflächen. 1996 kamen hier noch die Blätter der Ca-Düngung dazu (vgl. 10.14). Die P-Konzentration war in den Blättern der NPK- und NPKCa-gedüngten Pflanzen gegenüber denen der Nullflächen signifikant höher.

4.13.7 *Leontodon helveticus*

Schon 1995 zeigen die Pflanzen bei Ca- und NPKCa-Düngung deutlich mehr und längere Blätter, wobei vor allem NPKCa- und NPK-Düngung deutlich mehr Blätter induzieren. Die Blattzahl und-länge nimmt aber auch in den N-, NK- und PK-Flächen zu (s. Abbildung 115). Keine Düngung reduziert das Wachstum. Die Pflanzen der Nullflächen variieren nur wenig.

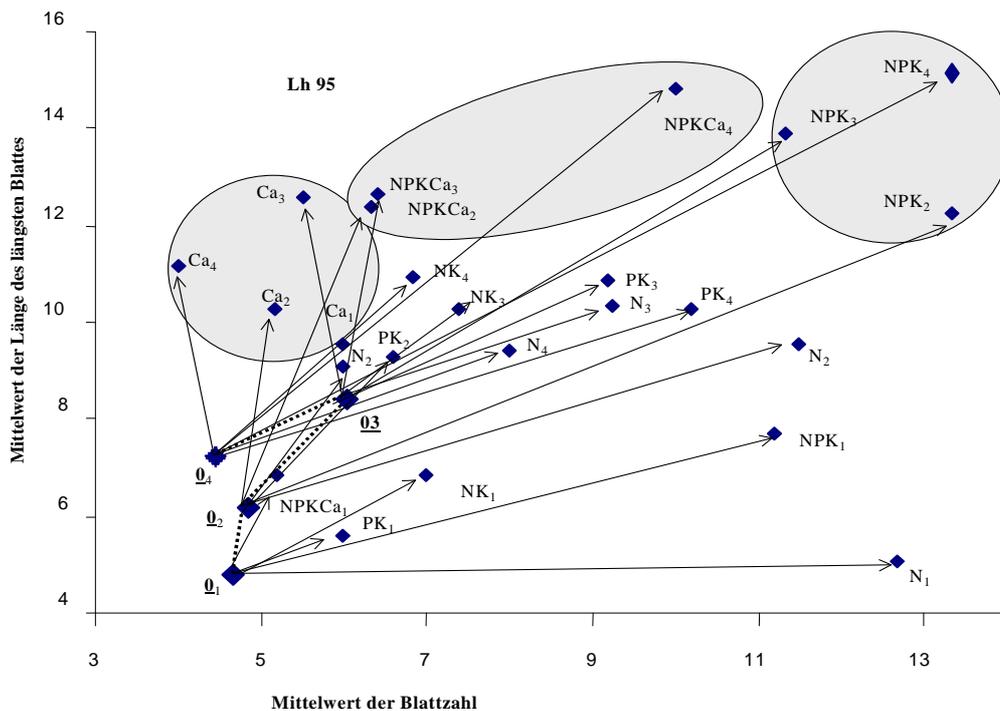


Abbildung 115: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1995 bei *Leontodon helveticus* (Erläuterungen im Text)

1996 zeigt sich fast unabhängig vom Aufnahmezeitpunkt eine noch deutlichere Wirkung der Dünger. Die Blätter werden länger und zahlreicher, vor allem bei der NPK- und NPKCa-Düngung. Die Ca-Düngung scheint hingegen die Bildung neuer Blätter zu verhindern. Die Pflanzen der PK-, aber auch der N-Flächen haben mehr Blätter. Auch die Blätter der NK-Flächen haben weniger, aber etwas längere Blätter als in den Nullflächen (s. Abbildung 116).

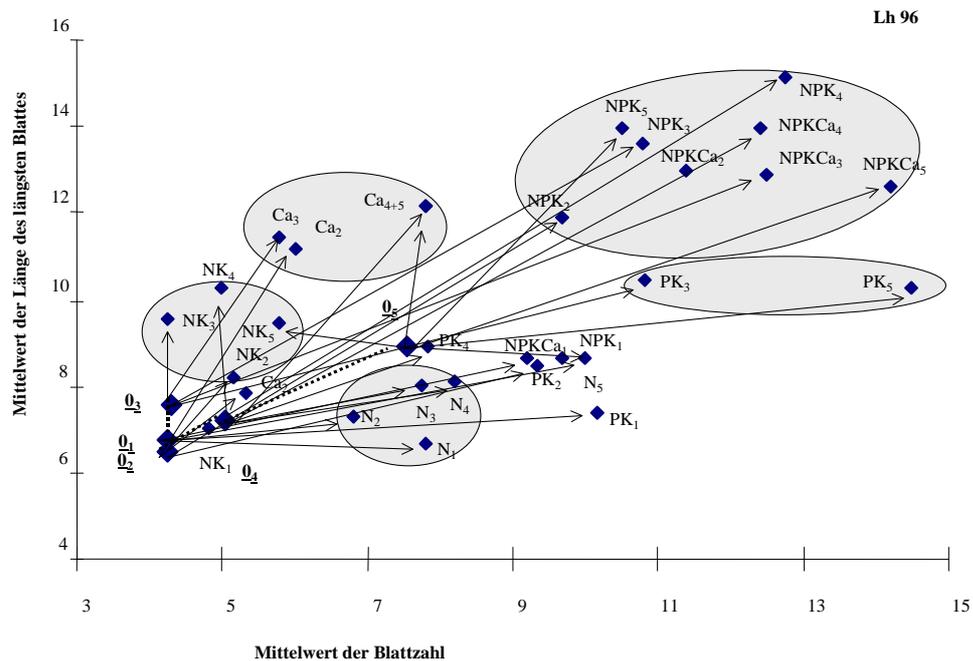


Abbildung 116: Verhältnisse der Blattzahlen und längsten Blätter 1996 bei *Leontodon helveticus* (Erläuterungen im Text)

Hinsichtlich der oberirdischen Phytomasse fällt auf, daß 1996 die Pflanzen der mit P gedüngten Flächen (NPK, PK und NPKCa) mit 0,3g, aber auch Ca (0,2 g) recht schwer sind. 1995 waren die Pflanzen der N (0,4 g) und NPK-Düngung (0,5 g) am schwersten.

Die Art wies 1995 keine signifikanten Unterschiede auf, während 1996 die Blätter in den NPK- und NPKCa-gedüngten, seltener auch in den Ca-Flächen signifikant länger waren (vgl. 10.14).

4.13.8 Gewicht der Einzelblätter

Das Gewicht der Einzelblätter variiert stark (s. Tabelle 94 und Abbildung 117). Ca-, NPKCa- und ungedüngte Flächen haben oft die schwersten Blätter. Besonders gut sprachen *Geum montanum*, *Gentiana purpurea* auf Düngergaben (Ca und NPKCa) an. Relativ schwach war dieser Effekt bei *Arnica montana*, deren Blätter bei PK-, N- und NPK-Düngung schwerer waren. Bei den Gesamtpflanzen (Mittelwerte der Summe aller Blätter der beiden Parallelpflanzen) verhielt es sich ähnlich. Die ganzen *Arnica montana*-Pflanzen waren im Verhältnis fast noch leichter als ihre einzelnen Blätter. *Geum montanum* und *Campanula barbata* wiesen bei den NPKCa-gedüngten Flächen auch die schwersten Individuen auf. Die NK- und PK- Düngungen zeigten kaum Wirkung auf das Gewicht. Die ganzen Individuen von *Gentiana purpurea* waren bei der Ca-Düngung am schwersten und bei der NPKCa-Düngung (bis auf PK) am leichtesten.

Die Gewichte der einzelnen Blätter unterschieden sich nur bei *Gentiana purpurea* in deutlichem Ausmaß. Die anderen Arten zeigen deutliche Stabilität hinsichtlich der Blattgewichte. Die Unterschiede waren nicht signifikant (vgl. Abbildung 117).

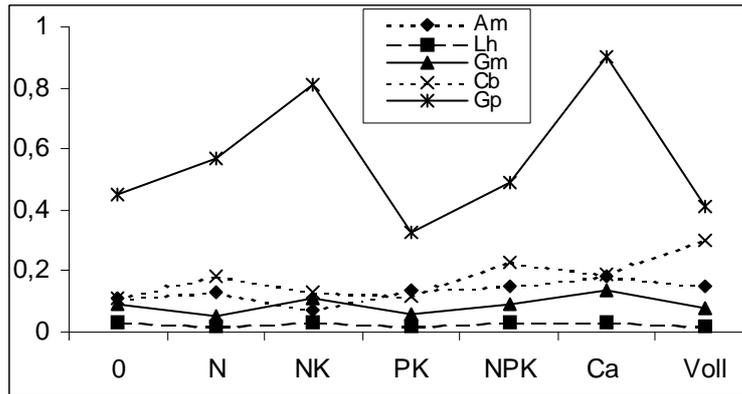


Abbildung 117: Gewichte der einzelnen Blätter der untersuchten Arten in g (Pflanzengewicht/Blattzahl)

4.14 Ergebnisse der Nährstoffanalysen

4.14.1 Konzentrationen und Gehalte

Die Darstellung der Veränderungen erfolgt in Diagrammen analog der Darstellung von TIMMER und ARMSTRONG (1987:1083, s. Abbildung 118 und Tabelle 26). Die Biomasse erhält keine Achse. Die Unterschiede zu den Daten der ungedüngten Pflanzen werden für jede Behandlung abgekürzt gemäß Tabelle 26 in der Reihenfolge: Biomasse, Konzentration, Gehalt aufgeführt. Signifikante Änderungen werden für die entsprechenden Arten/Behandlungen in der Überschrift vermerkt (Daten im Anhang, Tabelle 96 und Tabelle 97. Zu den Ergebnissen der Nährstoffanalyse vgl. auch 4.13ff.).

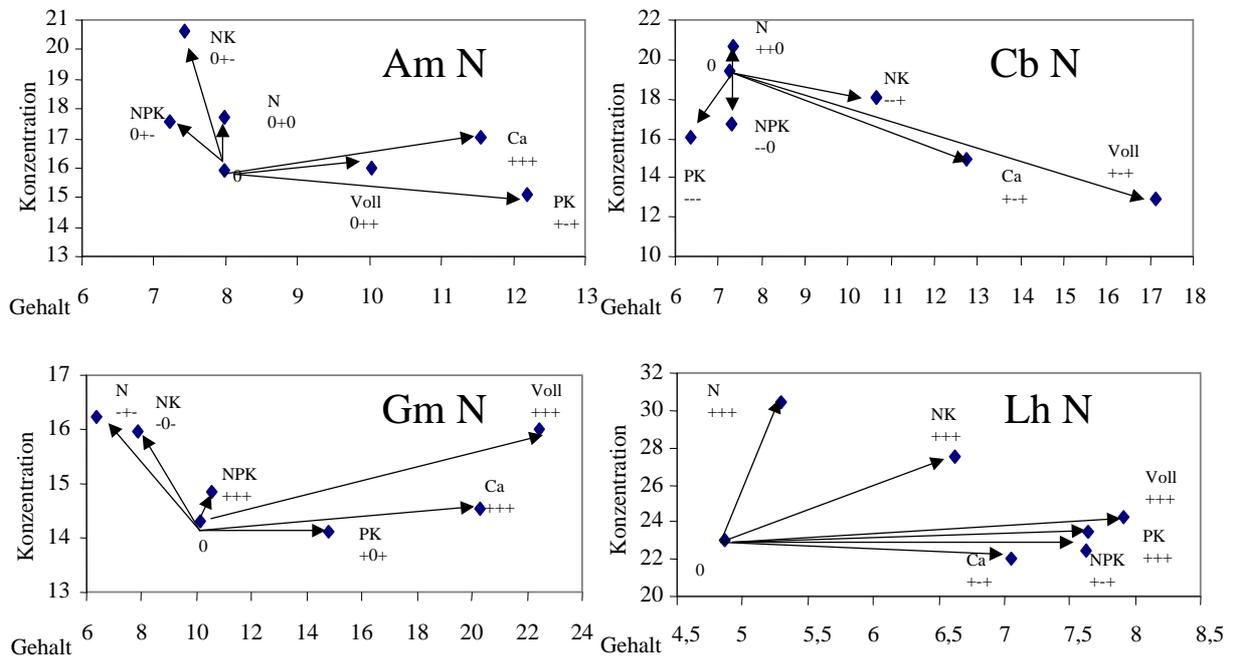


Abbildung 118: Änderungen der N-Konzentration und des N-Gehaltes bei den vier ausgewählten Arten bei verschiedenen Düngungen

Konzentrationen und Gehalte verzehnfacht, weitere Erklärungen im Text

Erläuterungen zu Abbildung 118: *Arnica montana* zeigt hinsichtlich der N-Analysen Reaktionen der Limitierung (Ca) bis zur Toxizität (NK, NPK). Bei NPKCa-Düngung reagierte die Art mit Luxusaufnahme, nur PK war nichtlimitierend. *Campanula barbata* zeigte deutliche Limitierungsanzeichen (N, NK), aber auch Exzeßaufnahme eines Antagonisten (PK und NPK). Bei Ca- und NPKCa-Düngung kam es zu Verdünnungseffekten, N wirkte hauptsächlich nichtlimitierend.

Geum montanum zeigte Mangel (Ca, N, NPK, NPKCa), aber auch Exzeßaufnahme eines Antagonisten (N, NK). *Leontodon helveticus* zeigte Mangel (N, NK, PK), aber auch Nicht-Limitierung (NPK) und Nicht-Toxizität (NPKCa) an.

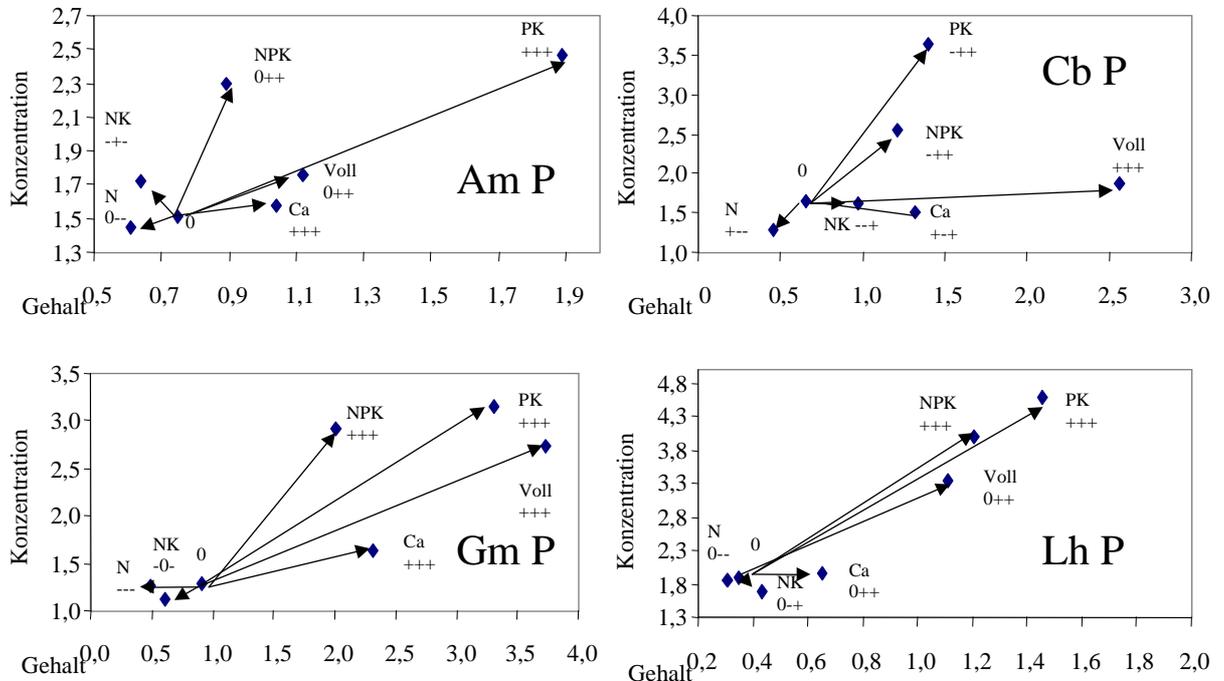


Abbildung 119: Änderungen der P-Konzentration und des P-Gehaltes bei den vier ausgewählten Arten bei verschiedenen Düngungen

Konzentrationen und Gehalte verzehnfacht, weitere Erklärungen im Text

Erläuterungen zu Abbildung 119: *Arnica montana* zeigt hinsichtlich der P-Analysen Reaktionen des Mangels (Ca, PK) bis zur Luxusversorgung (NPK, NPKCa). NK-Düngung wirkte toxisch. *Campanula barbata* zeigte Vergiftungsanzeichen (N, NK), aber auch toxische Exzeßaufnahme (PK und NPK). *Geum montanum* zeigte Mangel (Ca, N, PK, NPK, NPKCa), aber auch Exzeßaufnahme (N, NK). *Leontodon helveticus* zeigte ebenfalls Mangel (PK, NPK), aber auch Luxusversorgung (Ca, NPKCa).

Eine Verdünnung der Nährstoffe, die eine Nichtlimitierung des betreffenden Nährstoffes anzeigt, findet sich nur bei Stickstoff. Vor allem zeigen *Leontodon helveticus* und *Campanula barbata* (seltener *Geum montanum* und *Arnica montana*) bei Ca, NK, PK, und NPKCa-Düngung. Bei P-Düngung kommt Verdünnung nur bei Ca (*Campanula barbata*) vor. N-Limitierungen zeigen sich bei *Leontodon helveticus*, *Campanula barbata* und *Geum montanum* bei Düngungen mit P, aber auch bei Kalkung (*Arnica montana*). P-Limitierungen treten häufiger bei Düngungen mit P, aber auch bei Kalkung (*Leontodon helveticus*, *Arnica montana* und *Geum montanum*) auf. Exzessive Aufnahme eines Antagonisten im nicht-toxischen Bereich, der die Aufnahme des untersuchten Elementes verhinderte, erfolgte hinsichtlich der N-Gehalte/Konzentrationen nur bei *Campanula barbata* (NPK, PK) und *Arnica montana* (NK, NPK). P-Aufnahme nur bei N-Düngung bei allen vier Arten. Exzessive Aufnahme von N im toxischen Bereich erfolgte bei *Arnica montana* und *Geum montanum* bei Düngungen mit N ohne P oder Ca. *Arnica montana*, *Geum montanum* (NK) aber auch *Campanula barbata* (NPK, PK) reagierten hinsichtlich der P-Aufnahme im toxischen Bereich. Luxusversorgung

zeigten nur *Leontodon helveticus* und *Arnica montana* bei NPK, Ca und NPKCa-Düngung unterschiedlichen Nährelementen und Düngungen (hinsichtlich N: nur NPKCa). Ausreichende Versorgung war in beiden beobachteten Fällen unsicher (N-Düngung bei *Arnica montana* (N-Aufnahme), NK-Düngung (P-Aufnahme) bei *Campanula barbata*).

Bei den untersuchten Arten führte eine Düngung mit N allein in den meisten Fällen zu exzessiver Aufnahme und Vergiftungserscheinungen bei beiden Nährstoffen. Nur *Campanula barbata* und *Leontodon helveticus* zeigten Mangel an. Kalkung zeigte hinsichtlich der Aufnahme beider Nährstoffe bei *Geum montanum* und *Arnica montana* Limitierung an, während *Campanula barbata* und *Leontodon helveticus* nur eine Verdünnung der Nährstoffe im Gewebe und daher keine Limitierungen aufwiesen. *Leontodon helveticus* konnte P sogar im Überschuß aufnehmen. Düngung mit NK führte bei drei der untersuchten Arten zu exzessiver (meist toxischer) Aufnahme von N resp. P. Die Reaktion von *Leontodon helveticus* waren Mangel (N) und Verdünnung (P). Die Reaktionen auf die Düngung von NPK waren unterschiedlich. Die Reaktion schwankte hinsichtlich der N-Aufnahme eher zu exzessiver Aufnahme, während P bei *Leontodon helveticus* und *Campanula barbata* Limitierung anzeigte. Für *Arnica montana* war das P-Angebot toxisch, *Geum montanum* reagierte mit Luxusaufnahme. Die Düngung von kalkfreiem PK zeigte hinsichtlich N- und P-Aufnahme die P-Limitierung deutlich an. *Campanula barbata* und *Geum montanum* zeigten hinsichtlich N auch bei dieser Kombination keine Limitierungen an. Auch die NPKCa-Düngung zeigte für beide Nährstoffe in den meisten Fällen Limitierung an. Allein die N-Aufnahme zeigte bei *Campanula barbata* wiederum keine Limitierung und bei *Arnica montana* nunmehr ein ausreichendes Angebot an.

4.14.2 N/P-Verhältnis

Die Verhältnisse zwischen den Konzentrationen der beiden untersuchten Nährstoffen schwanken in den untersuchten Arten je nach Düngung stark (s. Abbildung 120). Vor allem bei *Leontodon helveticus* fällt auf, daß das Verhältnis bei Ca-, N- und NK-Düngung eher hoch und bei NPK-, PK- und NPKCa-Düngung eher gering ist. *Arnica montana* weist bei N-Düngung extrem viel N auf. Bei allen Arten ist das Verhältnis bei NPK, NPKCa und PK eher niedrig, während es bei N und NK durch die N-Akkumulation im Gewebe eher hoch ist. Nur bei *Campanula barbata* findet sich in ungedüngten Pflanzen sehr viel N. Die Unterschiede waren bei *Arnica montana* signifikant (Ca, N, NK > PK, **), jedoch nicht im Verhältnis zu den Nullflächen, sondern nur als signifikante Spreizung der Werte. Bei *Leontodon helveticus* waren die Unterschiede signifikant (O < N/NK, > Ca, ***). *Campanula barbata* unterschied sich in den Verhältnissen O > PK, NPK, NPKCa, ***; vgl. Tabelle 102, zur Darstellungsweise vgl. 6.2.1).

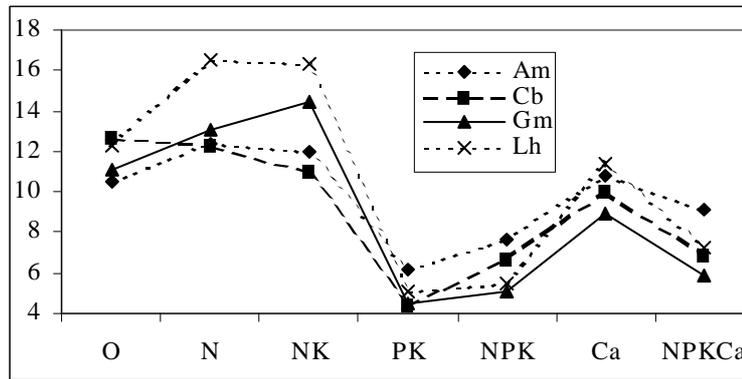


Abbildung 120: N/P-Verhältnis in den Blättern der ausgewählten Individuen bei unterschiedlichen Düngungen.

Abbildung 121 zeigt den deutlichen Anstieg der P-Konzentration bei *Leontodon helveticus*, *Geum montanum* und *Campanula barbata*, während die N-Konzentration nur bei *Leontodon helveticus* deutlich zunimmt.

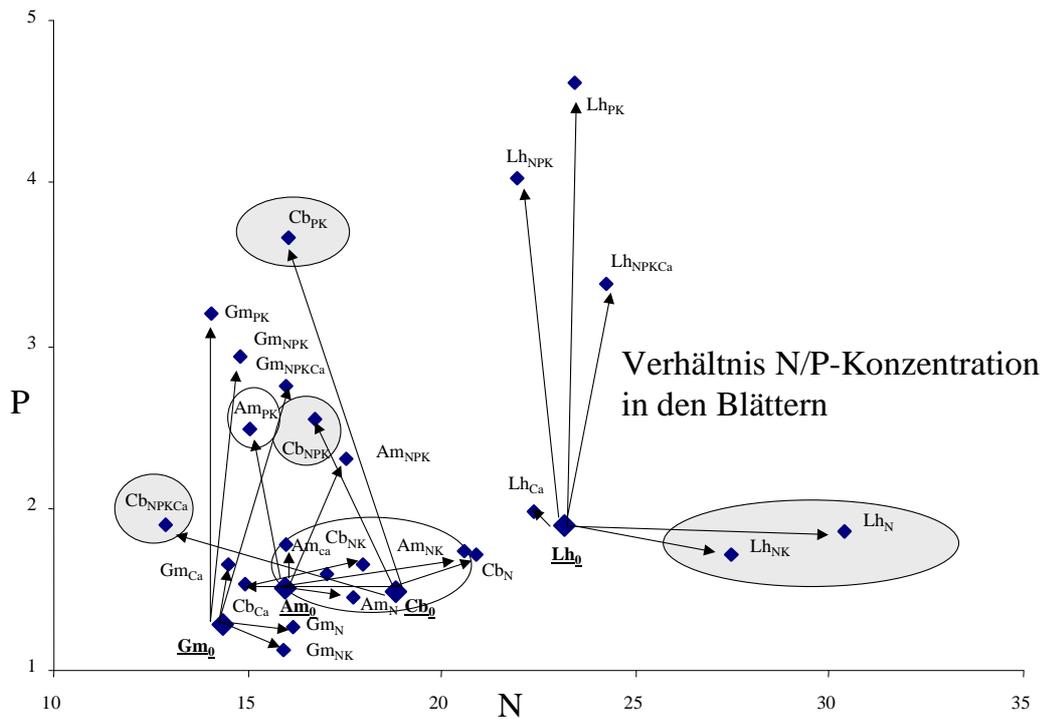


Abbildung 121: Das Verhältnis von N/P-Konzentrationen in den Blättern der ausgewählten Individuen bei unterschiedlichen Düngungen.

Signifikante Unterschiede gegen Null als dunkle Kreise und gegen andere Düngungen als helle Kreise

5 Zusammenschau der Ergebnisse und zu diskutierende Hypothesen

Im folgenden sollen die Ergebnisse kurz zusammengefaßt werden. Es werden die Hypothesen genannt, die anschließend diskutiert werden.

Die Vegetationsaufnahmen zeigen keine Änderungen auf Gesellschaftsebene. Die Aufnahmen lassen eine Gruppierung der Arten gemäß den verabreichten Düngungen in gewissem Ausmaß zu. Die Artengruppen (D Null, D NPK, D Ca, Ch NPKCa) haben Vorkommensschwerpunkte bei bestimmten Behandlungen, sind aber nicht ausschließlich dort zu finden. Bestimmte Arten werden bei den NPK- und NPKCa-Düngung vorübergehend unterdrückt (z. B. *Bartsia alpina*, *Soldanella alpina*, *Euphrasia minima*, *Cerastium caespitosum* GILIB, *Selaginella selaginoides*, *Solidago virgaurea* s. l., *Polygala chamaebuxus*, *Hieracium auricula* L, *Gentiana purpurea*, *Avenula versicolor*, *Arnica montana*, *Calluna vulgaris*, *Leucorchis albida* E MEYER, *Carex pallescens*, *Lotus corniculatus* ssp. *alpinus*, *Carex sempervirens*, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG).

Die gewichteten Fuzzy-Set-Ordinationen zeigen, daß sich die Flächen zu Beginn (ca. 1932) und Ende (ca. 1989) der Untersuchungen offenbar vom definierten Standardnardetum unterscheiden, aber zwischenzeitlich –je nach Düngung- mehr oder weniger dem Standardfestucetum zustreben. Liegt die Ungleichheit zum Ausgangspunkt möglicherweise in der Methode begründet? Die NPKCa-gedüngten Flächen kommen 10-20 Jahre nach der Düngung dem Definitionsfestucetum am nächsten, die NPK-Flächen sind nach 10 Jahren dem Festucetum ähnlicher als nach 15 Jahren. Eine dauerhafte Entwicklung zu einem Festucetum wurde nicht beobachtet. Die Fuzzy-Set-Ordinationen der neuen Flächen zeigen den Trend gemäß wegen der kurzen Zeitspanne in kleinerem Ausmaß. Anschließend schwächt sich diese Entwicklung wieder deutlich ab. Verstärkt die Beweidung die Rückentwicklung zum Ausgangszustand? Oder ist dies allein Folge des Nachlassens der Düngerwirkungen?

Die ungewichteten Fuzzy-Set-Ordinationen zeigen, daß eine tatsächliche Änderung des Arteninventars von einem Nardetum zu einer Milchkrautweide nur in Ansätzen vorhanden ist. Die ungewichteten NPKCa- und Ca-Flächen zeigen -im Gegensatz zu den NPK-Flächen- einen anhaltenden Trend zum Festucetum. Kommen die tatsächlichen Veränderungen in der Artenzusammensetzung in erster Linie durch die Kalkung und damit verbundene Mobilisierung des Phosphates zustande? Der Effekt der Beweidung ist bei den ungewichteten Daten kaum zu erkennen, was den Schluß nahelegt, daß allein Deckungsverschiebungen (zumindest in den ersten Jahren) Hauptverursacher der Veränderungen sind.

Die Zugehörigkeitsdiagramme der Nullflächen (Basislinie) zeigen eine Variation, die entweder auf Nährstoffeintrag (Immissionen, hangaufwärts liegende, gedüngte Flächen) zurückgeführt werden kann, ein Effekt der Beweidung oder Teil natürlicher Zyklen ist. Zeigen die Nullflächen einen der zweimaligen Nutzungsänderung folgenden Trend, oder sind die beiden ähnlichen Veränderungen auf verschiedene Ursachen zurückzuführen? Zeigen die unterschiedlichen Düngungen Auswirkungen der Nutzungsänderungen oder allgemeine Trends, die alle Flächen gemeinsam erfassen und durch die jeweiligen Nährstoffgaben alleine nicht erklärbar sind? Die zeitliche Variabilität steigt mit Dauer und Stärke des Einflusses und sinkt nach Ende der Düngungen (oder induziert durch die Beweidung?) wieder ab, die Flächen werden dem Ausgangszustand damit wieder ähnlicher. Führt Düngung zu einer Entwicklung weg vom ursprünglichen Zustand, während Beweidung die Rückentwicklung verstärkt? Bewirkt Nutzungsänderung (bei Beweidung?) Homogenisierung resp. eine Auseinanderentwicklung

bei Mahd? Letztere scheint umso stärker ausgeprägt, je stärker die Düngung (NPKCa > Ca > NPK) wirkt. Hat die Deckung einen größeren Einfluß auf die Variabilität als die Artenzusammensetzung? NPKCa-Düngung und Kalkung führen am schnellsten zu einer Abnahme der flächenbezogenen Ähnlichkeit. Warum sind die Flächen zur Zeit zueinander inhomogener als zu Beginn der Untersuchungen (Nullflächen: 84 % → 49 %, NPK: (für 1936 unbekannt) → 48 %, Ca: 82 % → 78 %, NPKCa: 84 % → 74 %)?

Zeigt die Evenness eine Ähnlichkeit zum Festucetum ($E_{F28} = 83\%$)? Am Ende der Wiesenutzung ist E_0 jeweils am höchsten ($E_{054} = 71\%$). Die Evenness eines beweideten Nardetums mit Frischwiesenarten liegt bei 65-70 %. Ist die Mahd der Auslöser für das beobachtete Ansteigen der Evenness (70-80 %)? Weist die leichte Zunahme der Evenness bei Düngung auf die sich entwickelnde Kodominanz von *Nardus stricta* und *Festuca rubra* hin (z. B. $E_{NPK36} = 76\%$, $E_{NPK89} = 83\%$, $E_{NPKCa} = 90\%$)? Ansonsten werden deutliche Unterschiede in gedüngten Flächen, besonders in den NPKCa-Flächen sichtbar. Ist die Struktur der Vegetation aufgrund der Beweidung vor der Mahd besonders gleichmäßig? Warum ist die Evenness bei Mahd und Düngung resp. zur Zeit (80-90 %) besonders hoch?

Hat in den letzten 60 Jahren eine Vegetationsverschiebung aufgrund der Düngung stattgefunden? Ist das „Untypischsein“ der Borstgrasrasen (Vorhandensein der Frischwiesen-Arten) die Grundvoraussetzung für den Erfolg der durchgeführten Düngeversuche? Die Artenzahlen nehmen insgesamt in der Versuchsweide und auch in den einzelnen Flächen zu. Fand eine Einwanderung statt? Ist die leichte Zunahme durch die Aufnahmemethode (um 1930 Auflistung von Gattungen, undeutliche Artbezeichnungen) erklärbar, deren Folge umso längere Artenlisten sind, je mehr Vegetationsaufnahmen zusammengesetzt werden? Kommen Festucetum- oder Nardetumarten hinzu, oder eher Arten indifferenten Ökologie? Besonders bei den NPKCa-Flächen zeigt sich eine deutliche Abnahme der Artenzahl ca. 10 Jahre nach der ersten Düngung, der eine allgemeine Zunahme der Arten im Laufe der Zeit folgt. Bei den Nullflächen scheint allein der Nutzungswechsel die Artenzahl um fast 10 Arten zu heben, denn nach der zwischenzeitlichen Beweidungsperiode sinkt die Artenzahl wieder leicht ab. Warum haben einige Arten ihre Stetigkeit deutlich geändert (Kern- und Satellitenarten)?

Eine Einteilung in Artengruppen (Futterpflanzen, Nardetum- Festucetumarten, etc.), die die untersuchten Einflüsse dokumentiert, ist gut möglich und könnte erklären, wie die Entwicklungen zustande kommen. Deutliche Unterschiede werden in den Deckungen, weniger in den Artenzahlen sichtbar. Bei NPKCa-Düngung nimmt zunächst die Gruppe FG, später auch FK an Deckung zu. Die Leguminosen erscheinen später und halten sich länger. Werden Kräuter und Leguminosen sowie die Reichhaltigkeit in allen Flächen durch Mahd gefördert und bei Düngung reduziert? Hat auch erneute Beweidung einen Einfluß auf Deckungsveränderungen? Nehmen die Zwergsträucher vor allem durch das tiefe Mähen bei der Einzelnutzung ab?

Die Änderungen der Zeigerwerte werden durch die in der Tabellenarbeit erarbeiteten soziologischen Gruppen, wie auch durch die Einteilung in Gräser/Kräuter gut repräsentiert. Die Einteilung in gute/schlechte Futterpflanzen spiegelte sich in den Zeigerwerten nur wider, wenn eine zusätzliche Unterteilung in Nardetum- und Festucetumarten erfolgte. Vor allem N- und R-Werte

steigen vorübergehend an. Hängt dies auch mit den Änderungen in den Artenzahlen zusammen? Die R-Werte nehmen besonders in den NPKCa- und NPK/Ca-Flächen zu. N-Werte nehmen nur bei NPK-Düngung zu, bei NPKCa-Düngung hingegen nur wenig. Verursacht sogar die sonst sehr wirkungsvolle NPKCa-Düngung vor allem Verschiebungen in der Dominanzstruktur, die durch ungewichtete Zeigerwerte nicht sichtbar werden? Entfernt Beweidung durch selektiven Fraß Nährstoffe aus dem Kreislauf, was sich durch weniger Arten mit hohen N- oder R-Werten zeigt? Die L-, T-, K- und F-Werte ändern sich nur wenig und nicht signifikant. Die N-Werte sind 1996 in den NPKCa-gedüngten Flächen signifikant höher als in den Ca-Flächen. Die Gewichtung der Zeigerwerte war aufgrund des Datenmangels für die alten Flächen nicht möglich, bei den neuen Flächen variierten sie innerhalb der Fehlergrenzen (0,2-0,5 Einheiten).

Flächen verschiedener Düngungsvarianten sind auch nach der vereinheitlichenden Beweidungsperiode untereinander nicht besonders ähnlich. Sind die Veränderungen in den Nullflächen (Evenness, Artenzusammensetzung etc.) durch die zwischenzeitliche Beweidung zu erklären? Wird die Intensität durch die Düngungen verstärkt, indem durch die Nährstoffgaben besonders diejenigen Arten gefördert werden, die später dem Vieh am besten schmecken? Sinkt dann die Deckung der Festucetum-Kräuter und -Leguminosen *aufgrund der Beweidung* leicht, die der Festucetum-Gräser stark ab? Wirkt Beweidung bei stark gedüngten Flächen (NPK, Ca- und NPKCa) stärker rückführend, da sich in diesen Flächen Festucetumarten und auch gute Futterpflanzen ausbreiten können und somit die Aufmerksamkeit des Weideviehs auf sich ziehen? Gedüngten Rasen wie Nullflächen werden wieder homogenisiert, sind einander aber bis heute nicht gleich. Kann die Beweidung *jeweils gleichbehandelte* Flächen vereinheitlichen? Kann angenommen werden, daß die Vegetation unterschiedlich auf Düngung, aber einheitlich auf die Auswirkungen der Nutzungsänderung reagiert?

Die Entwicklung der Biomasse verhielt sich entsprechend der im Boden der Versuchswaide verfügbaren Nährstoffe. Düngungen mit N, Ca und P hatten großen Effekt auf die Gesamtvegetation (s. Tabelle 35). Die Zunahme der Biomasse erfolgte 1994-96 weitaus rascher als in den Untersuchungen LÜDIS. Kann dies methodische Ursachen haben?

Reagiert die Vegetation aufgrund von Immissionen resp. oder der größeren Wirksamkeit moderner Dünger heute empfindlicher? Können die Änderungen durch Nährstoffeintrag oder -verlagerung resp. Versauerung erklärt werden? Warum sind signifikante pH-Unterschiede, die eine Entwicklung der Flächen von einem Nardetum zu einem Festucetum zeigen würden, in den neuen Flächen nicht zu finden?

Die populationsbiologischen Auswertungen zeigen, daß die untersuchten Arten sehr unterschiedlich auf die Düngung reagieren. Richtet sich die Längenzunahme bei allen Arten in etwa entsprechend der Höhenzunahme der canopy, welche sich wiederum nach der Intensität der Düngung richtet (sekundärer Effekt)? Die Reihenfolge ist meist: $0 < PK < NK < N < NPK < Ca < NPKCa$. Auf Blattgewicht und -zahl wirken die Düngungen unterschiedlich.

Die Blattnährstoffanalysen zeigen dagegen unterschiedliche Empfindlichkeiten und Nährstofftoleranzen der untersuchten Arten bei unterschiedlichem Nährstoffangebot über Toleranz bis zur Toxizität. Die Reaktionen der Arten weisen im Gegensatz zur Reaktion der gesamten Vegetation auf mangelnde Verfügbarkeit des Phosphates und (mehr als) ausreichende Versorgung mit Stickstoff hin (Vergiftungserscheinungen). Widerspricht dies der geringen Reaktion der Gesamtvegetation auf

die PK-Düngung? Verbessert diese allein (ohne Ca) die Löslichkeit des bei einem pH von ca. 4 an Al und Fe gebundenen Phosphates nicht ausreichend? Zeigt die geringe Reaktion auf die Düngung von N und NK, daß N nicht im Mangel, sondern für die Arten des Nardetums im Überschuß vorhanden ist? Resultieren die positiven Auswirkungen der Düngungen mit NPK resp. Ca und NPKCa aus der zunehmend besseren Verfügbarkeit des Phosphates, ohne eine Mehraufnahme von N zu erzwingen? Hätte eine Düngung mit PKCa diese Annahme stützen können?

Warum wirken die NPK-, NPKCa- und Ca-Düngung auf die Gesamtvegetation stärker als NK-, PK-oder N-Düngung, während einzelne Arten anders reagieren (s. Tabelle 35)?

Tabelle 35: Ergebnisse der Düngung

Nährstoff	Ausgangszustand	Wirkung
Ca	Wenig vorhanden, niedriger pH-Wert, ungünstiges Verhältnis zu Mg	Gute, aber langsame Wirkung, wird P freigesetzt?
N	Ausreichend vorhanden	Geringe Wirkung, ungünstig für Einzelarten, aber gut für die Gesamtvegetation?
P	Ausreichend vorhanden, jedoch aufgrund des hohen Al/Fe-Gehaltes und des niedrigen pH stark gebunden	Besonders unter Zusatz von neutralisierendem Ca gute Wirkung, limitierend für einzelne Arten, weniger für die Gesamtvegetation?
K	Gehalt gering bis gut, jedoch aufgrund des pH-Wertes stark gebunden	Keine direkten Auswirkungen, wenn alleine gegeben, wohl wegen des weiter existierenden P-Mangels, auch bei PK-Düngung scheint Ca zu fehlen. K-Überschuß kann zu Luxusaufnahme ohne nennenswerte Schäden führen (FINCK 1989:84). K/Mg-Antagonismus?

Hat die PK-Düngung entsprechend der schlechten Verfügbarkeit von P aufgrund der festen Bindung durch einen hohen Säure- und Fe/Al-Gehalt keine auffallenden Auswirkungen? Ist diese Bindung vom absoluten P-Gehalt im Boden unabhängig? Ist die Vegetation der Versuchsweide N- oder P-limitiert?

6 Diskussion

Die Ergebnisse führen neben den Ausgangsüberlegungen zu den erwähnten Hypothesen, die anschließend diskutiert werden sollen: Welche Möglichkeiten bieten Dauerflächenuntersuchungen wie die Versuchsweide? Zunächst soll geprüft werden, ob die alten Daten für eine Untersuchung geeignet sind. Bevor die Entwicklung der Vegetation nach dem Beginn der Düngungen diskutiert wird, soll ein kritischer Überblick über die Möglichkeiten und Limitierungen der angewandten Methoden folgen. Wie wirkt die Düngung auf die Gesellschaft und einzelne Arten? Hat die Nutzungsgeschichte einen Einfluß? Können angesichts der beschriebenen Vielfalt der Einflüsse auf die Flächen Langzeiteffekte überhaupt entdeckt werden? Wie stabil ist die untersuchte Vegetation? Welche Schlußfolgerungen ergeben sich aus den Ergebnissen?

6.1 Grenzen und Möglichkeiten von Langzeitexperimenten

6.1.1 Monitoring

Für die Erfassung von Langzeitentwicklungen in der Vegetation ist ein Monitoring notwendig, denn Vegetation reagiert auf Umweltveränderungen oft mit sehr langzeitlicher Verzögerung. Hochgelegene Vegetationskomplexe können bis 80 Jahre nach Aufgabe der Viehhaltung praktisch unverändert erhalten bleiben oder aber bereits 20 Jahre nach dem Bewirtschaftungsstopp eine komplett veränderte Artenzusammensetzung aufweisen. Monitoringdaten können Veränderungen dokumentieren, deren Ursachen weit zurückliegen (vgl. SCHÜTZ et al. 1998b:1). Reaktionen der Pflanzendecke auf einen bestimmten Eingriff können über aktives oder passives Monitoring erfaßt werden. Für beide gelten allgemeine Grundvoraussetzungen. Die Daten sollen die Wirklichkeit mit größtmöglicher Genauigkeit abbilden und es möglich machen, zwischen verschiedenen Einflußfaktoren⁴⁵ zu unterscheiden, sowie räumlich und zeitlich konsistent, sowie reproduzierbar sein. Monitoring kann auf drei verschiedenen Ebenen durchgeführt werden (auf der landschaftlichen = chorischen) oder wie hier der trophischen Ebene (Artenzusammensetzungen m. H. v. Dauerbeobachtungsflächen), und auf Populationsebene⁴⁶ (Arten mit Indikatoreigenschaften, PFADENHAUER 1997:281ff.).

Das aktive oder spezifische Monitoring dient zur Anwendung von Beweissicherungsverfahren, Erfolgskontrolle und zur Ermittlung von Standortsveränderungen als Folgen eines Eingriffs. Nach Eingriffen (wie hier der Düngung aber auch Ansaat oder eben Nutzungsumstellung empfiehlt sich bei stürmischer Entwicklung eine jährliche Untersuchung wie 1994-1996 geschehen. Mindestens sollten es Fünfjahresintervalle sein, was bei den alten Daten nicht erfüllt ist. Optimal ist es, das aktive Monitoring, wie bei den alten Daten der Fall, bis zur Stabilisierung der Artenzusammensetzung durchzuführen, das sind bei Wiesen und Weiden 15-20 Jahre (vgl. PFADENHAUER 1997:283f.).

Das passive oder unspezifische Monitoring wird dagegen vor allem zur Dokumentation mittel- und langfristiger Vegetationsveränderungen, wie hier 60 Jahre, herangezogen. Es verfolgt in der Regel langsamere Prozesse im Rahmen integrierter Umweltbeobachtung, wie diejenigen auf der Versuchsweide. Es sollen dieselben Methoden wie bei der Kontrolle angewendet werden (vgl. 6.1.5), aber hierfür wäre aber die Aufnahme des Ist-Zustandes nötig gewesen. Die Aufgabe des passiven Monitorings ist die kontinuierliche und systematische Überwachung des Raumes und die Analyse und

⁴⁵ Letzteres vermag vor allem das passive Monitoring nur unter Vorbehalt zu leisten

⁴⁶ Das Ermitteln der Frequenz ist oft zu zeitaufwendig und bei klonalen Pflanzen nicht anwendbar (PFADENHAUER 1997:289).

Interpretation des raumrelevanten Wirkungsgefüges, sowie die Information der Öffentlichkeit über Beobachtungsergebnisse. Der Zeitrhythmus ist mit 5-10 Jahren meist gröber, da i. d. R. von langsameren Einwirkungen (z. B. Immissionen) ausgegangen wird. Gelegentliche Zwischenkontrollen können über Zyklen Auskunft geben (vgl. 6.1.13, PFADENHAUER 281ff.).

Die Daten der Versuchsweide können also für eine Mischung zwischen aktivem und passivem Monitoring verwendet werden. Mehrere Voraussetzungen, die die Interpretierbarkeit der Daten verbessern (Kontrollen, einheitliche Methode, neue Daten jährlich erfaßt, die langsamere Entwicklung kontinuierlich, aber grob) sind erfüllt, andere weniger (Aufnahme des „Ist-Zustandes“, nur in den zusammengesetzten Daten Betrachtung der Jahrsintervalle bei „stürmischer Entwicklung“, keine echten Nullflächen ohne Nutzungswechsel, vgl. PFADENHAUER 1997:283). Zu Beginn der Versuche ist die Datendichte (vor allem mit den neuen Daten) zwar relativ groß, trotzdem würden die Interpretationen durch insgesamt kürzere Erhebungsintervalle (ca. 5 statt 15-10 Jahre) erheblich erleichtert. Publikationen und Tagebuchaufzeichnungen können ein Füllen der Datensätze ermöglichen.

6.1.2 Dauerflächen

Langzeitexperimente (wie z. B. das berühmte Park Grass Experiment in Rothamsted) zeigen Ausmaß und Dauer des Effektes von Düngung je nach Bodentyp, Anfangs-pH, N-Gabe und Ertrag über Jahrzehnte. Dafür werden Dauerflächen gewählt, deren Planung mit der Anlage von Langzeitexperimenten oft eng verbunden ist. Sie dienen der Überwachung von Pflanzen- und Tierpopulationen (neu angesiedelte Arten, Ausbreitung von Problemarten), sowie von Nutzungsformen (Umstellung von Mäh- auf Weidenutzung) für den Vergleich traditioneller Formen der Grünlanddüngung (Stallmist, Thomasschlacke) und neuen Düngern etc. (vgl. JENKINSON et al. 1991:2, GOULDING et al. 1989:54, KESSLER 1986:8f.). Der Sinn der Untersuchungen ist, Langzeittrends und Abweichungen von Basislinien zu finden. Die Interpretation der Daten aus kürzeren Perioden allein (1994-1996) ist so schwer, weil die jährlichen Schwankungen in der Vegetation groß sind oder die tatsächliche Veränderung bescheiden ist (vgl. 6.1.13). Manchmal zeigen Daten wie die der Versuchsweide, daß gewisse Systeme sich unter steady-state Bedingungen befinden. Langzeitexperimente können langsame Prozesse wie Änderungen im Boden-pH und den Effekt von Düngung und Kultivierung oder auch atmosphärischer Einträge über lange Zeit zeigen (vgl. JENKINSON et al. 1994a:132, JENKINSON 1991:9, ELLIOTT 1990:2, WILDI 1990:2).

Die Flächen der Versuchsweide erfüllen trotz ihres Alters einen Großteil der heute an Dauerflächen gestellten Anforderungen (s. Tabelle 36).

Tabelle 36: Anforderungen an Dauerflächenexperimente, die die Flächen der Versuchsweide erfüllen

Parameter	Geltung für die Versuchsweide	Quelle
Die Beobachtungsintervalle sollten gleich lang sein	-	PFADENHAUER 1997:283
Vertretbare Relation des finanziellen und personellen Aufwandes soll über einfache Kontrollsysteme die Überwachung auch durch Laien ermöglichen	-	KESSLER 1986:10
Dauerflächen sollen groß genug sein, um den Einbau späterer Änderungen ⁴⁷ zu erlauben. Andererseits soll die Datenerhebung mit einem Minimum an Tritt verbunden sein (vgl. 6.1.11)	-	LEIGH et al. 1994:254f., KESSLER 1986:10,
Es muß für alle Dauerflächen ein gültiges Minimalprogramm geben, das	+/-	PFADENHAUER 1997:284

⁴⁷ Eine Tabelle mit Änderungen in Rothamsted geben LEIGH et al. (1994:257).

auch bei unterschiedlichen Zielsetzungen durchgeführt wird.		
Ein Minimum an Vergleichbarkeit und Wiederholbarkeit durch Zählungen und Messungen ist sicherzustellen, denn das Verfahren der Dauerbeobachtungen sollte möglichst objektiv sein und nicht allein auf Schätzungen beruhen (vgl. 6.1.5)	+/-	PFADENHAUER 1997:289, JAHN 1980:149
Je länger der Versuch laufen soll, desto weniger Treatments und desto einfachere Flächen sollten angelegt werden.	+/-	LEIGH et al. 1994:254f.
gewonnene Daten sollen nicht nur gelagert, sondern auch der Auswertung und Umsetzung zugute kommen sollen	+/-	KESSLER 1986:10
Lage, Form und Untergliederung müssen so ausgerichtet sein, daß für feinere Erhebungen noch Platz bleibt	+/-	PFADENHAUER 1997:286
Die Anlage sollte flach sein, sofern die Neigung keinen zu untersuchenden Faktor darstellt	(+)	LEIGH et al. 1994:255
Das Design der Dauerflächen sollte EDV-gestützte Anwendung zulassen	+	PFADENHAUER 1997:286
Das Vorhandensein von Replikationen ⁴⁸ und Kontrollflächen	+	LEIGH et al. 1994:255
Besonderer Wert wird insgesamt auf einfache, anschauliche Verfahren gelegt, auf eine Reproduzierbarkeit der Aufnahmetechniken und die Eindeutigkeit in Form und Lage	+	PFADENHAUER 1997:286
Eine einheitliche Anlage der Dauerflächen ist unbedingt notwendig, um kontinuierliche Bearbeitung zu gewährleisten.	+	SCHMIDT 1974:103
Markierung der Dauerflächen soll dauerhaft, dem Gelände angepaßt, exakt eingemessen, schnell und praktisch auffindbar, sowie ungefährlich für Weidevieh und Bewirtschaftungsabläufe sein	+	LEUPI 1986:37
Eine größtmögliche Genauigkeit bei der Datenerhebung soll bei vertretbarem Zeitaufwand gewährleistet sein (dies ist meist nur bei Deckungsschätzungen der Fall)	+	PFADENHAUER 1997:289

- = nicht erfüllt, (+) = bedingt erfüllt, += erfüllt, +/- = teilweise erfüllt, vgl. dazu Abkürzungsverzeichnis

Langzeitexperimente können Informationen zu nachhaltiger Nutzung geben, die wir auf keine andere Art erhalten können (vgl. Abbildung 2). Werden die Endstadien von Sukzessionen von den Ausgangsstadien beeinflusst? Ist aus der ursprünglichen Gemeinschaft (N_{32}) eine neue entstanden (F_{28})? Wenn ja, entwickelt sich diese weiter oder wieder zurück („Fichtenwald“, LÜDI 1959:8)? Welche Rolle spielt dabei die Ausgangssituation (Beweidung)? Dauerflächen dienen zur Entwicklung und zum Testen ökologischer Theorien, indem sie wie hier geschehen die flächenbezogene und zeitliche Komponente von Vegetationsveränderungen dokumentieren. Die Fortführung von Untersuchungen über Jahrzehnte kann wie hier zu neuen Fragestellungen führen; Versuche werden dann mit der Zeit wertvoller (vgl. LÜTTGE 1988:360, STEIDL und RINGLER 1996:169, ELLIOTT 1990:2, LEIGH et al. 1994:254, JENKINSON et al. 1994a:131, PFADENHAUER 1997:281, JENKINSON 1991:2, SCHÜTZ et al. 1993:2).

6.1.3 Eigenheiten von Langzeitbeobachtungen

Wie die Versuchsweide werden viele Feldexperimente aus wissenschaftlicher Sicht zu früh abgebrochen, denn gerade Langzeitergebnisse zeigen neben Zyklen oft Abweichungen von der mittleren Entwicklung. Besonders Grünlandversuche gestatten im allgemeinen erst nach längerer Versuchsdauer zuverlässige Aussagen über die Wirkung von Eingriffen. Kurzzeitstudien können zu folgenreichen Fehlinterpretationen oder vollkommen entgegengesetzten Ergebnissen⁴⁹ führen. Dies ist für die Schynige Platte nur bedingt der Fall. Die vorliegenden Daten spiegeln für 70 Jahre die von LÜDI bereits nach kurzer Beobachtungszeit gezogenen Schlüsse im Groben wider. Es ist ein Glück, daß die Anlage wieder rekonstruiert wurde, allerdings hat der stattgefundenen Nutzungswechsel auch Nachteile gebracht, da der ungestörte Verlauf unbekannt ist. Manchmal ist allerdings auch die kurzzeitige Betrachtung einzelner Individuen für Langzeitvorhersagen sinnvoll, es sei denn, innerhalb

⁴⁸ Das Experiment in Rothamsted hat weder Replikationen noch Randomisierung (JENKINSON 1991:9, TILMAN et al. 1994:287).

⁴⁹ Langzeitexperimente zeigen oft das Gegenteil von Kurzzeitexperimenten, was nicht auf den ersten Blick erkennbar sein muß. Überraschend oft mußten Resultate und Meinungen anderer Experimente im Verlauf eines 30-Jahre-Experiments je nach Dauer der Untersuchungen mehrere Male im Nachhinein korrigiert werden. (BALTENSWEILER 1996:181ff.).

einer Art werden unterschiedliche Reaktionen gefunden (vgl. BALTENSWEILER 1996:181, DIAMOND 1986:11, SCHWEIGHART 1963:16, ELLIOTT 1990:2f., SCHMID et al. 1996:48). Daß die Einzelarten anders reagieren, als die gesamte Gesellschaft, haben vor allem die Blattanalysen gezeigt (vgl. 6.4.2).

6.1.4 Weiterführung eines bestehenden Versuches

Während ein Wechsel der Fragestellung bei einem statistischen Versuch verpönt ist, ist er bei Dauerflächen zwangsläufig üblich. Heute, da der Naturschutzgedanke in den meisten thematisch verwandten Arbeiten vorrangig ist, lesen wir die schon fast haßerfüllten Berichte um die Jahrhundertwende über die Bekämpfung des „gefährlichen“ Faxes kopfschüttelnd. Die Ausbreitung von Nardusbeständen wurde früher als negativ, heute als begrüßenswert angesehen. Das Park Grass Experiment in Rothamsted wurde 1856 angelegt. 1859 waren die Ausgangsfragen beantwortet, aber der Versuch läuft bis heute unter anderen Fragestellungen weiter (TILMAN et al. 1994:11). Auch die Versuchsweide lieferte rasch die von Lüdi geforderten Ergebnisse, wurde aber dann leider unterbrochen. Die hier untersuchten und erhobenen Daten werden vielleicht später unter heute unbekanntem Gesichtspunkten untersucht. Da das Design der neuen Flächen und die Methoden nicht verändert wurden, kann die Untersuchung neuerer Fragen an einem einheitlichen Datensatz stattfinden (vgl. KLAPP 1944:38, STEIDL und RINGLER 1996:204, BARTELS und WATERMANN 1981:369). Um die Qualität der Ergebnisse einschätzen zu können, muß die aber Qualität der vorhandenen Daten geprüft werden.

6.1.5 Qualität der Daten

Viele Eigentümlichkeiten der alten Daten widersprechen modernen wissenschaftlichen Ansprüchen (vgl. 2.1.1). Inwieweit beeinflussen Unsauberkeiten die Interpretierbarkeit der gesamten Analysen? Ein sehr genaues Erfassen der Deckung kann von zweifelhaftem Wert sein, weil auch Witterungsvariationen, jahreszeitliche Schwankungen und Einschätzungsunterschiede durch verschiedene Bearbeiter erfaßt werden (vgl. 6.1.13). Beobachtungsfehler als solche werden selten analysiert⁵⁰ (vgl. RUSCH 1992:143, PEET et al. 1983:45ff, KRÜSI 1978:149ff., TILMAN et al. 1994:290f.).

Die alten Daten der „Gruppe“ X wurden von „L“, „WG“ und „ETJG“ erhoben. Diejenigen der „Gruppe“ XI von: „BS“, „ET“, „JGET“; die der „Gruppe“ VI sogar von: „BFMF, ES, GS, HE, IB, IBLL, IBSP, KRDJ, L, MFSK, SRWD, SPIB, SPMF“. HEGG (mündl. 1997) teilte dazu mit, daß die unter seinem Namen („HE“) gemachten Aufnahmen darüberhinaus noch in Zusammenarbeit mit weiteren Bearbeitern (Studenten) angefertigt wurden. Offenbar bestanden bei den einzelnen Bearbeitern auch Unsicherheiten bei der Artansprache. Es ist bei einigen Arten schwer, sie im sterilen Zustand auseinanderzuhalten. Darüberhinaus werden oft Bastarde gebildet. Besondere Schwierigkeiten machen in der Versuchsweide die Gattungen *Euphrasia*, *Pulsatilla* und *Hieracium spec.*, wobei bei letzterer Gattung viele Zwischenformen und außerdem nomenklatorische Probleme auftraten (*H. auricula auct.* OBERD 90= *H. lactucella* WALLR. OBERD 90). Auffallend ist die Ansprache von *Pulsatilla spec.* in den Nullflächen. Es scheint, als würde *P. apiifolia* ab 1990 durch *P. alpina* ersetzt. Es ist jedoch wahrscheinlicher, daß es sich um unterschiedliche Bestimmung eines

⁵⁰ Steigende Erhebungszeit führt zu mehr gefundenen Arten (Pseudoturnover = Erhebungsfehler, der den errechneten Turnover hebt, NILSSON und NILSSON 1985:65f.).

mehrfarbigen Bastards handelt. Auch der Übergang von *Avenula versicolor* (1931-1982) zu *A. pubescens* (1989) in den NPK-Flächen scheint ein Bestimmungsfehler zu sein. Unsicherheiten bestanden außerdem bei *Leontodon helveticus* und *L. hispidus*, sowie möglicherweise bei *Crepis pontana* DALLA TORRE, der nur in den Null₉₇ gefunden wurde, und evtl. *Crepis conyzifolia* und *Taraxacum officinalis* im sterilen Zustand (NPKCa₄₁ und NPKCa₄₆). In den Tabellen der Datenbank stehen außerdem oft erhebliche Deckungsangaben für Gattungsnamen (z. B. in XVII₃₄ Fläche 325: *Crepis* 7 % oder Fläche 329: *Potentilla* 9 %, NPKCa₄₁ *Hieracium* diverse 6 % in Fläche 112). Die Daten zeigen jedoch in allen Analysen die allgemeine Entwicklung der Vegetation deutlich und widerspruchsfrei. Die o. g. Unsauberkeiten beeinflussen das Endergebnis nur wenig. Eine Steigerung der Zuverlässigkeit der Ergebnisse bedeutet also nicht, möglichst viele Arten fehlerfrei zu erfassen, oder daß hinsichtlich der Datenqualität sehr rigoros vorgegangen werden muß (WILDI 1986a:15, DIAMOND 1986:11). Andererseits kann die Unähnlichkeit der Nullflächen (0₉₇ vs. 0₃₃) möglicherweise auf die sehr unterschiedlichen Vegetationsaufnahmen zurückgeführt werden.

Auch die Angaben der ausgebrachten Düngerqualitäten und -quantitäten variieren innerhalb der Tagebücher/Veröffentlichungen LÜDIS, was Unstimmigkeiten unter den folgenden Bearbeitern zur Folge hatte (s. Tabelle 37).

Tabelle 37: Angaben zu den ausgebrachten Düngerquantitäten

Bezugsbasis/ Quelle	Ammonsulfat	Superphosphat	Kohlensaurer Kalk	Kalisalz
	N	P	K	Ca
% in Dünger	20-35	20-22	95-100	30
kg/ ha (LÜDI 1931)	50	100	250	100
g/Fläche (LÜDI 1931)	40	120	400	80
g/Fläche (LÜDI 1932)	40	100	500	100
kg /Are (LÜDI 1936)	2	5		4
g/Fläche (LÜDI TB 1932/1940/1950/1952/1956)	50	100	500	100
g/Fläche (LÜDI TB 1953/1951/1955)	50	100	250	100
kg/are (LÜDI 1959:3)	2 (20 %)	4 (20 %)	20 (95 %)	4 (30 %)
kg/are (LÜDI 1936:637)*	2 (20,7 %)	5 (18,2 %)		4 (32,6 %)
kg/a (DÄHLER 1993:5)	2 (20 %)	4 (20-22 %)	20 (95 %)	4 (30 %)
kg/ha (HEGG 1984c:142)	40 (100 %)	35 (30 %)	400 (100 %)	100 (30 %)
Also ~ Nährstoff g/Fläche	8	20	400	30

aus Lüdis Tagebüchern und Veröffentlichungen und den Angaben von HEGG (1984) und DÄHLER (1993) zu den ausgebrachten Düngerquantitäten (in Klammern: % des Nährstoffes).*= Versuchsweide?

Sollten die Ergebnisse weiterer Flächen untersucht werden, so empfiehlt sich also besonders eine Kontrolle der Düngermengen und -formen hinsichtlich der in unterschiedlichen Jahren gegebenen P- und N-Düngungen. Für die vorliegenden Analysen hatten diese Differenzen, abgesehen von Schwierigkeiten bei der Bestimmung der auszubringenden Düngermenge, jedoch keine erkennbare Auswirkung.

6.1.6 Datentest

Die Frage, wie wertvoll die aus Dauerflächen gewonnenen Daten sind, kann mit dem unten stehenden Datentest abgeschätzt werden (s. Abbildung 122).

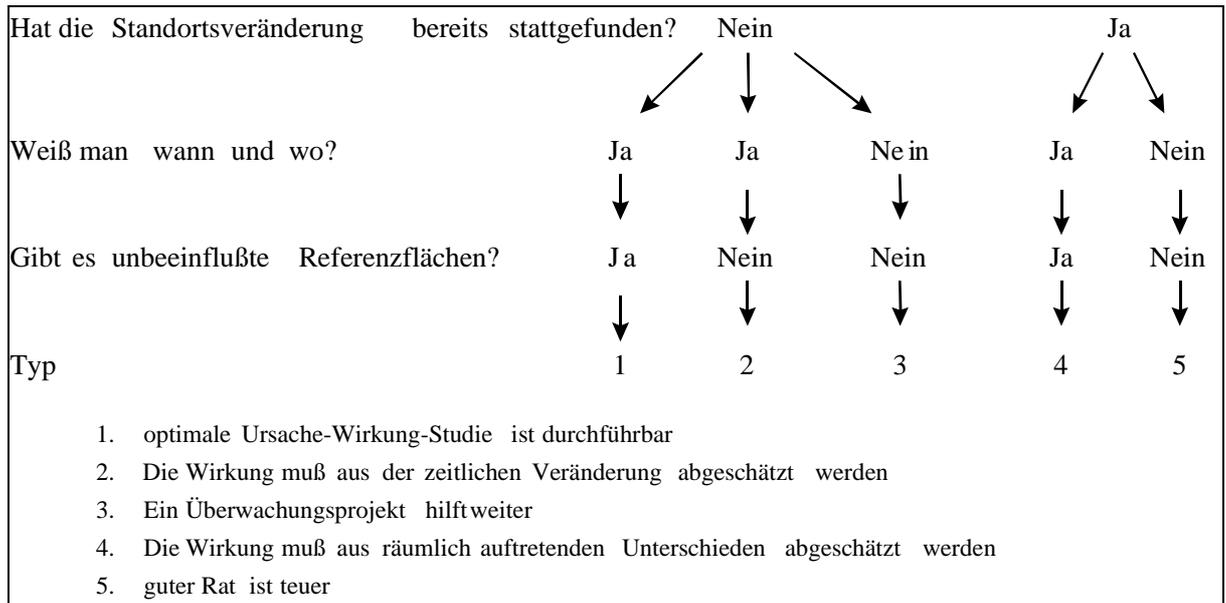


Abbildung 122: Test für die Datenqualität von Dauerflächendaten nach GREEN (1979:72)

Die Einordnung hängt davon ab, wie man den Begriff „Standortsveränderung“ charakterisiert. Das Nardetum der Versuchsweide war zu Beginn der Versuche durch (Über-) Weidung bereits stark beeinflusst. Dieser Zustand ist jedoch nur für den Zeitraum der Beweidung stabil (vgl. 6.6). Die Veränderung der Vegetation setzt in dem Moment ein, als, bedingt durch die Zaunsetzung, die Beweidung aufhört. Es erfolgt bereits eine leichte Veränderung, noch ehe Mahd (resp. Düngung) begonnen haben (vgl. 6.5). Andererseits hat die Standortsveränderung durch Düngung bei anderen Flächen zum Teil (ca. 2-7 Jahre) vor der ersten Vegetationsaufnahme stattgefunden. Vegetationsaufnahmen des Zustandes vor der Veränderung sind nicht vorhanden. Aus diesem Grunde wurde das Standardnardetum definiert. So kann dieses als Ausgangszustand ohne Standortsveränderung betrachtet werden, denn die untersuchte Fragestellung war, ob das Nardetum in eine Frischwiese umgewandelt werden kann, unabhängig davon, wie es entstanden ist (NEIN). Wann und wo die Beeinflussung stattgefunden hat, ist bekannt (JA). Unbeeinflusste Referenzflächen sind nur mit Einschränkungen zu bestimmen (NEIN, vgl. 6.1.7). Wird angenommen, daß die Beweidung eine Beeinflussung der Flächen war, liegt also Fall 2 nach Green vor. „Die Wirkung muß aus der zeitlichen Veränderung abgeschätzt werden.“ Entsprechend wurden die Daten relativ zueinander nach ihrer zeitlichen Veränderung betrachtet.

6.1.7 Basislinie

Die Ergebnisse eines Feldexperimentes können sich mit Jahr und Jahreszeit ändern, weil diese von unregelmäßigen Variablen abhängen, welche die Flächen und die Kontrollen beeinflussen. Wenn man einen bestimmten Faktor untersucht, kann es sein, daß dieser von nicht untersuchten Faktoren überlagert wird, welche die erwünschte Änderung bewirken. Dieses wird durch den Verlauf der Nullflächen (=Basislinie) nahegelegt. Es wäre einerseits naiv, anzunehmen, daß die Basislinie konstant ist, und manche Änderungen kein essentieller Teil eines dynamischen Ökosystems sind, wobei definiert werden muß, was eine signifikante Abweichung ist. Aber besonders, wenn z. B. wie auf der Versuchsweide ein Zaun gezogen wird, Weide und Mahd sich abwechseln, kann dieses unerwünschte

Wirkungen auf die Basislinie haben. Ehe besprochen wird, ob die Versuchsanlage trotzdem brauchbare Daten liefert, muß die grundsätzliche Dynamik der Vegetation abgeschätzt werden. Die Variation der Basislinie ist bei Dauerflächenuntersuchungen ein Problem. Bisweilen sind Nullflächen hinsichtlich Pflanzensammensetzung, Diversität und Produktivität abgesehen von klimatischen Variationen quasi stabil, manchmal schwanken die Erträge der ungedüngten Parzellen um über 100 %. Manchmal ist die Variation in gedüngten und ungedüngten Flächen zwischen den Jahren größer als zwischen den Flächen (vgl. HERBEN et al. 1993:176, TILMAN et al. 1994:289, SCHIEFER 1983:41, KLAPP 1944:40f., DIAMOND 1986:9, BALTENSWEILER 1996:181ff.). Die Entwicklung der Nullflächen zeigt tatsächlich deutliche Veränderungen. Sofern diese nicht eine interne Dynamik oder natürliche Rückentwicklung zeigen, lassen sie sich mit dem Wechsel zwischen Weide und Mahd gut begründen (vgl. 6.5). Mit den neuen Daten läßt sich diese Entwicklung tatsächlich detaillierter darstellen, je nachdem wo die Daten eingesetzt werden. Die Regelmäßigkeit der Änderungen in den alten (zwischen 1932 und 1997) resp. neuen Nullflächen (1994-1996) zeigen, daß zumindest unterschiedliche Bearbeiter und der Vergleich verschiedener Flächen nur einen geringen Einfluß auf den Verlauf der Basislinie haben.

6.1.8 Nährstoffauswaschung

Eine Fehlerquelle bei der Interpretation der Nullflächen könnte der Nährstoffeintrag aus darüberliegenden Flächen sein. Aufgrund der regelmäßigen Anordnung liegen in LÜDIS Anlage in den meisten Fällen die gleichen Behandlungen übereinander, denn die 5 Parallelen der 11 verschiedenen Düngerkombinationen wurden stets in derselben Reihenfolge in Falllinie angelegt (vgl. Weideplan). Somit liegen über den analysierten Flächen meist Flächen einer anderen Düngungsvariante (s. Tabelle 38). Dadurch liegen ausgerechnet über 4 Nullflächen Flächen, in denen Auswirkungen verschiedener Quantitäten von NPKCa (halbe bis doppelte Menge der „normalen“ Menge von 40-50 kg/ha, also 80-100 kg/ha) getestet wurden und über einer weiteren eine Kompostfläche.

Tabelle 38: Behandlung der über den für die Analyse ausgewählten Flächen liegenden Flächen.

„Gruppe“	X/XI	X	V	V	XVI	XVII
Oberhalb	NPKCa Keine 0	0	PK (+U ⁵¹)	NPK (+U)	Kompost (1x) 0	NPKCa (4x)
Untersuchte Fläche	N ₃₂	Ca	NPK	NPKCa	0	0

Da Nährstoffe in Grasland kaum festgehalten werden, ist unwahrscheinlich, daß mehr als 6 % (bei Ca mehr) der totalen Ökosystemnährstoffe oder 50 % der gegebenen Dünger in die Vegetation eindringt. Die Wirkung der Düngung auf Nachbarflächen wird in der 20° geneigten Versuchsweide als gering eingeschätzt, obwohl sich bereits bei 10° Dünger in einem in Jahr 2-6 m hangabwärts bewegen kann, was zu signifikanten Änderungen in N- und P-Konzentrationen und Blattgröße führt. Künstliche Beregnungsversuche bei der Versuchsweide ähnlichen Bedingungen zeigen einen starken Oberflächenabfluß (bis zu 91 %) bei Regen. Der Abfluß ist umso größer, je feuchter der Boden ist. Die Böden der Versuchsweide sind ausreichend durchfeuchtet und neigen zu hohen Abflußspenden. Daher ist nicht auszuschließen, daß ein Teil der Änderungen der Basislinie, die denen in den gedüngten Flächen ähneln, durch eingeschwemmte Nährstoffe bedingt sind (vgl. HEGG 1984a:162, LÜDI 1948:73, KUMMEROW 1987:31, DICKINSON 1984:695, CHAPIN III et al. 1986a:265, BUNZA 1984: 101ff). Der leichte Anstieg der R-Werte in den Nullflächen zwischen 1932 und 1997 erhärtet diese

⁵¹ U=Urgesteinsmehl

Vermutung hinsichtlich eines Ca-Transportes, obwohl die N-Werte unverändert sind (s. Abbildung 123).

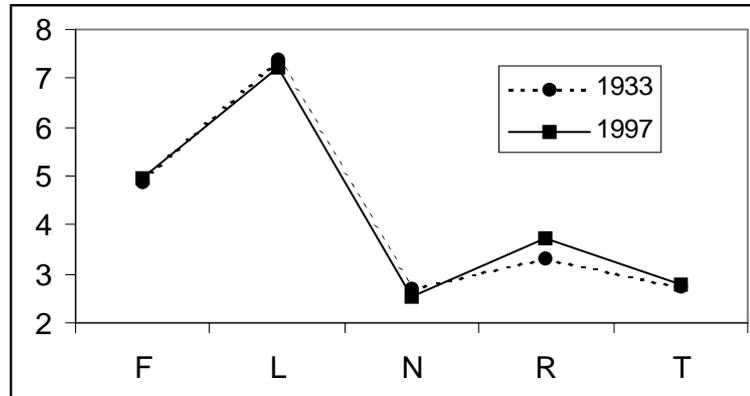


Abbildung 123: Änderungen der Zeigerwerte in denselben Nullflächen zwischen 1932 und 1997

Eine getrennte Betrachtung der Deckungsentwicklung von Flächen ohne und mit gedüngten Flächen oberhalb zeigt jedoch, daß sich die Flächen hinsichtlich der untersuchten Parameter (hier vorgestellt: Deckungsverhältnisse) nicht unterscheiden (vgl. Abbildung 124 und Abbildung 125). Die bereits beschriebene Dynamik bleibt jedoch erhalten.

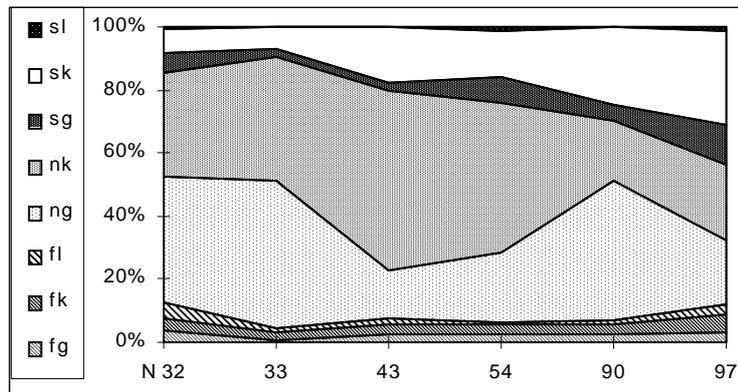


Abbildung 124: Entwicklung der Nullflächen unterhalb NPKCa-gedüngter Flächen (Deckungsverhältnisse)

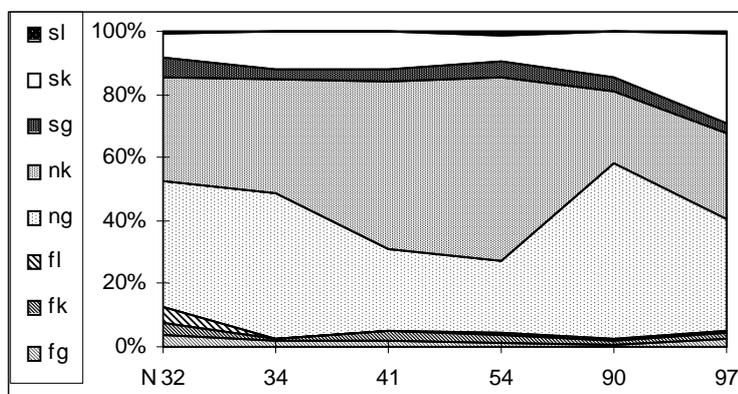


Abbildung 125: Entwicklung der Nullflächen unterhalb ungedüngter Flächen (Deckungsverhältnisse)

Eine Nährstoffauswaschung wird daher nicht deutlich. Durch eine Veränderung der Reihenfolge der neuen Flächen in Falllinie sollten allfällige Störungen einzelner Flächen durch Nährstoffverlagerung verhindert werden. Eine spätere Analyse der neuen Nullflächen kann diesen Sachverhalt erneut prüfen.

Betrachtet man allerdings die Veränderungen in der räumlichen Ähnlichkeit, sind deutliche Unterschiede zu erkennen. Die Ähnlichkeit zu N₃₂ bei Flächen unter Nullflächen ändert sich von 87 % (1934) auf 74 % (1941), während die unter NPKCa-Flächen von 92 % (1933) auf 51 % (1943) sinkt. Allerdings liegt hier ein großer zeitlicher Unterschied vor. Die beobachteten Unterschiede zum Standardnartetum haben wahrscheinlich andere Ursachen als Nährstoffeintrag, da die Abbildungen zeigen, daß nicht die -bei Düngungen so deutlichen- Deckungsänderungen einzelner Artengruppen dafür verantwortlich sind, sondern möglicherweise die Nutzung. Eine statistische Absicherung ist mangels echter Nullflächen leider nicht möglich (vgl. 6.3.1).

6.1.9 Homogenität der Vegetation

Es ist nicht bekannt, wie homogen die Versuchswaide zu Beginn der Versuche war. Nach LÜDI (1959:2) kann angenommen werden, daß der gesamte Bereich der ehemaligen Großviehweide dies- und jenseits des neuen Zaunes dieselbe Vegetation trug. Das durch Beweidung entstandene Nardetum aus LÜDIS Tagen ist heute in der Umgebung der Weide wahrscheinlich nicht mehr zu finden. Die Fläche außerhalb der Versuchswaide wurde seit dem Beginn der Versuche durchgehend beweidet und erscheint heute bereits auf den ersten Blick wesentlich fetter und unterscheidet sich auch im Blütenaspekt deutlich. Das damalige Nardetum ist in der Umgebung der Weide aufgrund einer intensive Überdüngung mit Gülle 1993 (HEGG, 1999 mündlich) nicht mehr großflächig zu finden. Die Weide wies 1946 noch deutliche Zeichen der Vermagerung auf (LÜDI 1948:33f.). FISCHER beschreibt die Vegetation außerhalb der Versuchswaide knapp 50 Jahre später als *Geo montani*-Nardetum *phleetosum alpinae* und als durch nachlassende Weidenutzung vergangende *Anemone narcissiflora*-*Nardus stricta*-Sukzessionsgesellschaft in der Variante mit *Anthyllis alpestris* (FISCHER und WACHTER 1993:116ff.).

Vor weitergehenden Analysen wurden die aus den neuen, zufällig angeordneten Flächen gewonnenen Aufnahmen des Jahres 1994 über eine Cluster-, eine Konzentrationsanalyse und eine Korrespondenzanalyse (Ähnlichkeitsmaß VAN DER MAARELS-Distanz) sortiert, um Inhomogenitäten zu erkennen. Die Analyse erbrachte eine Vegetationstabelle in der die Aufnahmen weder nach einem Höhengradienten noch hangparallel sortiert erschienen. Daher ist anzunehmen, daß die neuen Flächen in einer ausreichend homogenen Fläche lokalisiert sind und trotz ihres geringen Ausmaßes einen repräsentativen Vegetationsausschnitt bieten, der dem heutigen Zustand des von LÜDI vorgefundenen Nardetums entspricht.

6.1.10 Minimumareal in einem Nardetum

Das Minimumareal ist die Fläche, auf der die Gesamtheit der Sippen eines Bestandes vorkommt. Für jede Elementarassoziation ist ein Minimumareal erforderlich. Wo dieses Raumminimum an einem gewissen Standort nicht vorhanden ist, kann auch keine Elementarassoziation vorliegen (vgl. DIERSCHKE 1994:140, MORAVEC 1973:29). Ist hingegen, wie auf der Versuchswaide, ein ausreichend großes Gebiet gegeben, beträgt das Minimumareal für Grünlandstandorte zwischen 5 und 25 m², sofern neben dem methodischem Minimumareal (minimale Größe einer Aufnahmefläche) auch

das biologische Minimumareal (zur Entwicklung und Erhaltung eines Vegetationstyps nötige Fläche⁵²) erreicht wurde (vgl. DIERSCHKE 1994:140, BARKMAN 1989:89ff., s. Tabelle 39).

Tabelle 39: Minimumareale für Grasgesellschaften

Gesellschaft	Minimumareal	Quelle
Wiesen	10-25 m ²	BISCHOF 1981:87
Magerrasen	Mind. 80 m ² *	BISCHOF 1981:87
Heuwiesen**	10-25 m ²	MÜLLER-DOMBOIS und ELLENBERG 1974:48
Weiden**	5-10 m ²	MÜLLER-DOMBOIS und ELLENBERG 1974:48
Weiden**	5-10 m ²	PFADENHAUER 1997:89
Mähwiesen**	10-25 m ²	PFADENHAUER 1997:89
alpine Rasen	10-50 m ²	PFADENHAUER 1997:89
Dauerweiden	5-10m ²	DIERBEN 1990:22
Wiesen	10-25m ²	DIERBEN 1990:22

*Bei einer Zunahme von 25m² auf 80m² wurden im Schnitt 10-15 weitere Arten gefunden.

** Von den Autoren vorgeschlagene Flächengröße für Vegetationsaufnahmen

Die herkömmliche Art der Erfassung des Minimumareals über Artenzahl-Flächengröße Beziehungen (Artenarealkurve) ist in vielerlei Hinsicht problematisch⁵³. Bei Sukzessionsuntersuchungen oder unterschiedlich bewirtschafteten Parzellen ändert sich das Minimumareal laufend, große Flächen werden inhomogen. Andererseits variiert die Artenkomposition auf kleineren Flächen mehr, weil diese oft nur Fragmente des Basis-Sets an Arten enthalten. Da Mobilität kurzzeitig und kleinräumig verläuft, finden wenig Änderungen auf Plot-Ebene (50x50cm) statt, während je nach Artenreichtum Subplots (15x15cm) sehr dynamisch sein können (HERBEN et al. 1993:171ff.). Die Umgebung der Flächen ist also mindestens ebenso wichtig wie ihre Größe. Bei der gesamten Versuchsweide sind bis heute alle Flächen von einem floristisch noch immer einheitlichen Nardetumstreifen, dem Weg (vgl. Weideplan), umgeben. Die Umgebung der Weide (v. a. oberhalb des Zauns) weicht seit der Begüllung ca. 1993 deutlich von der Nardetumvegetation innerhalb des Zaunes ab (vgl. LÜDI 1948:35ff.). Es wird davon ausgegangen, daß die alten Flächen damals in einer ausreichend homogenen Fläche angelegt wurden (vgl. 6.1.9). Dies zeigt auch die in allen Fuzzy-Set-Ordinationen ähnliche Lage in Bezug zum Standardnardetum. Da kein Pflanzenbestand vollkommen homogen und eine floristische Änderung der Vegetation ist schon vor dem deutlichen Aspektwechsel möglich ist, können Reaktionen unterschiedlicher Ausgangsbasis nur bedingt miteinander verglichen werden. Aus diesem Grunde wurden für die einzelnen Jahre die Zentroide generiert (vgl. Zugehörigkeitsdiagramme, MORAVEC 1973:29ff., DIERSCHKE 1994:142, KELLER 1986:25, KRÜSI 1978:141).

6.1.11 Größe der Probeflächen

Auch die 42 neuen Flächen wurden in derselben Größe angelegt wie die alten, obwohl das Minimumareal (MA) bei weitem unterschritten ist. Ob Veränderungen durch multivariate Methoden erfaßt wird, hängt von der Flächengröße ab. Gesellschaften lassen sich zwar unabhängig von der Aufnahmegröße, z. T. bei den kleinen Aufnahmen besser, mit multivariaten Methoden unterscheiden, aber wenn für eine kleiner Fläche befürchtet wird, daß keine zuverlässigen Aussagen für die Pflanzengesellschaft gemacht werden können, muß man entweder die Aufnahmefläche vergrößern (und dabei die oben genannten Nachteile in Kauf nehmen) oder die Anzahl der Aufnahmen erhöhen.

⁵² Bsp.: 200 m² in einem großen Wald zeigen einen Durchschnitt durch die floristische Diversität, bei einem 200 m² Wald inmitten von Feldern findet man eher atypische, fragmentarische Vegetation

⁵³ Wenn die Daten halblogarithmisch aufgetragen werden, ist es, außer bei sehr kleinen Flächen, keine Kurve mehr. In artenreichen Phytozoenosen wird oft kein

Denn die Zahl der Aufnahmen, und nicht deren Größe entscheidet über die Genauigkeit einer Aussage über die Entwicklung (vgl. WILDI 1986a:21, KRÜSI 1978:145, KELLER 1986:26, VAN DER MAAREL und SYKES 1993:185). Da LÜDI wußte, daß eine unterschiedlich zusammengesetzte Vegetation auch unterschiedlich auf Störungen reagiert, wurden von ihm je 5 Parallelfächen angelegt. Durch die Anlage von fünf resp. sechs Parallelfächen je Behandlung wurde eine statistische Auswertung möglich. Tabelle 40 zeigt darüberhinaus, daß die Wahl kleiner Flächen für die vorliegenden Analysen geeignet ist.

Tabelle 40: Gründe für und gegen die Verwendung von Flächen, die kleiner sind als das Minimumareal und Gültigkeit für die Versuchsweide

Parameter	Geltung für die Versuchsweide	Quelle
Die grundsätzliche Dynamik in Pflanzengesellschaften ist eher auf sehr kleinen Flächen zu finden ⁵⁴ . Daher ist die Erhebung repräsentativer Artenbestände auf möglichst kleinen Flächen erstrebenswert (größere Homogenität und Übersichtlichkeit, geringerer Zeitaufwand).	+	DIERBEN 1990:20
Darüberhinaus sollten besonders in Magerrasen die Probequadrate wegen ihrer Trittempfindlichkeit wenigstens von einer Seite aus zugänglich sein. Empfohlen werden Quadrate von 2x2m, die zwar nicht dem Minimumareal entsprechen, aber vom Rand her gerade noch erfassbar sind.	+	PFADENHAUER 1997:286
Magerrasen sind außerdem oft Mosaikkomplexe, große Flächen sind daher oft inhomogen.	+?	PFADENHAUER 1997:122
Große Flächen reagieren in der Analyse der flächenbezogenen und zeitlichen Variabilität träger. Grundlegende Eigenschaften einer Pflanzengesellschaft werden eher über das charakteristische Artenspektrum und deren Deckungsverhältnisse als über die Erfassung restlos aller Arten vermittelt (vgl. 6.1.5).	+	SCHÜTZ 1998a:1ff.

Wenn mit größerer Fläche eine Steigerung der gefundenen Artenzahl einhergeht (vgl. SCHÜTZ 1993:3), wären Daten größerer neuer Flächen außerdem nicht mit den alten Daten zu vergleichen gewesen. Für die Anlage der neuen Flächen stand innerhalb des Zaunes nur der Bereich unterhalb bzw. rechts von den vorhandenen Flächen zur Verfügung (vgl. Weideplan). Größere Flächen wären zum Teil in der Nähe des Steilhanges und damit in den Bereich andersartiger Vegetation zu liegen gekommen. Auch die Ergebnisse der Zugehörigkeitsdiagramme zeigen, daß die Ähnlichkeit zwischen den Parallelfächen sehr groß ist. Dies spricht dafür, daß die Versuchsweide ausreichend homogen ist und die Einhaltung des Minimumareals für die vorliegende Untersuchung nicht von zentraler Bedeutung ist (vgl. 6.1.9). Im Gegenteil hätte die Wahl größerer Flächen im heute außerhalb der Weide liegenden Bereich Vegetation erfaßt, die schon zu LÜDIS Zeiten von der Vegetation der Versuchsweide zu unterscheiden war (vgl. dazu Aufnahmen in LÜDI 1948:35f., Tabelle 92).

6.1.12 Zeitpunkt und –abstände bei Vegetationsaufnahmen

Pflanzengemeinschaften „arbeiten“. Es gibt eine große Vielfalt an Strategien, Wechselbeziehungen und Abhängigkeiten einzelner Arten mit sensibler Reaktion auf jährlich, saisonal und episodisch wechselnde Witterungseinflüsse. Der Zeitpunkt der Vegetationsaufnahmen muß, besonders bei einer Langzeitstudie, im Jahresverlauf eindeutig definiert sein, da sich morphologische Merkmale (Deckungen, Sichtbarkeit, etc.) während der Vegetationsperiode ändern. Jahreszeitlich verschobene Aufnahmen können zu beträchtlichen Fehlschlüssen führen. Als ideal werden für Wiesen die Wochen vor dem ersten Schnitt, für Magerrasen der Zeitraum Juni/Juli und für alpine Vegetation August/September angegeben (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:39, KRÜSI 1978:149ff., PFADENHAUER 1997:89). Alle untersuchten Vegetationsaufnahmen wurden zu derselben Zeit (Mitte/Ende Juli)

aufgenommen. Unterschiede können durch unterschiedlichen Witterungsverlauf in einzelnen Jahren (z. B. 1994 vs. 1995) hervorgerufen worden sein (z. B. Deckung der Frühjahrsgeophyten (*Crocus albiflorus*) und unscheinbarer Arten, deren Blätter zu späteren Zeitpunkten seltener gefunden werden (*Homogyne alpina*)). Die Abnahme der Deckung von *Homogyne alpina* zwischen 1994 und 1996 wird beispielsweise durch den aufgrund der unterschiedlichen Witterung der drei Jahre relativ verschobenen Aufnahmezeitpunkt gedeutet. Eine unterschiedliche Deckungseinschätzung kam auch bei Arten vor, die erst durch ihre Blüte „sichtbar“ werden (z. B. *Campanula scheuchzeri*). Die Unterschiede sind angesichts der großen Veränderungen in den Deckungsverhältnissen nicht für die Betrachtung der Entwicklungen relevant. Es wurden aufgrund der Methode vor allem Deckungsänderungen > 3 % bewertet (vgl. 3.4).

Die Abstände zwischen den einzelnen Aufnahmen sind außerdem sehr groß, die Aufnahmen wurden in unterschiedlichen Jahren gemacht. Von manchen Autoren werden Aufnahmen aus verschiedenen Jahren für die Erstellung von Zeitreihen in Zeitintervalle normiert, wodurch die jeweiligen Daten in gleichmäßige Abstände gebracht werden (z. B. Fünfjahresschritte, vgl. SCHÜTZ et al. 1998:2). Die alten Daten liegen jedoch aus so unterschiedlich großen Intervallen vor, daß nicht einmal jedes Jahrzehnt durch eine Aufnahme abgedeckt wird. Die neuen Daten führen zu einer sehr feinen Abdeckung der ersten Veränderungen nach der Düngung, während die Rückentwicklung nur in groben Schritten repräsentiert wird. Obwohl sie langsamer vonstatten geht, ist das Fehlen der Daten problematisch, da Zyklen in der Vegetation nicht erfaßt werden.

6.1.13 Zyklen

Könnte es sein, daß die Veränderungen der Nullflächen natürliche Zyklen der Vegetation sind? Mehrjährige Fluktuationen ohne Zu- oder Abwanderung neuer Arten um einen „Repräsentanz-Mittelwert“ sind charakteristisch für Pflanzengemeinschaften. Dominanz- und Abundanzwerte unterliegen exogenen (z. B. witterungsbedingten) und endogenen (arteigenen) jährlichen Schwankungen (=„Grundrauschen“ im Monitoring). Jedes Jahr und abhängig von der Nutzung können jeweils andere Arten Gebrauch von dem vorhandenen Platz machen (vgl. 6.1.13). Die Steuerung erfolgt allogon (z. B. Klima) und endogen (z. B. Erschöpfung der Speicherorgane bei Erdorchideen). Vollständige Artenlisten und repräsentative Abundanz- und Dominanzverteilung sind nur über mehrere Jahre zu gewinnen. Dies wird durch die Tatsache bestätigt, daß in allen Flächen mehr Arten gefunden wurden, als in den einzelnen Flächen (vgl. RUSCH 1992:143, HERBEN et al. 1993:177f., DIERBEN 1990:79, PFADENHAUER 1997:75ff.).

Veränderungen zeigen nicht immer einen generellen Sukzessionstrend und die Änderungen der Basislinie könnten inhärente Zyklen und ungerichtete Dominanzänderungen der Vegetation zeigen. Die zweimalige Umkehr der Vegetationsentwicklung in den Nullflächen spricht aber dagegen. Zyklen zeigen sich meist während einer oder weniger Vegetationsperioden. Sind die Abstände wie im vorliegenden Fall zwischen den einzelnen Aufnahmen sehr lang, können nur Langzeiteffekte der Einwirkungen untersucht werden. Kurzzeitige Vegetationsschwankungen schließen auch Variabilitäten in Individuenzahl und Deckung mit ein, wie die Ergebnisse der populationsbiologischen Messungen zeigten. Meist sind lange Beobachtungszeiten aber auch engere Beobachtungsintervalle nötig, als für die Versuchsweide vorliegen (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:40, HERBEN et al.

1993:176f., SILVERTON 1987:24, PFADENHAUER 1997:283f., KELLER 1986:26). Zwar liegen Daten aus einem langen Zeitraum vor, aber die Abstände zwischen den einzelnen Aufnahmen sind für die Dokumentation verschiedenen Verhaltens einzelner Arten (Konstanz, Auftauchen, Verschwinden, Fluktuation) zu groß. Der „Speicher-Effekt“ (Asynchronität zwischen verschiedenen pausierenden Orchideenarten) ist wohl nur bei wenigen Arten verantwortlich für das Vorkommen oder Verschwinden. Pausierende Arten werden in manchen Jahren nicht gefunden und fälschlicherweise als „ausgestorben“ angesprochen etc. (vgl. PFADENHAUER 1997:284, RUSCH 1992:113). Als Beispiel sei *Nigritella nigra* genannt, die 1994 auf der Versuchsweide und Umgebung in großer Zahl gesehen wurde, 1995 aber nicht.

Insgesamt können die dokumentierten Deckungsverschiebungen sicherlich zum Teil auf Einflüsse unterschiedlicher Witterungsverhältnisse/Aufnahmezeitpunkte zurückgeführt werden. Die vorliegenden Daten zeigen durch die großen Zeiträume zwischen den einzelnen Aufnahmen mögliche zyklische Fluktuationen nur ansatzweise. Die gefundenen Veränderungen werden nicht mit inhärenten Zyklen in Verbindung gebracht, da sie sehr regelmäßig sind.

6.1.14 Nährstoffeintrag und Versauerung aus der Luft

Zeigt der Verlauf der Basislinie, daß das Gleichgewicht eines lange Zeit stabilen Ökosystemes wie das Nardetum auf der Schynigen Platte durch die versauernde/eutrophierende Wirkung der anthropogenen Nährstoffimmissionen gestört wird?

Die atmosphärische N-Deposition findet gasförmig in Form von NO_x und NH_x oder trocken/partikulär⁵⁵ (NH_4NO_3) statt. Ein Großteil (50-80 % resp. 75-89 %) wird als Ammonium deponiert, welches den Boden versauert (HNO_3), auf feuchter Oberfläche durch gemeinsame Deposition⁵⁶ mit Sulfationen zu $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ neutralisiert werden kann oder alkalisch wirkt ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$). Die Aufnahme von NH_4^+ durch die Pflanze führt zu einer Versauerung infolge des Ladungsausgleichs zu Aufnahme von OH^- und SO_4^{2-} Ionen, während Cl^- zurückbleiben und H^+ Ionen abgegeben werden. Außerdem werden auch durch die Nitrifikation ($\text{NH}_4^+ + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3 + \text{H}^+$) wiederum Wasserstoffionen frei (Nitrifikationsgift, vgl. RICHTER 1988:60ff.; FINCK 1989:38). Eine Relation zwischen N-Gehalt im Boden und der NH_3 -Deposition wird aber nicht nur auf der Schynigen Platte nicht gefunden, ebenso wie erhöhte Gesamtstickstoffwerte nicht festgestellt wurden (FENNEMA 1992:325, STEIDL und RINGLER 1996:163). In kalten und sauren Böden wie in der Versuchsweide wird ohnehin vorzugsweise NH_4^+ angeliefert (GIGON 1971:48), so daß eine anthropogene Versauerung nicht so schädlich ist wie auf Kalkböden. Hinsichtlich der pH-Werte läßt sich hier wie auch anderswo eine Erhöhung der Azidität nicht immer belegen (vgl. 6.3.14; BÜRGER-ARNDT 1994:11, STEIDL und RINGLER 1996:162f., BARTNICKI und ALCAMO 1989:101f., RORISON 1987:81, PEARSON und STEWART 1993:283, HEIL und DIEMONT 1983).

Gegenüber historischen Daten lassen in Borstgrasrasen geringere mittlere R-Werte sowie niedrigere Basensättigung und geringere Konzentrationen von pflanzenverfügbarem Ca auf eine verstärkte Versauerung des oberen Mineralbodens und Hauptwurzelraumes von Borstgrasrasen schließen (STEIDL und RINGLER 1996:163). Dies war in den Nullflächen nicht zu beobachten. Allerdings neigen saure Habitats wie die Versuchsweide eher zu Schäden durch eutrophierende als durch die versauernde Wirkung der Immissionen, da den Pflanzen die Möglichkeit der Ausnutzung

⁵⁵ ca. 50-150 % der feuchten

⁵⁶ ca. 80% des Ammoniums wird zusammen mit SO_2 deponiert

oder Abpufferung erhöhtem N-Angebots fehlt (PEARSON und STEWART 1993:283f., BÜRGER-ARNDT 1994:173, LÜDI 1941a:19, LÜDI 1941b:22, vgl. 6.4). Da in der Versuchsweide die saure N-Düngung (Ammonsulfat) zu wenig deutlichen Auswirkungen führt (LÜDI 1959:6), wird in Zusammenhang mit den vorliegenden Ergebnissen angenommen, daß die Versauerung vorläufig zweitrangig für die Veränderungen ist.

Seit 1920 ist die Deposition von Nitrat linear angestiegen (einige Werte gibt Tabelle 41). Während 1870 nur 2200kg NH₃ emittiert wurden, waren es 1980 bereits 4600kg NH₃. Im europäischen Durchschnitt werden nur ca. 4 % Emissionen im Erzeugerland deponiert. Da die durchschnittliche Verweildauer ca. 9 Tage beträgt, können die Nährstoffe bis zu 2000 km transportiert werden. Allerdings sind die Niederlande und Belgien die größten N-Emittenten, so daß aufgrund der vorherrschenden Westwindlage eine große Auswirkung auf die Schweiz nicht zu erwarten ist (BÜRGER-ARNDT 1994:9, FERM 1990:12).

Tabelle 41: Depositionswerte

Land	kg N/ha/y	Anmerkungen	Quelle
	< 15-29	Rückgang/ Vergrasung Borstgrasrasen	STEIDL und RINGLER 1996:63
CH	40	Mit NS (Mittelland)	HEGG 1995, mündl.
CH	10-20	Trotz Alpdüngeverbot	SUTTER 1995, mündl.
D	10	Auf Ackerböden	HAUNOLD und GLUDOVATZ 1977:58
D	23		PEARSON und STEWART 1993:286
D			PEARSON und STEWART 1993:286
DK	13,3		PEARSON und STEWART 1993:286
F	61-101		PEARSON und STEWART 1993:286
I	58-111		PEARSON und STEWART 1993:286
NL	20-120		PEARSON und STEWART 1993:286
NL	15	1986, durch Regen	ROELOFS 1986:372
NL	20-60	Wo viel Viehzucht	ROELOFS 1986:372
NL	80		BÜRGER-ARNDT 1994:10
NL	10-40	Feuchte Deposition mit NS	STEIDL und RINGLER 1996:133
S	11		PEARSON und STEWART 1993:286
UK	10-135		PEARSON und STEWART 1993:286
USA	> 1	mg N/m ² /d	SIEVERING et al. 1992:339
NL	10-900	Schwankungsbreite N-Fixierung	HASSINK 1995:71
	37	Nitrifizierung Nardetum 1974	ELLENBERG 1977:1
D	4-7	(0,001-0,1 N/m ³ Ammoniak in der Luft) in saure Böden	HAUNOLD und GLUDOVATZ 1977:58
D	3-7	Böden eingewaschen	HAUNOLD und GLUDOVATZ 1977:58
NL	400-500	Ausscheidung durch Rinder	HASSINK 1995:71

Jede Düngung über 80 kg N/ha/y sprengt den ökologischen Rahmen im pflanzensoziologischen Sinn und wirkt besonders auf alpine Pflanzen hemmend und schädigend (vgl. KÖRNER 1984:124, TSCHURR 1992:113, WEGENER und REICHHOFF 1989:192). Zwar wurden noch in den siebziger und achtziger Jahren Düngermengen von 5-9 kg P/ha resp. 15-24 kg K/ha für die Alpen empfohlen (vgl. KRÜSI et al. 1995:23), aber von N-Düngung wurde abgeraten. Bereits unterhalb 15-29 kg N/ha/y kann es zu einem Rückgang bedrohter Borstgrasrasenarten. Während der natürliche Eintrag in Europa mit 5-10 kg N/ha/y angenommen wird, werden eutrophierende Wirkungen von anthropogenem N für Magerrasen bei 3-10kg N/ha/y eingeordnet (z. B. PEARSON und STEWART 1993:283ff.). Die aktuelle exogene (feuchte) Eutrophierung liegt indessen in vielen Bereichen heute wesentlich höher (Tabelle 41). Damit kann die Eutrophierung sogar einer *aktuellen* landwirtschaftlichen Volldüngung (1980 ca. 120-200 kg N/ha, z. B. FINCK 1982:12ff.) entsprechen. Im Schweizer Mittelland werden jährlich etwa 40-50 kg N pro Jahr deponiert. Dies entspricht der durchschnittlichen Düngemenge im Jahr 1890 und auch den von LÜDI gedüngten Mengen (vgl. 3.3). Eutrophierung kann in Borstgrasrasen an der

kurzfristigen Deckungszunahme von *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Hypericum maculatum*, *Festuca rubra*, *Leontodon hispidus*, *Alchemilla vulgaris* erkannt werden (vgl. Vegetationstabellen im Anhang, STEIDL und RINGLER 1996:163ff, ELLENBERG 1985:34, NILSSON und GRENNFELT 1988, PEARSON und STEWART 1993:283ff.). In der Versuchsweide nimmt die Stetigkeit und Deckung von *Trifolium pratense*, *Festuca rubra* in den Nullflächen (im Vergleich zu N₃₂) allerdings ab (vgl. Tabelle 86).

Besonders alpine Ökosysteme sind durch die kurze Wachstumszeit anfällig für Immissionschäden, weil die Vegetation nur in der ~ 4 Monate langen Wachstumssaison die Nährstoffe aufnehmen kann, während auch in 8 weiteren Monaten deponiert wird (vgl. SIEVERING et al. 1992:339). Die Nährstoffmenge bleibt im Ökosystem vorhanden, resp. wird extrem langsam (~25 Jahre in Rothamsted, JENKINSON et al. 1994:117) verringert. Eine nachhaltige Entwicklung der alpinen Ökosysteme soll daher nur bei 60 %iger Reduzierung der N- und S-Deposition möglich sein. Zwar zeichnet sich, wie in der Versuchsweide (vgl. 4.11), tendenziell ein regional verstärktes Wachstum in Magerrasen⁵⁷ ab, es ist aber nicht gesagt, daß sie langfristig nicht zu halten sind (STEIDL und RINGLER 1996:163). Bei den vorgestellten Mengen an N-Immisionen müßten zur Aushagerung oder zur Erhaltung des Gleichgewichtes mehr als 50 kg entzogen werden. Bei ungedüngten Wiesen werden durch Mahd im Schnitt 58 kg N/ha/y entnommen (vgl. 6.4.4.1, vgl. TEUFEL et al. 1994:113ff., VAN DAM et al. 1986:52, STEIDL und RINGLER 1996:202, FENNEMA 1992:325). Die Erträge der ungedüngten Flächen (30-60kg N/ha/y) sollten damit ausreichend für eine allfällige Vermagerung sein (vgl. 4.11 und 6.5). Außerdem wird die der Schynigen Platte naheliegende Region um das Jungfraujoch als clean-air Station genutzt (vgl. WUNDERLI und GEHRING 1990:2642). Die Immissionen im Berner Oberland scheinen demnach nicht besonders hoch zu sein.

Die Einschätzung der Immissionswirkungen ist aufgrund der Einschichtigkeit der Grünlandvegetation hier einfacher zu beobachten als bspw. in Wäldern (BÜRGER-ARNDT 1994:179), jedoch nicht über den N-Wert möglich (WILSON et al. 1995:823, vgl. 6.3.9). Luftverunreinigungen bewirken hier einen Rückgang charakteristischer Pflanzenarten wie *Arnica montana*, *Nardus stricta*, *Polygala vulgaris*, *Antennaria dioica* und *Pedicularis sylvatic* mit verminderten Artmächtigkeiten / Stetigkeiten bis hin zu Totalverlusten, sowie eine deutliche Vergrasung oder -bei gleichbleibendem pH- ein Übergang von Heideland zu Grasland (ROELOFS 1986:372). Eine Vergrasung ist in den Nullflächen bisher nicht feststellbar (vgl. Abbildung 140).

Es gibt kaum Langzeituntersuchungen, aber Modelle über den Einfluß atmosphärischer Deposition, die einen Beweis für die Degenerationserscheinungen in Magerrasen erbringen (vgl. VAN DAM et al. 1986:52, GRABER et al. 1996:59, STEIDL und RINGLER 1996:133ff.). Daher können die Daten der Versuchsweide einen Beitrag leisten. Die Fuzzy-Set-Ordinationen zeigen entsprechend in der Versuchsweide den *bisherigen* Erhalt des Nardetums, obwohl neben allfälliger Deposition noch gedüngt wurde. Allerdings ist ein Trend Richtung F₂₈ in den NPKCa-Flächen zu sehen, der möglicherweise eine beginnende Empfindlichkeit bei zunehmender Eutrophierung zeigt. Die Anzahl verschwundener Arten ist nur unwesentlich höher als die der neu hinzugekommenen (vgl. 6.3.7). Der Auffallend ist dennoch die Zunahme der Deckung von *Gentiana purpurea* in jüngerer Zeit. Die Art ist unübersehbar und nahezu unverwechselbar. Weder Weide noch Mahd oder Düngung haben die Art in diesem Ausmaß fördern können. Die Immissionen (oder Temperaturerhöhung) könnten vielleicht

einen Einfluß auf die offensichtlich drastischere Reaktion der Flächen auf die Düngung im Jahre 1994 (verglichen mit 1932) haben, vielleicht auch, weil einmal eine Weide (1931) und einmal eine Wiese (1994) gedüngt wurde.

Sukzessive Veränderungen in Grünlandvegetation sind entweder bewirtschaftungs- oder immissionsbedingt (BÜRGER-ARNDT 1994:179f.). Da auf der Versuchsweide Änderungen in der Bewirtschaftung eingetreten sind, können die Einflüsse der Immissionen als zweitrangig angesehen werden, da die beobachteten Entwicklungen deutlich mit der Nutzungsänderung ablaufen. Durch den zweifachen Wechsel und die zweimal ähnlich verlaufende Entwicklung kann diese Vermutung bestätigt werden.

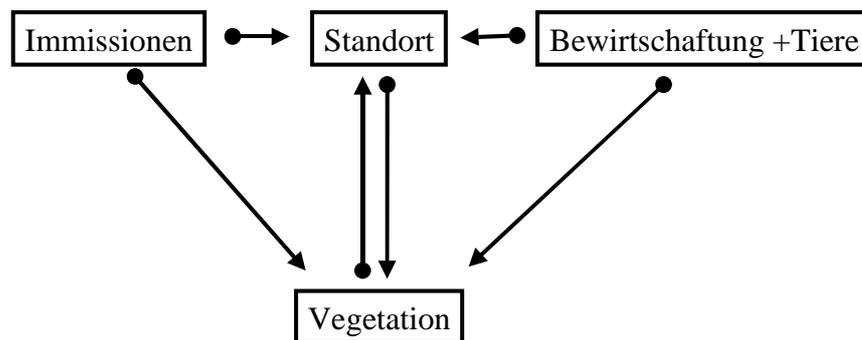


Abbildung 126: Ursachen sukzessiver Veränderungen in Grünland- und Heidevegetation

nach BÜRGER-ARNDT 1994:179

Immissionen können sich katalysierend mit den Auswirkungen ausbleibenden Stoffentzugs mischen, sofern die Nutzung aufgegeben wurde. Letzteres ist in der Versuchsweide allerdings nicht der Fall, obwohl die Empfindlichkeit heute gegenüber 1930 stärker geworden sein könnte (vgl. 6.3.13). Auch die anderen Folgen (Artenverarmung, pflanzensoziologische Nivellierung und Gesellschaftswandel) können als alleinige Folge der Nährstoffeintrags nicht beobachtet werden (vgl. BÜRGER-ARNDT 1994:186, vgl. 6.3.7 und 6.3.2). Die Düngung von 40 kgN/ha übersteigt die Kapazität des Nardetums als solches in der Versuchsweide langfristig bisher nicht (vgl. 6.4 und 6.6). Ebenso wenig trifft dies auf die anderen Nährstoffe zu, obwohl sich die Vegetation 1996/97 gegenüber 1930 verändert hat. Dies kann der Beginn einer Beeinträchtigung durch Immissionen oder eine langfristige Auswirkung der Düngungen oder des Nutzungswechsels sein.

6.1.15 Einfluß des Klimas

Jeder langfristige Trend könnte auch eine Veränderung im Klima bedeuten. Die Diversität der Krautschicht ist nicht immer direkt auf unterschiedliche Witterung in untersuchten Jahren zurückzuführen, aber schon kleine Abweichungen von mittleren Jahrestemperaturen und Niederschlägen können große Auslenkungen der Entwicklung von Sukzessionen bewirken. Erwärmung und erhöhter Niederschlag kann über verbesserte Wasserversorgung und Nährstoffversorgung zu höheren Erträgen führen, so daß schon in ungedüngten Flächen die Erträge um über 100 % schwanken können (1995: 1089 kg/ha, 1996: 3222 kg/ha, vgl. 6.3.13). Die Artenzusammensetzung hat auf die Phytomasse entscheidenden Einfluß, weil Regen die Gräser begünstigt, welche asymmetrisch um Licht konkurrenzieren. Der Lichteinfall hängt mehr von der

⁵⁷ Vor allem Silikatmagerrasen sind empfindlich gegenüber Luftverunreinigungen

Biomasse als vom Regen ab. Die asymmetrische Konkurrenz vergrößert wiederum den Effekt des Niederschlags. Weder die Streuung der Erträge noch Änderungen der Artenzusammensetzung im Verhältnis zur Biomasse stehen im Grünland in einfacher Beziehung zur Niederschlagssumme, vielmehr kann der Heuertrag mit der Transpiration korreliert sein, die ja vom Niederschlag abhängt. Auch LÜDI wies auf die große Bedeutung des Taus auf der Schynigen Platte hin (vgl. 2.2). Da diese Zusammenhänge in ungedüngtem Grasland am stärksten sind, kann dies auf interspezifische Konkurrenz hindeuten. Der direkte Einfluß des Niederschlages ist also weniger wichtig als der indirekte. Weil im Gegensatz zur Niederschlagsmenge die Luftfeuchtigkeit in größeren Höhen wegen der tieferen Temperaturen abnimmt, können meteorologische Daten und Ernteerträge nur bedingt durch Regressionen beschrieben werden, welche durch starke nichtlineare Korrelationen zwischen den Variablen (Sonne, Regen etc.) außerdem unpräzise werden. Extremes Klima kann sich durch den „time-lag“ in der Vegetation erst in späteren Jahren auswirken. Die positive Entwicklung der Artenvielfalt in Schweizerischen Nationalpark ist (undeutlich) negativ mit der Anzahl der Kältetage korreliert⁵⁸. Eine Erwärmung in den letzten 80 Jahren ist nicht feststellbar (vgl. CASHEN 1947:1ff., JENKINSON et al. 1994b:365ff., LÜTTGE 1988:359, SCHIEFER 1983:41, RUSCH 1992:195, HARTMANN 1957:20, KLUG-PÜMPEL et al. 1994:105, ERZINGER 1996:56, SCHWEIGHART 1963:29, TILMAN et al. 1994:292f., SILVERTON et al. 1994:2430, SCHÜTZ et al. 1998b:2ff.). Die artenreichen Flächen der Versuchswaide zeigen eine leichte Verschiebung im Arteninventar, die aber nicht auf Klimaerwärmung oder Immissionen hinweist (vgl. 6.3.7). Für die Schynige Platte selbst wurde kein Hinweis auf eine Erwärmung gefunden (vgl. KELLER 1997:58). Für die Prüfung einer Korrelation zwischen den alten Daten und Witterung/Niederschlag resp. Vegetation/Biomasse liegen die Erhebungen zeitlich zu weit auseinander. Die hohe Biomasse von 1995 ist andererseits wohl durch die außergewöhnlich nasse Witterung und die damit verbundenen Unterschiede in der Nutzungsintensität (vgl. 6.5) verursacht worden.

6.2 Darstellungsweise der Daten

Ist die Darstellungsweise der Daten der Fragestellung angemessen? Können die Daten zusammengesetzt werden?

6.2.1 Formate der Diagramme

Für die Darstellung der Ergebnisse wurden bisweilen Diagrammformen gewählt, die strenggenommen ebensowenig zulässig sind wie die Mittelwertbildung bei ökologischen Zeiger- oder pH-Werten. Dennoch wurde aus Gründen der Anschaulichkeit diese Darstellungsweise gewählt, weil die entsprechenden Änderungen so besser sichtbar gemacht werden konnten.

Die Darstellung der Deckung als Flächendiagramm resp. Liniendiagramm ist nicht korrekt, wurde aber wegen der besseren Übersichtlichkeit gewählt, denn die Darstellung als Balken- oder Säulendiagramm oder gar als Punkteschwarm ist weniger deutlich (z. B. Abbildung 127).

⁵⁸ Bei größerer Kälte äßen die Herbivoren im Sommer tiefer (subalpine Stufe) als normalerweise und erhöhen dort durch die Beweidung die Artenzahl.

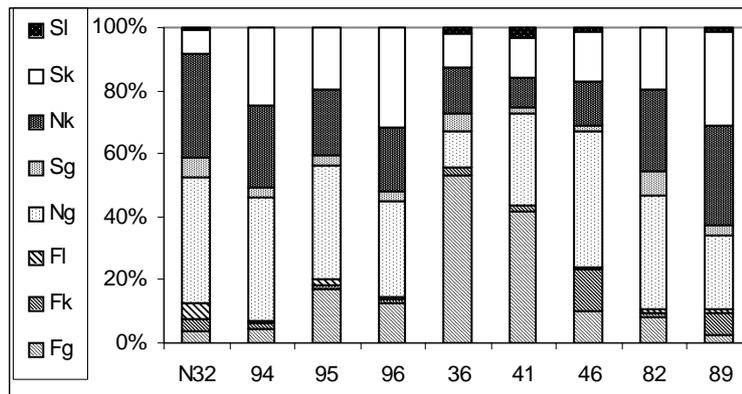


Abbildung 127: Darstellung der Deckungsverhältnisse der soziologischen Artengruppen als Säulendiagramm (NPKCa-Flächen)

Die im Ergebnisteil vorgestellten Daten erscheinen aufgrund des Datenmangels zwischen 1954 und 1980 gestaucht, so daß der Eindruck dramatischer Veränderungen entsteht. Extrapoliert man die Werte über eine Zeitspanne ungefähr in 5-Jahresschritten, wirken die Veränderungen weniger kraß (s. Abbildung 128, extrapolierte Daten mit Tilde (~)).

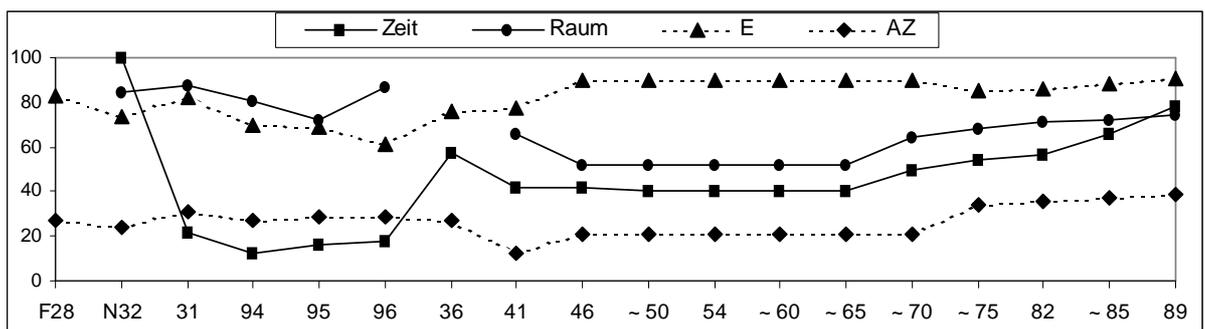


Abbildung 128: Zeitlich gestreckte Abbildung der Entwicklung in den NPKCa-Flächen

Aber eine solche Darstellung ist problematisch, da der Beweidungszeitraum, der möglicherweise für die beobachteten Entwicklungen verantwortlich ist, nicht erkennbar sein kann (vgl. 6.5). Keinesfalls läßt sich mit diesen Abbildungen die Frage beantworten, ob die Beweidung oder die natürliche Entwicklung zur Rückentwicklung führt. Auch die Beweidung zu extrapolieren ist unmöglich. Kontrolliertes und periodisches Grasens oder Schneidens bei Gabe von Kalk und Düngern ändert die Artenzusammensetzung, indem vor allem Gräser, die am besten zum Grasens oder Heuens geeignet sind, gefördert werden. Diese Entwicklung würde sich von allein, wenn überhaupt, erst nach langer Zeit einstellen, selbst wenn die Bedingungen für die Gräser gut wären (vgl. MILTON und DAVIES 1947:65). Dies deckt sich mit der Entwicklung in der Versuchsweide. Eine Streckung der Zeitachse mildert diesen Eindruck, erklärt aber nicht den Verlauf der tatsächlichen Entwicklung und ändert nichts an der Größenordnung der beobachteten Unterschiede, obwohl sie weniger drastisch wirken (s. Abbildung 129). Der Unterschied zwischen vor und nach der Beweidung bleibt erkennbar. Im Gegenteil wird verstärkt ein linearer Verlauf suggeriert, obwohl nicht sicher ist, wie die Entwicklung verlief. Die Daten zeigen auch hier Abfall, Wiederanstieg und Wiederabfall der Ähnlichkeiten.

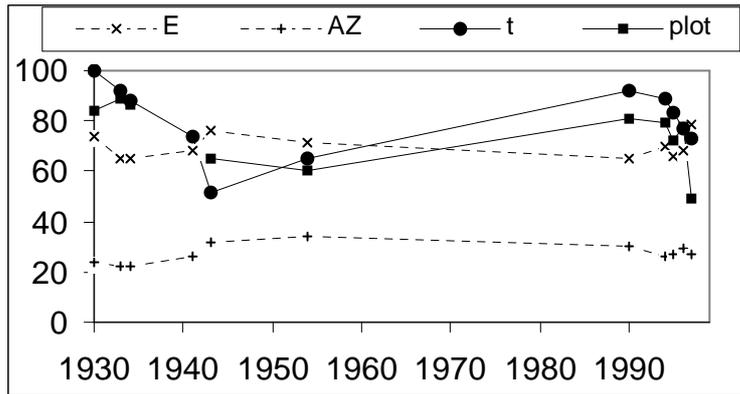


Abbildung 129: Darstellung eines Zugehörigkeitsdiagramms mit korrekter Zeitachse (ungedüngte Flächen, 1930= N₃₂, chronologisch)

Die Darstellung wird bei weniger Daten (z. B. bei den Ca-Flächen) sehr unklar. Auch die Darstellung aus Punktdiagramm wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit ausgeschlossen (s. Abbildung 130).

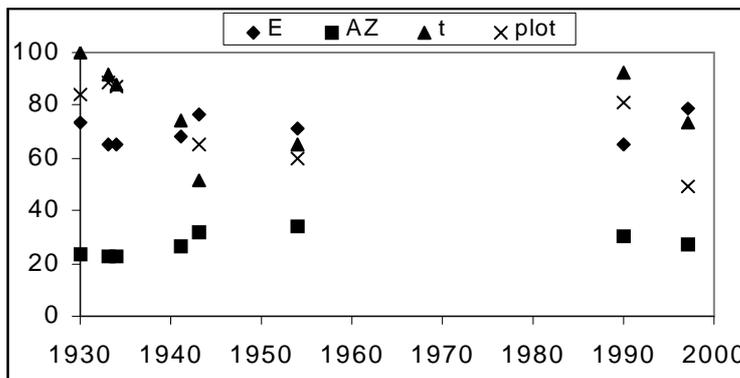


Abbildung 130: Darstellung der ungedüngten Flächen als Punktdiagramm

Die Darstellung der Daten über eine reduzierte Anzahl von Attributen (hier Artengruppen) sorgt für eine gute Übersicht. Die gewählten Unterteilungen stellen tatsächlich die wichtigsten für die Veränderungen verantwortlichen Parameter heraus (Deckung vs. Artenzahlen, soziologische Bindung sowie Futterwert). Eine Darstellung mit korrekter Zeitachse ist als Flächendiagramm aus technischen Gründen nicht möglich. Auch aus diesem Grund wurden die Zeitachsen in Flächen- und Liniendiagrammen in gleichem Abstand dargestellt. Da sie übereinanderstehend abgebildet sind, ist ein direkter Vergleich zwischen Deckungs- und Zugehörigkeitsdiagrammen möglich.

Die Darstellung der Zeigerwerte, pH-Werte und Biomasse erfolgt ebenfalls in Liniendiagrammen. Es sollten alle Werte in einer Graphik erscheinen, um die Streuung sichtbar zu machen. Dafür sind (korrekte, da unabhängige) Balkendiagramme weniger geeignet (s. Abbildung 131). Entsprechendes gilt für die Diagramme der pH-Werte.

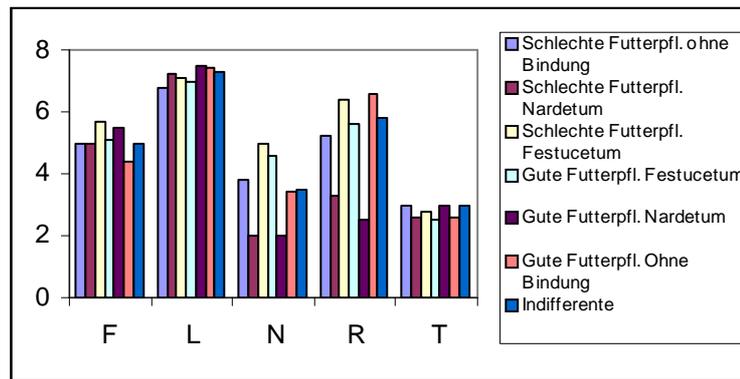


Abbildung 131: Korrekte, aber unübersichtliche Darstellung der Zeigerwerte der Artengruppen als Säulendiagramm

6.2.2 Zusammensetzung der Daten

Ist ein Rückschluß von örtlichem auf zeitliches Nacheinander (und umgekehrt), wie in dieser Arbeit versucht wird, überhaupt möglich? Das Einfügen von Daten aus einem anderen Zeitraum als „Ersatz“ für nicht vorhandene Aufnahmen aus früheren Jahren ist aus wissenschaftlicher Sicht nicht möglich. Quantitative Berechnungen zum Vergleich historischer und aktueller Aufnahmen sollten nicht gemacht werden, wenn die Feldarbeit von unterschiedlichen Bearbeitern vorgenommen wurde. Die Entwicklung könnte auch bei exakt derselben Ausgangssituation (identische Zusammensetzung der Vegetation, identische Behandlung etc.) nicht die bisherige Entwicklung ersetzen, weil die Umweltbedingungen (Klima, Nachbarvegetation etc.) sich geändert haben. Andererseits ist es möglich, aus Daten mit ähnlichen floristischen Eigenschaften einen künstlichen Sukzessionsablauf zu generieren (vgl. KOWARIK und SEIDLING 1989:139, SCHÜTZ et al. 1998a:1, SCHÜTZ et al. 1998b:1ff.)

Die Abbildungen der zusammengesetzten Datensätze zeigen also *rein hypothetisch*, wie sich der in den alten Flächen beobachtete Trend tatsächlich schon vom ersten Jahr nach der Einzäunung zeigt, sich verstärkt und wieder abnimmt. Es kann grundsätzlich angenommen werden, daß der tatsächliche Entwicklungsverlauf ähnlich vonstatten ging. Zwei Darstellungsweisen zeigen jedoch Unterschiede: Die Interpretation der Vegetationstabelle wird durch das Einfügen der neuen Daten erschwert, da Entwicklungen vorweggenommen werden, die nicht stattgefunden haben. Zwar ändert sich das Gesamtbild (Zunahme bestimmter Artengruppen bei entsprechender Düngung) aufgrund des Fehlens unterscheidbarer Assoziationen auch hier nicht, aber die Entwicklung der Leguminosen paßt hier besonders wenig, ebenso wie das Auftauchen der „neuen“ und „indifferenten“ Arten in den Kernartendiagrammen resp. Deckungsverhältnissen. Leguminosen tauchen eher auf, „Neue“ schienen schneller einzuwandern. Auch die Kernartendiagramme zeigen, daß in Hinsicht auf Änderungen in der Stetigkeit ein Zusammensetzen der Datensätze problematisch ist.

6.3 Ergebnisse verschiedener Methoden

Eine umfassende Analyse erfordert in der Regel die Anwendung mehrerer Methoden. Daher wurden Analysen der Ähnlichkeit zwischen Flächen und Zeitpunkten, Fuzzy-Set-Ordinationen und Deckungsverhältnisse untersucht. Die Ergebnisse zeigen die Entwicklung der Vegetation aus unterschiedlichen Blickwinkeln, aber nahezu widerspruchsfrei, obwohl dies allein nicht beweist, ob

die Methoden gut sind (PFADENHAUER 1997:285, WIEGLEB 1986:367). Im folgenden werden die Methoden einzeln diskutiert.

Darstellungs- und Auswertungsmöglichkeiten für Vegetationsentwicklungen sind die tabellarische Zusammenfassung (= Vegetationstabellen), statistische Auswertung, numerische Ordination und Klassifikation sowie detaillierte Untersuchungen zur Populationsdynamik. Jede Analyseverfahren hat Stärken und Schwächen (s. Tabelle 42).

Tabelle 42: Stärken und Schwächen der verwendeten Analyseverfahren

Methoden	Vorteile	Nachteile
Multivariate Statistik Fuzzy-Set-Ordination und Zugehörigkeitsdiagramme	zeigt Trends in der Entwicklung auf Gesellschaftsebene. Der Vorteil ist durch Reduzierung großer Datenmengen eine bessere Übersicht	Verallgemeinerung und Informationsverlust
Artenzahlen (AZ)	zeigen Zuwandern oder Aussterben, sind übersichtlich	ein Wechsel wird nicht erfaßt
Die Evenness (E)	macht z.B. Nutzungswechsel erkennbar	Dominanzwechsel jedoch nicht
Deckungswerte ausgewählter Artengruppen	führen zu einer übersichtlichen Darstellung der Dynamik	Einteilung in Gruppen ist subjektiv
pflanzensoziologische Sortierung der Vegetationsaufnahmen	zeigt Veränderungen auf Artebene	führt zu subjektiver Beurteilung der Vegetation nach Erfahrungswerten. Unübersichtlich bei großen Mengen
Die Bestimmung der Biomasse pH-Werte	zeigt Änderungen der Wachstumsdynamik zeigen Änderungen der Bodenverhältnisse	Ertragsbildung sehr komplexer Prozeß umstritten, da der Säurehaushalt keine direkten Auswirkungen auf die Vegetation hat
Zeigerwerte nach Ellenberg	bilden übersichtlich ökologische Standortparameter und langfristige Änderungen in der Artenkomposition ab	Aussage ist begrenzt. Es drohen Zirkelschlußgefahr und Überinterpretation aufgrund der Scheingenauigkeit
Populationsbiologische Untersuchungen	zeigen Reaktionen einzelner Individuen, Konkurrenz, Wuchsformen, Ausbreitungsstrategien und small-scale Veränderungen,	Einzelart ≠ Gesellschaft, komplizierte Auswertung, nur wenige Arten erfaßbar
Nährstoffanalyse	zeigt Akkumulation im untersuchten Gewebe und bisweilen Reaktionen auf verändertes N-Angebot	Stoffwechsel kompliziert, Anpassungserscheinungen werden nicht erfaßt, Trendaussagen nur im direkten Vergleich möglich, alpine Arten reagieren anders als Tieflandarten

6.3.1 statistische Methoden

Für die Anwendung statistischer Methoden spricht, daß die Ergebnisse zahlenmäßig ausdrückbar und oft graphisch darstellbar sind. So können den Daten Informationen entlockt werden, die in Vegetationstabellen schwer erkennbar sind. Durch die Varianzanalyse (ANOVA) läßt sich die Variabilität der Daten von der Reststreuung trennen. Interpretation und Analyse lösen sich typischerweise in mehreren Durchgängen ab, wobei die Einsicht in die Gesetzmäßigkeiten der Daten ständig wächst. Datenanalyse ist ein flexibler, kreativer Prozess, der der Überprüfung vorgegebener und der Generierung neuer Hypothesen dient (vgl. WIEGLEB 1986:386, WILDI 1995:5f.). Statistik kann in gewissem Umfang davor bewahren, Zufallseffekte als Gesetzmäßigkeiten zu interpretieren. Der häufigste Fehler liegt in der Überinterpretation der Ergebnisse, wenn auf Situationen verallgemeinert wird, unter denen die Daten nicht erhoben wurden. Es werden Voraussetzungen gemacht, deren Erfülltsein, zweifelhaft ist (z. B. Normalverteilung bei einem kleinen Datensatz wie hier). Strenge statistische Tests vermögen nicht verfahrensinhärente Unsicherheiten auszugleichen. Die Interpretation der Signifikanz ist problematisch. Signifikanz ist nicht Relevanz, negative Signifikanz

bedeutet nicht „nicht existent“. Es wurden nur verhältnismäßig wenig signifikante Änderungen gefunden, obwohl die Blattanalyse und die populationsbiologischen Untersuchungen übereinstimmende Veränderungen in der Wachstumsdynamik zeigten. Auch wenn diese Änderungen nur als Trends aufgefaßt werden können, sind sie doch recht einheitlich und konsistent. Eine Signifikanz-Untersuchung soll darüberhinaus in eine Ja/Nein-Entscheidung münden, enthält aber keine Angaben über die Größe der Unterschiede oder deren Qualität. Das Ergebnis des Entscheidungsverfahrens kann hier keine klare Handlungsanweisung sein (vgl. HORNING 1977:323ff., KÖHLER et al. 1996:113). Die Varianz ist in den vorliegenden Daten bei einzelnen Behandlungen tatsächlich sehr hoch, jedoch ist die Richtung der Entwicklung (z. B. mehr und längere Blätter bei *Leontodon hispidus*) davon unbeeinflusst. Statistische Prüfverfahren sollten daher nicht überbewertet werden, oder die Interpretation in den Hintergrund drängen (BÜRGER-ARNDT 1994:28). Besonders die großen Veränderungen in den Blattlängen und –zahlen sind statistisch (noch?) nicht absicherbar, zeigen aber (z. B. bei *Gentiana purpurea*) wahrscheinlich auch bei nicht-Signifikanz nicht vollkommen zufällige Abweichungen.

Die langfristigen Thesen zu Ursachen der Veränderungen konnten nicht statistisch geprüft werden, weil das Datendesign der alten Flächen einige statistische Grundvoraussetzungen nicht erfüllt (vgl. UNDERWOOD 1997:402ff.):

- Ob die Rückentwicklung der Vegetation vornehmlich durch die Zeit oder durch die Beweidung verursacht wird, konnte nicht statistisch geprüft werden, denn um den Effekt der Beweidung zu testen, müßten unbeweidete Nullflächen vorhanden sein (vgl. 2.1.4).
- Der Effekt der Unterschiede zwischen den einzelnen Düngungsvarianten konnte nicht mit einer ANOVA getestet werden, weil nie alle Düngervarianten in einem Jahr gemessen wurden. Es würden immer die Einflüsse der unterschiedlichen Vegetationsperioden mit erfaßt (vgl. 6.1.12).
- Die zeitliche Entwicklung einzelner Düngervarianten (ANOVA mit Meßwiederholung) konnte ebenfalls nicht getestet werden, da für die jeweiligen gedüngten Flächen keine Ausgangswerte des ungedüngten Zustandes vorliegen (z. B. NPKCa-gedüngte Flächen: erste Düngung 1931, erste Aufnahme: 1931, vgl. 2.1.3).

Demgegenüber war bei den neuen Daten (Artenzahlen, Zeigerwerte, pH-Werte, Biomasse, populationsbiologische Daten, Blattanalysen) eine Varianzanalyse möglich. Signifikante Ergebnisse werden an der entsprechenden Stelle diskutiert.

6.3.2 Pflanzensoziologische Vegetationsanalyse

Die „klassische“ Vegetationsanalyse verfolgt drei Hauptziele: Datenreduktion, Hypothesenbildung und Reduktion des Grundrauschens⁵⁹. Das Auffinden von Vegetationseinheiten erfolgt durch den visuellen Vergleich der Aufnahmen untereinander. Dabei fließen Erfahrungswissen, aber auch Subjektivität des Bearbeiters in die Interpretationen ein. Vor allem kann das Sehen-wollen von Veränderungen zu fehlerhaften Interpretation des Grundrauschens führen. Im Idealfall sollte –anders als bei der statistischen Interpretation– die Hypothesenbildung à posteriori stattfinden, obwohl durch die Wahl der Methode oft viele à priori-Annahmen einfließen (vgl. PFADENHAUER 1997:92, WIEGLEB 1986:386f.).

⁵⁹Das Grundrauschen (Noise) ist die unkoordinierte Varianz von Arten, hervorgerufen durch historische Differenzen in der Flora, Probennahmefehler, Interaktionen zwischen den Variablen und zufällige, katastrophenartige Ereignisse (WIEGLEB 1986:369).

LÜDI erkannte die Gefahr der Interpretationen bereits, indem er schrieb: „und sollten Untersuchungen (i. e. Sukzessionsforschungen) manchmal kein positives Ergebnis liefern, so ist dies kein Nachteil; wir wollen ja die Vegetation nehmen, wie sie ist und nicht, wie sie nach unseren Spekulationen sein könnte; oft sind wir jedenfalls über die zeitliche Ausdehnung und Bedeutung von Dauerzuständen in der Vegetation unrichtiger Ansicht oder sind geneigt, Sukzessionen zu sehen, wo keine vor sich gegangen sind.“ (LÜDI 1923/24:262).

Interpretationen von Vegetationsaufnahmen gehen oft zu weit (pars pro toto, vgl. 6.9). Die Analyse vegetationskundlicher Daten in Hinsicht auf ökologische Hypothesenbildung ist nur sinnvoll, wenn man die aktuellen, meßbaren Standortfaktoren auf die Vegetation für dominant, und die Wirkung dieser Faktoren für trennbar von den anderen Faktoren hält (vgl. KRÜSI 1978:135, WIEGLEB 1986:369). Genau dies ist in der Versuchsweide aufgrund der Überlagerung mehrerer Einflüsse problematisch. Die Hypothese LÜDIS führt zu einer Suche nach Anzeichen einer Entwicklung zur Milchkrutweide. Da N₃₂ auch aus der Versuchsweide stammt, ist die Differenzierung D VW F wohl größtenteils durch das Aufnahmejahr (vgl. 6.1.12 und 6.1.13) bedingt. Zu- und Abnahme bestimmter Arten kommen durch erst später erfolgende Bestimmung zustande. Zu den verschwindenden Arten gehören dementsprechend „Arten“ wie *Luzula multiflora et sylvatica* etc. Aber dennoch erscheinen einige neue Arten in den untersuchten Flächen (vgl. 4.4). Andererseits ist unklar, welche Deckungsänderungen als Wirkungen der Düngungen (oder Nutzungswechsel) angesprochen werden können. Unterschiede unter 3% sind angesichts der Schätzungsmethode vielleicht eher durch die Methode bedingt, ein Schätzungsfehler oder natürliche Oszillationen (HEGG 1984c:144). Die deutliche Abnahme von *Arnica montana* oder die Zunahme von *Gentiana purpurea* oder die Unterschiede zwischen den Flächen kann so allerdings nicht erklärt werden (vgl. 6.1.14).

Reaktionen der Vegetation auf Düngung und Nutzungsänderungen werden mit der pflanzensoziologischen Tabellenarbeit durch die unterschiedlichen Reaktionen einzelner Arten auf Düngungen resp. Nutzungen dennoch ausreichend sichtbar. Die folgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse im Überblick analog Abbildung 4. Die Vegetationsaufnahmen zeigen das Vorhandensein mehrerer Ausbildungen (s. Abbildung 132, und vgl. 4.10, Tabelle 30).

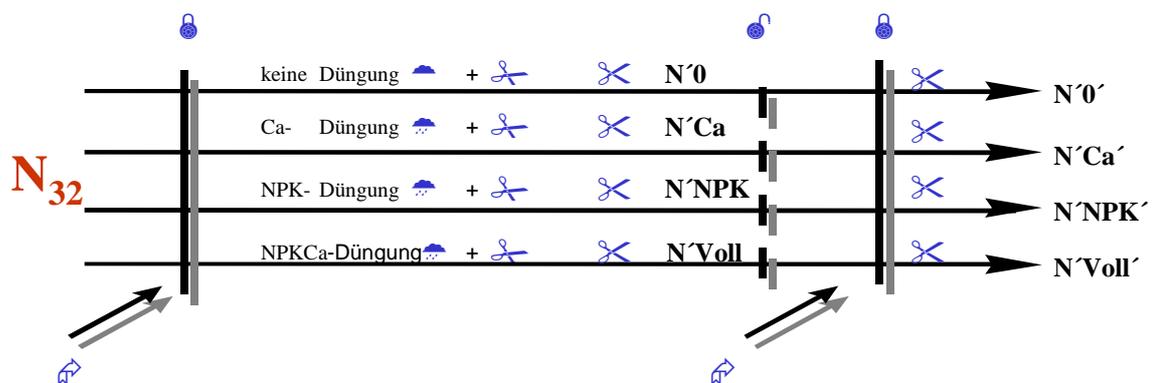


Abbildung 132: Ergebnisse der Tabellenarbeit im Überblick

Besonders die durch die Beweidung ausgeprägten Ausbildungen sind einander ähnlich, obwohl auch dieser Einfluß nicht zu einer vollständig identischen Vegetation führt.

Die gefundene pflanzensoziologische Gruppeneinteilung entspricht weder der für die graphischen Darstellungen zugrundegelegten Einteilungen in „gute“ und „schlechte“ Futterpflanzen noch der

Einteilung in Nardetum- und Festucetumarten nach LÜDI (z. B. 1936:635f.). Dies war auch nicht seine Absicht, die Einteilung in Nardetum-Arten und Frischwiesen-Arten erfolgte aufgrund seiner geobotanischen Erfahrung aus typischen Beständen (Festucetumarten sind dabei nicht unbedingt gute Futterpflanzen und umgekehrt). Die Assoziationen der Schynigen Platte sind nicht besonders typisch.

6.3.3 multivariate Analysen

Die Pflanzendecke läßt sich auf zweierlei Arten begreifen: Einerseits als Diskontinuum, das mit der oben besprochenen pflanzensoziologischen vegetationskundlichen Methode analysiert werden kann. Zum anderen als Kontinuum⁶⁰ in Raum und Zeit, in welchem die Einzelart und ihr Verhalten im Vordergrund steht (vgl. 6.3.7). Als Kontinuum ist die Vegetation nur schwer in konkrete Pflanzengesellschaften einzuordnen (vgl. 6.3.2). Für die Analyse eignen sich dann am besten multivariate Ordinationsverfahren. Heute wird oft eine Synthese beider Auffassungen vertreten, indem Verhaltensstrategien einzelner Arten innerhalb einer Gemeinschaft interpretiert werden (PFADENHAUER 1997:9). Die vorliegenden Daten wurden mit beiden Methoden untersucht. Läßt sich die Dynamik des Auftauchens und Verschwindens einzelner Arten nur in Originaltabellen erkennen, zeigen die multivariaten Methoden, daß Änderungen in der Deckung mehr als das Auftauchen/Verschwinden von Arten die allgemeine Entwicklung von und zu Nardetum resp. Festucetum beeinflußt.

6.3.4 Fuzzy-Set-Ordinationen

Die Fuzzy-Set-Ordinationen ermöglichen die Darstellung „unscharfer“ Daten wie Vegetationsaufnahmen (oder deren Zentroide) die einander nur graduell ähnlich sind. Sie zeigen die zeitlich-flächenbezogene Entwicklung in Bezug zu definierten Standardgesellschaften. Trotz nutzungsbedingter Entwicklungen in den Nullflächen und den beobachteten Langzeitentwicklungen fügen sich die neuen Daten erstaunlich gut in die alten ein, aber auch mit diesen verläuft die von LÜDI nach der Düngung erwartete Entwicklung der Vegetation von einem Nardetum zu einem Festucetum gemäß den Fuzzy-Set-Ordinationen nicht überzeugend. Zwar entwickeln sich die gedüngten Flächen zum Teil auch *in Richtung* Festucetum, sind aber auch weit entfernt von N₃₂. Dieses kann auch an der verwendeten Methode liegen. Die Klassifikation nach FEOLI stellt den Zugehörigkeitsgrad jeder Aufnahme zu einer eigens generierten Ordinationsachse dar. Sie beruht im Wesentlichen auf Präsenz-Absenz und bewertet Arten als gute „Zeiger“, wenn sie auch in der Vergleichsaufnahme erscheinen. Aufnahmen mit und ohne diese Art sollten einander *möglichst verschieden* sein. Das Vorhandensein/Fehlen von Arten tritt daher verstärkt in Erscheinung (vgl. WILDI 1986a:123f., FEOLI 1973:263ff.). In der Tat fehlen dem Standardnardetum einige Arten der Versuchsweide. Die Flächen unterscheiden sich zu jedem Zeitpunkt vom definierten Ausgangs- bzw. Endzustand. N₃₂ und N'Ca₃₂ sind einander am nächsten. Dies kommt offenbar dadurch zustande, daß die Flächen einander räumlich sehr nahe sind (vgl. Weideplan und Vegetationsaufnahmen) und eine vergleichbare Artenzahl aufweisen.

Beweidung beschleunigt die Rückentwicklung hinsichtlich der Deckungsverhältnisse vor allem in den NPKCa-Flächen, aber auch in den Nullflächen deutlich. Die Auswirkungen von Mahd und Beweidung ist bereits in den Nullflächen zu sehen. Sie werden durch die Düngungen verstärkt, da

⁶⁰ In diesem Fall wäre das Konzept des Minimumareal hinfällig (BARKMAN 1989:89)

durch die Nährstoffgaben diejenigen Arten gefördert werden, die später dem Vieh am besten schmecken. Allein bei der NPK-Düngung setzt die Beweidung erst ein, als der Einfluß der Düngung sich ohnehin abgeschwächt hatte, ist also für die Nicht-Umwandlung Nardetum → Festucetum nicht allein verantwortlich zu machen. Der Grund liegt sicher zum Teil darin, daß sich die von LÜDI erwartete und als Standardfestucetum definierte Milchkrautweide eher in Artengarnitur als in Deckungsverhältnissen von dem auf der Versuchsweide unter den gegebenen Voraussetzungen produzierbaren „Festucetum ex Nardetum“ (und sei es auch noch so reich an Frischwiesenarten) unterscheidet. Dabei ist das Standardfestucetum noch deutlich von Milchkrautweiden anderer Standorte unterschieden (vgl. 2.3.2).

Auch die Fuzzy-Set-Ordinationen der ungewichteten Daten (Präsenz/Absenz von Arten) zeigen, daß eine tatsächliche Änderung des Arteninventars von einem Nardetum zu einer Milchkrautweide nur in Ansätzen vorhanden ist obwohl dieser Trend sich noch heute fortsetzt. Der sonst eindruckliche Effekt der Beweidung ist bei den ungewichteten Daten kaum zu erkennen. Die beobachteten Veränderungen sind also im Wesentlichen auf Deckungsunterschiede (im Besonderen zwischen *Nardus stricta* und *Festuca rubra*) zurückzuführen. Die Flächen reagieren insgesamt kaum mit einer Änderung der Artenzusammensetzung. Die NPKCa- und Ca-Flächen zeigen ungewichtet -im Gegensatz zu den NPK-Flächen- einen anhaltenden Trend zum Festucetum (vgl. 6.1.14).

6.3.5 Zugehörigkeitsdiagramme

Die Analysen der Ähnlichkeit zwischen Flächen und Jahren zeigen den Einfluß der Nutzungsänderung vor allem in den Nullflächen durch die zweimalige Umkehr der Trends sehr deutlich. Bei den gedüngten Flächen wird dieser Einfluß verstärkt (Schmackhaftigkeit der Flächen) aber auch abgeschwächt (langfristige Wirksamkeit der Dünger), so daß Änderungen der zeitlichen Ähnlichkeit mit Dauer und Stärke des Einflusses (NPKCa > NPK > Ca) sinkt und nach Beginn der Beweidung wieder ansteigt (Rückentwicklung, s. Abbildung 133). Allerdings ist dieser Trend in den Ca-Flächen nicht zu sehen (nur eine Aufnahme *nach* der Beweidungsperiode) und in den NPKCa-Flächen hat sich der Düngungseinfluß noch nicht genug abgeschwächt.

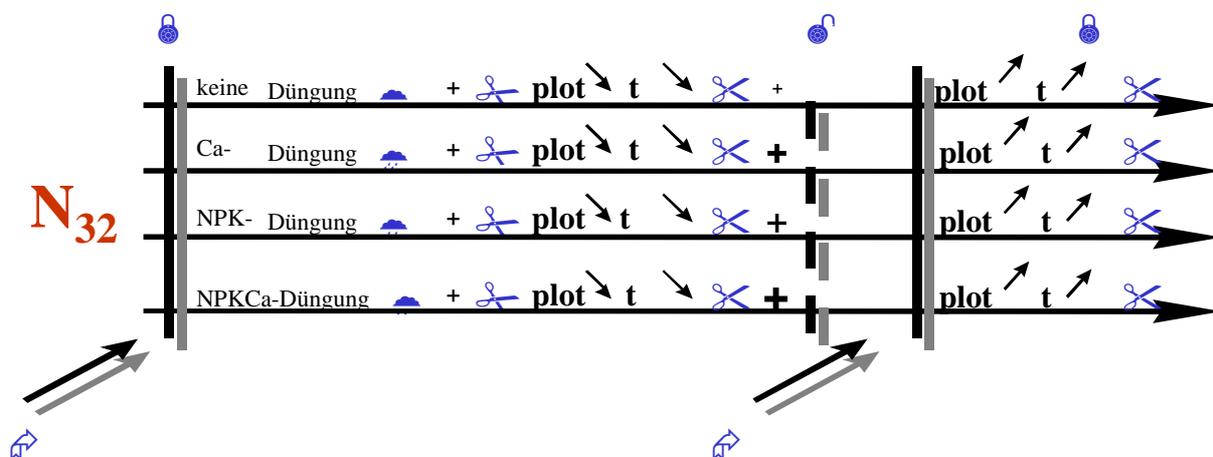


Abbildung 133: Ergebnisse der Zugehörigkeitsdiagramme im Überblick

Die Pfeile zeigen Ab- oder Zunahme. Die Größe der + repräsentiert die offensichtlich unterschiedlich intensive Beweidung, erkennbar an der unterschiedlich schnellen Rückentwicklung (vgl. 6.5).

Die Zunahme der flächenbezogenen Variabilität zeigt die Auseinanderentwicklung der Flächen nach Mahd und Düngungen an. Die Flächen sind während der Mahdperioden inhomogener. Dieser

Effekt wird durch unterschiedliche Entwicklung der Deckung bestimmter Arten in den verschiedenen Flächen verstärkt. Die erneute Beweidung homogenisiert die Flächen *innerhalb* der Behandlungen, heute sind die Flächen verschiedener zu N_{32} als in den dreißiger Jahren, was durch die Änderungen im Arteninventar erklärt werden kann (vgl. 6.3.7). Die Flächen scheinen insgesamt N_{32} ähnlicher zu sein, als in den Fuzzy-Set-Ordinationen dargestellt. Das verwendete Ähnlichkeitsmaß nach VAN DER MAAREL gewichtet besonders die charakteristischen Arten in einer Aufnahme in Bezug auf die höchste gefundene Deckung der jeweiligen Art (nicht nur die seltenen, oft untypischen, aber auch nicht nur diejenigen mit ohnehin hoher Deckung, NOEST et al. 1989:168). Diese bestimmen oftmals die Reichhaltigkeit der Vegetation (WHITTAKER 1965:250ff.). Die Unterschiede *Nardus stricta*/*Festuca rubra* werden also hier zugunsten der Kernarten vernachlässigt. Dies zeigt, daß der grundsätzliche Charakter der untersuchten Flächen denen von N_{32} entspricht, daß dieser aber tatsächlich zwischenzeitlich unabhängig von großen Deckungswechseln verändert wird.

6.3.6 Evenness

Die Evenness (E) kann gesellschaftseigenes Strukturmerkmal sein. Je ungestörter ein Standort ist, desto näher liegt sein E-Wert dem für ihn charakteristischen. Besonders deutliche Unterschiede zeigen sich bei starken Unterschieden in der Dominanzstruktur ungesättigter Systeme und deuten darauf hin, daß die Vegetation erst (oder wieder) im Begriff ist, einen höheren Ordnungszustand aufzubauen. Hohe Werte zeigen sich u.a. in artenreichen Gesellschaften. Selektive Nutzung kann zu einer Abnahme der Evenness und einer Zunahme der Artenvielfalt führen, jedoch steigt die Evenness in den NPK- und NPKCa-Flächen kontinuierlich an (Ca- Düngung leider zuwenig Werte), während ungedüngten Flächen nach einem Anstieg wieder sinkt, denn mit zunehmender Zahl und Intensität von Eingriffen (Düngung, Mahd) nimmt die Gleichmäßigkeit zu. Das Steigen der Evenness weist auf eine Homogenisierung, das Absinken auf Nutzungsextensivierung hin. Die Werte der NPKCa-Flächen zeigen durch zweimaligen Anstieg in Übereinstimmung mit Literaturangaben, daß mit zunehmender Intensität der Eingriffe (nach Düngung (1930) und bei Mahd (nach 1982)) die Gleichmäßigkeit zunimmt (s. Abbildung 134). Da in der Versuchsweide vor allem eine deutliche Dominanz von *Nardus stricta* durch eine Dominanz von *Festuca rubra* ersetzt wird, sind größere Auswirkungen auf die Evenness kaum zu erwarten (vgl. DIERSCHKE 1994:145f., DIERBEN 1990:80f., PFADENHAUER 1997:122). Die dem Einknicken der Evenness folgende Zunahme läßt sich durch die Abnahme der Vorherrschaft von *Festuca rubra* und das Wiedererstarben zahlreicher anderer Arten erklären.

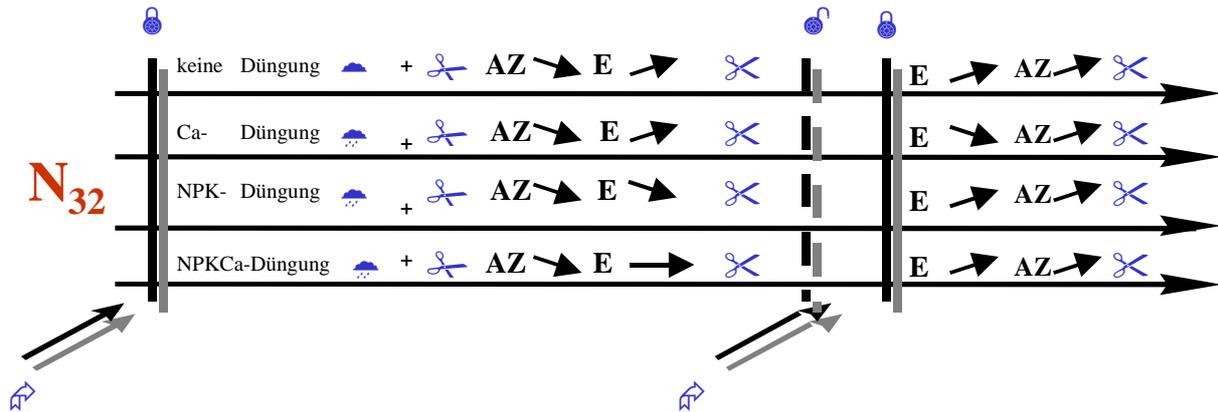


Abbildung 134: Ergebnisse der Berechnung der Evenness (E) im Vergleich zu N_{32} und Artenzahlen (AZ)

Borstgrasrasen in Deutschland haben eine Evenness zwischen 50 % und 90 %. Sie nahm, wie auch in der Versuchsweide, zwischen „historischen Aufnahmen“ und 1993 um bis zu 40 % zu (TEUFEL et al. 1994:82ff.). Die Evenness kann zur Indikation von Systemveränderungen dienen, schwankt in der Versuchsweide bei verschiedenen Düngungen stark, scheint jedoch korreliert mit den Nutzungsänderungen. Der doppelte Knick im Verlauf der Evenness bei den Nullflächen zeigt, daß E für ein ungedüngtes jahrzehntelang gemähtes (sekundäres) Nardetum mit Frischwiesenarten bei ca. 70 % liegt und für ein beweidetes Nardetum mit 65 % etwas geringer ist. Düngung mit N und P hebt E unabhängig von dem Nutzungswechseln langfristig an (85 %-90 %), weil neue Arten hinzukommen. Die einzelnen Flächen sind also heute gleichmäßiger als vorher, obwohl sie *untereinander* unähnlicher geworden sind.

Ein durch Eutrophierung bedingtes „set-back“ im Stadium der Sukzession müßte sich auch in der Verringerung der Evenness niederschlagen, wenn wenige Arten sich ausbreiten können und so die Diversität reduzieren (vgl. ODUM 1969:270, BAKELAAR und ODUM 1978:660). Da sich E nicht verringert und sogar neue Arten hinzukommen, handelt sich bei den Veränderungen nicht um ein „set-back“.

6.3.7 Artenzahlen

Weltweit sind etwa 1,7 Mio. Arten wissenschaftlich beschrieben worden, während die Gesamtartenzahl auf 30 Mio. geschätzt wird. In den Alpen gibt es „nur“ ca. 4500 Arten, mehr als ein Drittel der ganzen europäischen Flora. Davon vertragen 20-50 Arten zeitweiliges Mähen. Für *nur* gemähte alpine Rasen bleibt demnach nur eine kleine Anzahl übrig. Mähen *und* Grasens erhöht dagegen die Artenzahl. Die mittlere Artenzahl bei beweideten und/oder gemähten Borstgrasrasen und Magerwiesen liegt zwischen 29 und 69 (vgl. MARTIN 1955:7f., THEURILLAT 1995:125, GIGON und LEUTERT 1996:29, WILLEMS 1983:177, OBERDORFER 1978:210, GIGON 1971:130). Die Versuchsweide erscheint mit ~ 30 Arten dagegen eher artenarm. Allerdings stammen diese Aufnahmen aus kleinen Flächen. Die mittlere Artenzahl der Nardetum- *und* Festucetum-Flächen im Alpengarten war 40/m², also verglichen mit anderen Borstgrasbeständen (s. Tabelle 43, nicht für jede Angabe ist die Flächengröße bekannt, eigene Daten: /m²) eher hoch, v. a. weil die Bestände nicht ganz charakteristisch sind, sondern reichlich fremde Elemente, vor allem aus der Frischwiese, enthalten (LÜDI 1948:41ff.).

Tabelle 43: Artenzahlen in Nardeten

Gesellschaft laut Quelle	Artenzahl	Quelle
Versuchsweide Nardetum	21-27	Eigene Daten
Artenarme Borstgrasrasen	10-15/m ²	STEIDL und RINGLER 1996:40
Nardetum auf Heimenegg (SchPl)	55 auf 50 m ²	LÜDI 1948:39ff.
Nardetalia	26-60 auf 10-100 m ²	OBERDORFER 1978:210
Versuchsweide	28-31/ m ²	LÜDI 1948:43
Borstgrasrasen ungedüngt	36	MARSCHALL 1958:94
Geo montani-Nardetum	38	GIGON et al. 1986:4
Alpengarten Nardetum	56-61 (6-7 m ²)	LÜDI 1948:43
Nardetum	69	GIGON 1971:131
Standardnardetum (N ₃₂)	23,7/ m ²	F ₂₈
Crepido-Festucetum rubrae	27	GIGON et al. 1986:4
Milchkrautweide	36	MARSCHALL 1958:92
Standardfestucetum (F ₂₈)	23-31 (mw: 27,1)	LÜDI 1936:658
Festucetum	59 (27/m ² , 21-31)*	LÜDI 1948:36
Vermagertes Festucetum	49	LÜDI 1948:35
Versuchsweide NPKCa V	11 (41)-45 (89)**	Eigene Daten/ m ²
Versuchsweide NPK V	23 (86)-33 (89)	Eigene Daten/ m ²
Versuchsweide Ca X	23 (32)-47 (54)	Eigene Daten/ m ²
Versuchsweide Null XVII	19 (34) -38 (54)	Eigene Daten/ m ²
Versuchsweide neue Flächen	23-45	Eigene Daten/ m ²

*in Klammern die Streuung

**in Klammern das Jahr der Aufnahme

Koexistenz ist das Zusammenleben verschiedener Arten an einem Ort bei partieller Konkurrenzfreiheit durch Nischendifferenzierung oder/und positive Interaktionen zwischen Arten und den Versuch des Nachbarn, dieselbe Ressource zu nutzen. Auch trophisch ähnliche Arten können für lange Zeiträume wegen Episoden koexistieren. Die genauen Mechanismen sind unklar (vgl. PFADENHAUER 1997:47, CAMPBELL and GRIME 1992:15, SILVERTON 1987:24, KELLER 1986:26, RUSCH 1988:113, DIERBEN 1990:79). Die Vegetationsaufnahmen verdeutlichen, daß die Aussterberate in den Flächen gering ist und eine Zuwanderung stattfindet (~ 1930: 30 Arten, ~ 1990: 40 Arten, vgl. Abbildung 134). Obwohl in den alten Tabellen auch Gattungen bzw. unsichere Arten aufgeführt wurden, die die Anzahl der zu zählenden Parameter erhöhen (z. B. *Ranunculus montanus et nemorosus*, *Hieracium diverse*, *Luzula multiflora et silvatica*, *Crepis spec.*) steigt die Artenzahl durch die Düngung. Es kommen entsprechende Artengruppen hinzu (D NPK, D Ca, Ch NPKCa).

Überlappen sich die Nischen zweier Arten, kommt es zur Konkurrenz. Arten, die in einer stabilen Umwelt nicht koexistieren, können dies in fluktuierenden Umgebungen (z. B. bei Düngung/Nutzungswechseln) sehr wohl tun, indem durch die Begünstigungen zeitweilige Wachstumsschübe für einzelne sich abwechseln. Die realisierte Nische ist dabei oft kleiner als die fundamentale Nische (Nischenkompression). Fällt ein Konkurrent oder begrenzender Faktor wie hier durch Düngung weg, kommt es zum „ecological release“. Dies erhöht die Artenzahl (vgl. SCHEFFRAN 1998:29f, MAHDI 1989:386). Schwankende Artenzahlen werden besonders in offenen Systemen aufgrund der vielen unbesetzten Nischen beobachtet (vgl. HANSKI 1982:218). Die einzelnen Flächen in der Versuchsweide können aufgrund der wechselnden Nutzung und dem immer neuen Anpassungsdruck auf die Pflanzen gewissermaßen als „offen“ gelten. Die Änderung der Konkurrenzverhältnisse durch die Eingriffe führt in der Versuchsweide z. B. zu einer Zunahme der Deckung von *Festuca rubra*. Auch wird eine Einwanderung/Ausbreitung vorher seltenerer Arten beobachtet. Dies zeigt sich besonders bei den Kernartendiagrammen.

Obwohl Arten nicht gleich reaktiv sind, ist die Kenntnis von Wachstums- und Überlebensstrategien hilfreich. Konkurrenz kann man über die Artenzusammensetzung und deren Änderung oder über die Reaktion einzelner Arten (Populationsbiologie, vgl. 6.4.1ff.) abschätzen, obwohl die Artenzusammensetzung als floristisch-strukturelles Merkmal auf Veränderungen des Umfelds auch in der Versuchsweide sehr träge reagiert (vgl. 6.3.7, PFADENHAUER 1997:283, SHAVER und CHAPIN III 1986:261, vgl.4.13).

Das sogenannte „Paradox of Enrichment“ besagt: Düngung (und Mahd) erhöht die Biomasse, reduziert dabei Artendichte und Diversität. Möglicherweise nimmt die Konkurrenz durch Zunahme der Biomasse zu. Nährstoffanreicherung kann durch Erhöhung der Biomasse zum Aussterben gewünschter Arten führen. Artenverluste sind schneller als Neueinwanderung, aber später kann wieder eine Zunahme erfolgen. (vgl. PEET et al. 1983:49, WILLEMS et al. 1993:210, TILMAN et al. 1994:295, RIEBESELL 1974:186). NPK-Düngung reduziert die mittleren Artenzahlen im Alpengarten von 37 resp. 44 auf 27, also um ~ 32 %, verursacht durch das Verschwinden von Arten „der Frischwiese als auch des Nardetums, dem keine Neueinwanderung von düngerliebenden Arten gegenübersteht.“ (LÜDI 1936:638). Damit kann die drastische Artenreduktion in den NPKCa-Flächen ca. 9 Jahre nach der Düngung (1941) von 27 auf 12 Arten vielleicht ein Resultat unzureichender Sorgfalt bei der Aufnahme sein, so können Schätzungen über Aussterben und Einwanderung fehlerhaft sein (RUSCH 1992:143). Vielleicht war ein Großteil der später (wieder) erscheinenden kleineren und unscheinbareren Arten unter dichtem Festucafilz verborgen. Vergleicht man die Aufnahmen von 1931/34 mit denen von 1994 findet man eine leichte Zuwanderung in fast allen Flächen. Bei diesen Arten handelt es sich aber nur zum Teil um tatsächlich neue Arten. Die Arten wandern nicht von außen in die Versuchsweide ein, sondern die bereits vorhandenen Arten verteilen sich zunehmend auf alle Flächen, so daß die Artenzahl in der Versuchsweide nicht steigt, diejenige in den einzelnen Flächen hingegen schon. In den alten Flächen wurden im Durchschnitt 65, in den neuen Flächen 64 Arten gefunden. Von diesen wurden in den neuen resp. alten Flächen 16 resp. 24 Arten nicht (mehr) gefunden. Über ein Viertel der Arten wurde demnach ausgewechselt (s. Tabelle 91 im Anhang).

Einige Arten wurden nur im Festucetum des Alpengartens gefunden (*Agrostis rupestris*, *Astrantia major*, *Bellidiastrum michelii*, *Carex ferruginea*, *Cerastium cerastoides*, *Cirsium spinosissimum*, *Deschampsia caespitosa*, *Hedysarum obscurum* L., *Leontodon autumnalis*, *Luzula spicata*, *Phyteuma orbiculare* ssp. *orbiculare*, *Polygonum viviparum*, *Ranunculus aconitifolius*, *Rumex alpestris*, *Sagina saginoides*, *Trifolium thalii*, *Trisetum flavescens*, *Veronica alpina* ssp. *australis*). „Ausgestorben“ sind zum einen diejenigen Arten, von denen um 1930 nur Gattungsnamen o.ä. notiert wurden (*Crepis spec.*, *Hieracium spec.*, *Luzula multiflora et silvatica*, *Potentilla spec.*) und Zwergstäucher (*Vaccinium uliginosum* s. l., *Vaccinium vitis-idaea*), aber auch „Arten“, die möglicherweise falsch bestimmt waren (*Cerastium arvense* s. l., *Luzula silvatica* s. l., *Pulsatilla apiifolia*, *Briza media*, *Trifolium badium*). Einige davon wurden jedoch 1995 gefunden (*Trifolium repens*, *Poa alpina*, *Trifolium pratense* s. l., *Cerastium caespitosum* GILIB). „Eingewandert“ sind dagegen neben Gattungen (*Dactylorhiza spec.*), aber auch *Briza media*, *Cirsium acaule*, *Hieracium pilosella*, *Rhinanthus alectorolophus*, *Silene vulgaris* und *Trifolium badium*. Auch hier gab es Bestimmungsunsicherheiten (*Anemone narcissiflora*, *Pulsatilla alpina* s. l.), pausierende Arten, die in anderen Jahren gefunden wurden (*Traunsteinera globosa*, *Nigritella nigra*). Manche der „eingewanderten“ Arten sind ziemlich unscheinbar (*Galium pumilum*, *Pedicularis tuberosa*, *Polygala alpestris*, *Soldanella alpina*, *Viola calcarata*, *Crocus*

albiflorus, *Homogyne alpina*, *Hypericum maculatum* s. l., *Thesium alpinum*) wurden allerdings vereinzelt auch in anderen Flächen 1931 oder 1932 gefunden (*Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris*, *Ranunculus montanus* s. l.). Insgesamt scheint sich das in der Versuchsweide vorhandene Artenangebot in allen Jahren mehr oder weniger komplett in den Flächen zu finden. Es sind wahrscheinlich keine Arten verschwunden, aber hinzugekommen.

Schon bei einschüriger Herbstmahd können Artenzahlerhöhungen um 25 beobachtet werden. Ausschließlich gemähte Borstgrasmatten haben höhere Artenzahlen als auch beweidete. Änderungen der Beweidungsintensität verringert die Artenzahl, wohingegen derselbe Beweidungsdruck über längere Zeit die Artenzahl konstant hält (vgl. BRIEMLE 1988:311, BISCHOF 1981:77, PEET et al. 1983:49). Die Artenzahlen in den Dauerflächen des Alpengartens änderten sich mit dem Ende der Beweidung tatsächlich deutlich. Im Nardetum nahmen sie um 6,5 %, im Festucetum sogar um 12,5 % ab (LÜDI 1940a:136f.). Die Artenzahl steigt in der Versuchsweide ebenfalls nach längerer „ausschließlicher“ Mahd (~ 30 Jahre) an und nimmt bei Düngung (NPKCa- resp. Ca-Düngung) ab. Die neuen Flächen weisen mit im Durchschnitt so viele Arten (ca. 30) auf, wie etwa 10 Jahre nach dem Ende der zweiten Beweidungsperiode in den Nullflächen zu finden waren. Bei den drei Düngungsvarianten nimmt sie nach der Beweidung zu, während sie in den Nullflächen konstant bleibt (s. Abbildung 135).

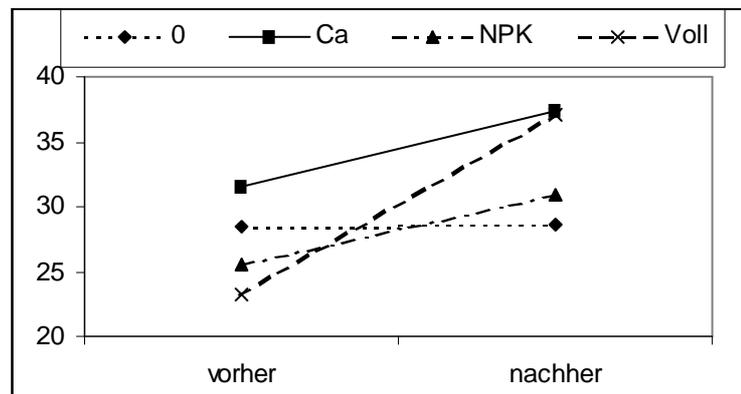


Abbildung 135: Zunahme der Artenzahlen in den gedüngten Flächen vor und nach der Beweidungsperiode

Offenbar werden die durch die Düngung veränderten Konkurrenzverhältnisse infolge der Beweidung wieder rückgängig gemacht. Düngung bewirkt also hier das Gegenteil von Mahd resp. Düngung *und* Beweidung. Zu dem definierten Arteninventar ($N_{32} = 23,7$ Arten) kommen Arten aus der unmittelbaren Umgebung der Flächen hinzu. Die neuen Flächen weisen 1994 (nach ca. 24 Jahren Mahd) durchschnittlich ca. 30 Arten auf wie die Nullflächen nach 10 Jahren Mahd aufwiesen. Es wird angenommen, daß diese Zunahme auf der Mahdnutzung, aber auch auf Störungen des etablierten Konkurrenzgefüges beruht. Ein Blick allein auf die Artenzahlen zeigt also keinen Übergang von einem Nardetum zu einem Festucetum, aber die festgestellten Entwicklungen sind auch nicht allein auf die Anwesenheit der Frischwiesenarten zurückzuführen, wie von LÜDI (1936:641) vermutet.

6.3.8 Deckungsverhältnisse

Die Deckung der unterschiedlichen Artengruppen in der Nullflächen zeigt eine unerwartet große Variation, welche wahrscheinlich nicht auf Düngung zurückgeführt werden kann, sondern ein Effekt

der Beweidung ist. Deckungszunahme von zahlreichen Frischwiesen- und Tieflandarten in einem Nardetum leitet oft den Beginn eines totalen Artenaustausch bis zur Entwicklung einer Fettwiese ein. Bisweilen bleibt die Artenzahl dieselbe, während der Ertrag steigt. Auf stickstoffgedüngten Flächen wurden von anderen Autoren über 97 % Gräser gefunden. Kalisuperphosphat führt hingegen oft zur Zunahme der meisten Wuchsformen, während der Prozentanteil der Gräser geringer ist (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:166, TILMAN et al. 1994:295, THURSTON et al. 1976:1044, STEBLER UND SCHOETER 1887:94ff., MILTON und DAVIES 1947:69S). Die relative Deckung in den untersuchten Flächen schwankt zwischen den Jahren und generell führt gesteigerte Produktivität zu größerer Grasdominanz und niedrigerer Leguminosen und Kräuterabundanz. Ein Vergleich der Deckungsverhältnisse zwischen Standardnardetum und –festucetum zeigt, daß ersteres logischerweise über eine größere Deckung (um 70 %) von Nardetumarten verfügt, während bei letzterem die Festucetumarten (65 %) bei weitem überwiegen. Das Verhältnis zwischen Gräsern und Kräutern ist bei den N-, F- und Begleiter-Gruppen ausgewogen. Der Rasen der Versuchsweide besteht zu Beginn von LÜDIS Versuchen hauptsächlich aus *Nardus stricta* (40 %) mit 20 % *Arnica montana*, ferner aus Vaccinien und anderen „Unkräutern“ (acidophile Kräuter wie *Campanula barbata*, *Gentiana purpurea*, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG, *Potentilla aurea* und *erecta*, *Sieversia*, *Carex pallescens*, *Luzula multiflora*), die insgesamt rund 85 % der Deckung ausmachen. Futterpflanzen bedeckten nur ca. 15-20 %. Kleearten fehlen nahezu. 2-3 Jahre nach der Düngung nehmen die Futtergräser bis zu 70 % der Fläche ein, dazu kommen um 4 % Kleearten und 5 % Milchkräuter (LÜDI 1959:2, LÜDI 1941b:21). In den Mahdperioden tauchen verstärkt Leguminosen auf. Gefressen werden besonders die Gräser, darunter vor allem *Festuca rubra*. Bei Mahd dominieren die Kräuter mit 70 %. Beweidung führt zu einem Deckungsanteil der Gräser von ca. 50 %. Offenbar werden manche Leguminosen nicht so gern gefressen oder tolerieren Beweidung eher als Mahd (*Trifolium badium*, *Trifolium repens*, *Trifolium patense*, *Anthyllis vulneraria*). Offenbar ist die Nutzungsänderung für die Verschiebung der Deckung verschiedener Wuchsformen in den Nullflächen verantwortlich (s. Abbildung 136, Mahdbeginn 1934, Beweidung ab 1968). Daher werden die Deckungsverhältnisse vor allem unter 6.5 diskutiert.

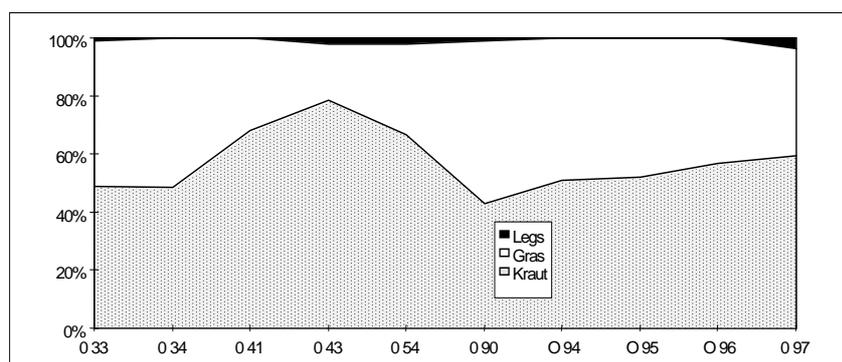


Abbildung 136: Änderung der Gras-Kraut-LeguminosenVerhältnisse in den Nullflächen durch Nutzungsänderung

Bei der Analyse der Deckungsverhältnisse ist zu beachten, daß es sich bei der Angabe der Deckungen um relative Deckungen handelt, da die Deckungssumme ad definitionem immer 100 % ergeben soll. Diese Methode erlegt der Interpretation Beschränkungen auf, andererseits läßt sich mit den Daten sehr gut rechnen. Prozentuale Zu- und Abnahme der Deckungen werden besser dokumentiert/berechenbar als mit Prozentschätzungen, die 100 % überschreiten, weil die

unterschiedlichen Schichten der Vegetation vernachlässigt werden. Eine starke Zunahme der Deckung einer Art ist immer mit einer Abnahme bei anderen Deckungen verbunden. Beachtet man, daß bei dieser Methode eine Zu- oder Abnahme um 3 % genauso gut eine Folge der Ab- oder Zunahme anderer Arten darstellen kann, reduziert sich der Effekt auf wenige prägnante Änderungen.

6.3.9 ungewichtete Zeigerwerte nach Ellenberg

Die Interpretation der Zeigerwerte bietet Möglichkeiten, aber auch Fallen. Sie sind einfach zu berechnen und erlauben schnelle Vergleiche verschiedener Pflanzengruppen. Daher wurden sie auch hier angewendet. Tabelle 44 stellt stichwortartig vor, worauf geachtet werden muß.

Tabelle 44: Vor- und Nachteile bei der Arbeit mit Zeigerwerten nach Ellenberg 1992

Eigenschaften	Quelle
Während soziologische Zeigerarten nur die diagnostisch wichtigen Arten erfassen, gelten Zeigerwerte für alle Arten, unabhängig von ihrer Bindung an Pflanzengesellschaften	KOWARIK und SEIDLING 1989:135
Der mittlere Zeigerwert eines Bestandes beruht auf der floristischen Zusammensetzung, seine Veränderung auf der Verschiebung dieser floristischen Zusammensetzung durch eine ganze Gruppe von Einzelfaktoren. Standortsunterschiede sind über Zeigerwerte gut erkennbar.	BÖCKER et al. 1983:36
Sie sind keine Konstanten, sondern unbewiesene Hypothesen, mit denen man nicht vorbehaltlos operieren darf.	WIEGLEB 1986:367, ELLENBERG 1992:27
Die Scheingenauigkeit (Darstellung in Dezimalzahlen) kann zu unkritischer Akzeptanz der Werte führen.	KOWARIK und SEIDLING 1989:132ff.
Weil sie ordinal sind, ist eine Mittelwertbildung mathematisch-arithmetisch nicht statthaft.	BÖCKER et al. 1983:45
Eine korrekte Darstellung gibt es nur als Spektrum.	BÖCKER et al. 1983:45
Mathematisch unzulässige Verfahren können aber bisweilen sinnvoll sein. Es handelt sich um das Größer- oder Kleinerwerden eines Faktorenkomplexes, so daß sich Differenzen bei der Mittelwertbildung auch ausgleichen können	BÖCKER et al. 1983:46
Medianwerte ⁶¹ sind besser, werden jedoch selten angewendet und erschweren damit Literaturvergleiche	KOWARIK und SEIDLING 1989:141
Bei großer Variation der Standortbedingungen können Mittelwerte in ihrer Aussagekraft völlig inhaltsleer werden, besonders, wenn zweigipfelige Verteilungen keine Mittelwertbildung zulassen	KOWARIK und SEIDLING 1989:135, BÖCKER et al. 1983:50
Die Berechnung ist eine gute Schnellmethode, wenn intensive Messungen nicht möglich sind	BÖCKER et al. 1983:36
Sie dürfen nicht zur Interpretation der Artenzusammensetzung herangezogen werden, da sie aus dem Pflanzenbestand empirisch abgeleitet wurden (Zirkelschluß)	PFADENHAUER 1997:263
Zeigerwerte stellen empirische Mittelwerte dar, hinter denen sich weite Amplituden verbergen können	LANDOLT 1977:5
Besonders bei euryöken Arten (aber auch verschiedenen Ökotypen oder genetischen Varianten) ist dabei eine weite Amplitude zu finden	KOWARIK und SEIDLING 1989:134
Sie beziehen sich auf das Verhalten der Pflanzen am „natürlichen“ Standort im Konkurrenzgefüge mit anderen Arten (ökologisches Optimum) und nicht auf die ökologische Amplitude	BÖCKER et al. 1983:36, ELLENBERG 1985:21
Problematisch ist die Verwendung von Zeigerwerten daher, wenn neue Konkurrenzbedingungen entstehen, z. B. durch veränderte Nutzungsweisen oder auf Flächen mit rasch ablaufender Sukzession	BRIEMLE 1986:426
Die Berechnungsergebnisse sind aus dem „normalen“ Verhalten abgeleitete Trendaussagen. Sie können durch andere vegetationsbestimmende Faktoren überlagert werden (z. B. durch Trittoleranz). Düngung und Nutzung induzierten Änderungen im Konkurrenzgefüge, die nur zu einer Artenverschiebung führen, wenn die Arten den veränderten Verhältnissen folgen (Beharrungsvermögen)	KOWARIK und SEIDLING 1989:132ff.
Verschiedene Eigenheiten der Pflanzen äußern sich nicht automatisch in den Zeigerwerten. Bei gleichem Zeigerwert kann die ökologische Valenz sehr verschieden sein. Wenn gute Wasserversorgung angezeigt wird, ist es meistens unwichtig, woher dieses Wasser kommt (NS, Grundwasser etc.)	TER BRAAK und GREMMEN 1987:80
Die Berücksichtigung unsicherer Bewertungen (bei ELLENBERG kleingedruckt) muß meist bei numerischen Berechnungen (Excel) entfallen	ELLENBERG 1992:67
Ebenso muß auf eine Auswertung von Arten mit weiter Amplitude/ungleichem Verhalten in verschiedenen Gebieten (x) verzichtet werden	ELLENBERG 1992:67
Korrelationen zwischen mittlerer Zeigerzahl und gemessenen Standortparametern können	BÖCKER et al. 1983: 36,

⁶¹ Median: Der Zentralwert oder empirische Median ist derjenige Wert in der nach Größe der Einzelwerte geordneten Reihe, welcher die Reihe halbiert.

nicht immer belegt⁶² werden. Die Beziehungen zwischen Korrelation und Kausation sind komplex und verschiedenartig

PFADENHAUER 1997:263

Die vollständigen Werte, auf die diese Besprechung bezug nimmt, befinden sich in Tabelle 76.

Schlüsselfaktor für die Veränderung (Gefährdung) eines Standortes ist oft die Versorgung mit Stickstoff, der heute als einziger Nährstoff⁶³ bewertet wird, aber eher Nitrat als Ammonium anzeigt. Saure NH₄-Böden wie die Versuchsweide sind weniger repräsentiert. Änderungen der N-Werte können Nutzungsänderungen oder natürliche Schwankungen des N_{min}-Angebotes zeigen, sind aber oft träge und werden in den Nullflächen nicht beobachtet (vgl. BRIEMLE 1986:425f.). Die Abgrenzung von Vegetationseinheiten nach der N-Zahl ist unbefriedigend, da Pflanzen bei geringerem N-Angebot effizienter haushalten und durch hohe Zeigerwerte oft zu hohe Stickstoffnachlieferungen vortäuschen. Für die Versuchsweide entfällt diese Möglichkeit ebenfalls (vgl. EGLOFF 1987:476, ELLENBERG 1985:29, BÜCKING 1972:383). Die N-Werte änderten sich insgesamt wenig und auch bei der Ca-Düngung nicht, offenbar wurden nicht allzu viele Nährstoffe freigesetzt. Die N-Werte der Ca-Gruppe sind eher niedrig, aber auf die mittleren N-Werte hat die Beweidung (nach 1954) bei Ca-Düngung keinen Einfluß, das heißt, Arten mit höheren N-Werten nehmen offenbar nicht zu. Der N-Wert steigt nach bei den anderen Düngungen in ca. 10 Jahren an und sinkt dann wieder ab (N-Wert der D NPK-Gruppe: 4, Ch NPKCa-Gruppe: 3,8). Es nehmen also kurz nach der Düngung, in deren Folge der mittlere N-Wert auf ca. 4 steigt, nicht nur Arten dieser beiden Gruppen zu. Die N-Werte erreichen 1941 in den NPKCa-Flächen mit 4,3 einen Höhepunkt. Die Beweidung (nach 1954) hat einen deutlich rückführenden Effekt. Die Nährstoffe bleiben möglicherweise in der Vegetation erhalten und erst die Beweidung entfernt aufgrund des selektiven Fraßes Nährstoffe aus dem Kreislauf, was durch zunehmend weniger Arten mit hohen N-Werten dokumentiert wird.

Bei den T-Werten ist der Einfluß der Höhengliederung so eindeutig, daß Werte < 2 nur für präalpine und alpine Gesellschaften errechnet werden. Eine Erhöhung der mittleren Werte könnte demgemäß auf eine Klimaerwärmung hinweisen. Während ein Temperaturanstieg von 1-2° die Diversität der Alpen noch nicht sehr ändern würde, wären 3° über Jahrhunderte spürbar, weil die Temperaturspanne eines Vegetationsgürtels nur um die 3° beträgt. Dann würden die Mittelrandarten zunehmen, da die Anpassungen alpiner Arten kein Vorteil mehr wären. Je größer die phänotypische und physiologische Plastizität einer Art, desto größer ihre Chancen, den Climate Change zu überdauern (vgl. BÖCKER et al. 1983:44, THEURILLAT 1995:125). In der Diplomarbeit von KELLER (1998:58) wird die scheinbare Zuwanderung von Arten in der Versuchsweide auf veränderte klimatische Bedingungen zurückgeführt (vgl. 6.1.5). Insgesamt sind die Änderungen der T-Werte in den Flächen der Versuchsweide aber minimal. Alle Werte liegen um 3, zeigen also nicht einmal deutlich alpine Merkmale der Vegetation. Selbst die 1994 definierten Kernarten haben nur einen mittleren T-Wert von 2,9 (1994) gegenüber 2,6 (1931).

Gut gesichert ist die Beurteilung der Bodenfeuchtigkeit mit der Feuchtezahl. Oft zeigen F-Zahlen Pflegeeingriffe und starke Beweidung trotz ungestörten Wasserhaushalts durch „Trockenerwerdung“ an. Erschwerend ist es für die Interpretation, wenn die F-Werte wie in der Versuchsweide um 5 liegen, so daß sie von Indifferenz kaum zu unterscheiden sind (vgl. BRIEMLE 1988:323f., LERCH 1991:259, BÖCKER et al. 1983:50, TER BRAAK und GREMMEN 1987:80). Selbst bei den NPKCa-Flächen oszillieren die F-Werte in der Versuchsweide mit der Nutzungsänderung wenig. Auch zwischen den

⁶² Dies gilt in erster Linie für F- und N-Zahl. Temperatur und Kontinentalitätszahl nehmen Sonderstellung ein, weil sie nach 11 Arealtypen festgelegt sind.

alten und neuen Kernarten zeigt sich keine gravierende Änderung in den F-Werten. Die F-Werte sind allerdings in den Nullflächen bei Mahd (4,9) etwas niedriger als bei Beweidung (5,2), was für eine Reaktion der Vegetation auf Nutzungswechsel spricht.

Für borstgrasreiche Gesellschaften im Tiefland gelten Futterwertzahlen⁶⁴ um 3. Während eine Abnahme der Feuchtwerte und/oder eine Zunahme der N-Zahl bei Beweidung weist auf höheren Futterwert hin. Dies kann durch Einwanderung von Arten mit höherem Futterwert bedingt sein⁶⁵, denn gegenwärtige und frühere Nutzung ist für die Artengarnitur von entscheidender Bedeutung (vgl. DANCAU 1983:68, KLAPP 1956:115, KLAPP 1956:23, KLUG-PÜMPEL et al. 1994:99). Leider konnten für die Arten der Schynigen Platte keine Futterwertzahlen ermittelt werden, da nur 50 von allen (auch im Festucetum) gefundenen Arten Wertzahlen (mit einem allgemeinen Mittelwert von 2,7) zugeordnet werden, wobei leider besonders die die alpinen Arten ohne Zuordnung blieben (vgl. KLAPP 1971:106f.). Die Nullflächen wiesen sowohl 1933 als auch 1997 einen Mittelwert von 3,2 auf. Eine weitere Interpretation ist aufgrund des Mangels an Daten nicht möglich.

Die Entwicklung der R-Werte zeigt nach der Ca- und besonders nach der NPKCa-Düngung eine Abnahme der Versauerung an, während die NPK-Düngung die Werte senkt. Da es sich um ungewichtete Daten handelt, wird dies entweder durch Zunahme von Arten mit hohen (*Phleum alpinum*), oder Abnahme von Arten mit niedrigen R-Werten (*Calluna vulgaris*, *Arnica montana*, *Deschampsia flexuosa* etc.) verursacht. Es ist ein Zusammenhang mit der Nutzung zu erkennen (1946/1954 vs. 1982 und 1989). Möglicherweise hat der selektive Fraß der guten Futterpflanzen Auswirkungen auf deren Präsenz und damit auf den errechneten Mittelwert. Besonders die Arten der Ch NPKCa- und der D NPK-Gruppe mit relativ hohen R-Werten (7 resp. 8) nehmen zu. Die R-Werte sind in den Ca-Flächen 1954 (5,5) am höchsten. Danach sinken die durchschnittlichen Werte wieder ab. Offenbar tritt die Wirkung des im Dünger enthaltenen Kalkes auf die Vegetation erst mit zeitlicher Verzögerung auf und wird später wieder abgeschwächt, wie bei der reinen Ca-Düngung.

Offenbar werden Arten mit großem R-Wert bevorzugt gefressen, denn der R-Wert sinkt nach Beginn der Beweidung leicht ab. Die D Ca-Gruppe besteht vornehmlich aus SK mit einem R-Wert von 6,9. Die Gruppe FK hat einen durchschnittlichen R-Wert von 4, die F G von 2,7. Auch die Leguminosen (R-Wert FL: 8) scheinen gerne gefressen zu werden. An Stetigkeit nehmen *Lotus corniculatus* und *Trifolium repens* zu. *Trifolium pratense* nimmt ab, hat aber keinen R-Wert. Die Werte scheinen über die Vegetation eher ein Ende des Einflusses der Kalkung zu zeigen. Die R-Werte der Kernarten sind 1931 und 1994 tiefer als die der Satellitenarten ($K_{31} < S_{31}$ und $K_{94} << S_{94}$, vgl. Tabelle 89 und Tabelle 90). Arten mit hohen R-Werten sind in der Versuchsweide weniger stet und gehören eher zu den Satellitenarten. Die leichte Zunahme der R-Werte in den Nullflächen ist möglicherweise auf die Zunahme der neuen Arten (D Nullflächen R = 4,3) und damit auf allgemeine Eutrophierung ohne Versauerung zurückzuführen (R-Werte des Standardnardetums: 3,3). Bei der NPK-Düngung zeigt sich ein Ansteigen der R-Werte. Nach der Beweidung nehmen die Arten niedrigerer R-Werte (also Zeiger sauren Bodens) wieder ab (Standardnardetum: R = 3,3, N = 2,7). Wie

⁶³ N-Zahl war ursprünglich die „Nährstoffzahl“, die auch P und K einschloß, v.a. ruderalen Arten sind potassiophil (BÖCKER et al. 1983:52).

⁶⁴ WZ 0: Art wertlos/wird nicht genommen, WZ 8: höchster Wert/gerne gefressen, WZ -1: giftig (KLAPP, BOBERFELD 1990:232)

⁶⁵ Borstgrasrasen: AZ < 25: WZ 1,34, N-Zahl 1,22 und AZ > 25: WZ: 2,44, N-Zahl 1,64.

oben gezeigt, weisen die Aufnahmen des Jahres 1941 auf einen Zusammenbruch der Vegetation hin. Dies spiegelt sich etwas in der Abnahme der R-Werte wider.

Düngung hat neben Änderungen im direkten Konkurrenzgefüge auch indirekte Wirkungen z. B. auf die Lichtkonkurrenz (vgl. 6.1.15). Lichtklima und Nährstoffverfügbarkeit auf einer Wiese und einer Brache können sich deutlich unterscheiden. In den Nullflächen scheint die Mahd die Reichhaltigkeit der Flächen zu unterstützen. Die Lichtkonkurrenz ist hier wahrscheinlich -im Gegensatz zu den gedüngten Flächen- nicht gestiegen, der selektive Fraß von Frischwiesenarten entfällt. Düngung führt von nährstoff- zu lichtlimitierter Primärproduktion, denn geringe Lichtintensitäten erfordern ein schnellwachsendes Gewebe mit hoher PS-Kapazität mit einem hohen Nährstoffbedarf. *Nardus stricta* (L8) kann zum Beispiel das bessere Stickstoffangebot bei Düngung nicht nutzen, wenn es zu wenig Licht hat (vgl. BAHN et al. 1994:27, ZOPFI 1993:15f., BRIEMLE 1988:325, BOWMAN et al. 1993:2093ff., CHAPIN III et al. 1975:223, 6.1.15). Das nur leichte Absinken der Lichtzahl in den ungedüngten Flächen der Versuchsweide bei Mahd zeigt, daß der Bestand dichter wird, weil schattenverträglichere Arten gefördert wurden. Die „Nutzung“ der Einzelflächen bevorzugt lichtliebende Arten auch zwischen 1994 und 1996 in den ungedüngten Flächen nicht. Die L-Werte der Kernarten liegen 1994 über denen der Satellitenarten, während sie 1931 noch gleich waren (vgl. 10.9). Arten mit hohen L-Werten wurden also verdrängt.

F-, N- und Lichtzahl eignen sich zwar für die Interpretation pflegebedingter Vegetationsumschichtung, aber die Aussage wird durch die Schnitffestigkeit der Arten beeinflusst. Je tiefer die Schnittverträglichkeitszahl⁶⁶ (Mahdzahl), desto höher ist der Pflegeaufwand, um wieder wiesentypische Vegetationsstrukturen zu schaffen. Mahd nivelliert Unterschiede in den Zeigerwerten zwischen gedüngten und ungedüngten Parzellen, weil sie an typischen Wiesenpflanzen orientiert sind. In stärker beeinflussten Gesellschaften muß anders bewertet werden (vgl. PFADENHAUER 1997:263, BRIEMLE 1988:330f., BRIEMLE UND ELLENBERG 1994:146, KOWARIK und SEIDLING 1989:134). M-Zahlen waren für die wichtigsten Arten der Versuchsweide nicht vorhanden. Möglicherweise hätten sie einen engen Zusammenhang zum Nutzungswechsel gezeigt.

Anhand der Zeigerwerte ist also nur bedingt zu entscheiden, ob sich die Situation in der Versuchsweide oder die ökologische Valenz der Arten geändert hat. Dies gilt vor allem für diejenigen Arten, die erst in jüngerer Zeit in der Vegetation zu finden sind und vielleicht aus tieferen Lagen stammen. Möglicherweise handelt es sich hier um neue Ökotypen, nicht aber um Klimaveränderung (vgl. 6.1.15). Eine Reaktion der Vegetation auf die Nutzungsänderungen kann bei den Nullflächen angenommen werden und ist bei L- und F-Werten, in den gedüngten Flächen umso deutlicher bei N- und R-Werten erkennbar.

6.3.10 gewichtete Zeigerwerte nach Ellenberg

Die Berechnung von mittleren Zeigerwerten kann qualitativ (aufgrund von Artenlisten) oder quantitativ (aufgrund von Frequenz und Deckungsgrad) erfolgen. Da schnittempfindliche Arten oft sehr ähnliche Zeigerwerte haben, ist das Ansteigen der N-Zahlen bei Mahd an gewichteten Daten besser erkennbar. Ausschlaggebend ist, ob der Zeigerwert der dominanten Art im mittleren Bereich des Spektrums aller auftretenden Arten oder am Rand liegt. Vor allem bei artenarmen Beständen, und damit nicht in der Versuchsweide, ist die quantitative Berechnung sinnvoll. Sie kann zu relativ großen

⁶⁶ Mahdzahl 1: völlig schnittunverträglich (Holzpflanzen); Mahdzahl: 9 überaus schnitt/weideverträglich (Parkrasenpflanzen, BRIEMLE 1988:80?).

Fehlern führen, wenn eine dominante Art von nur wenigen weiteren Arten begleitet wird (hier z. B. *Nardus stricta*). Seltene Einzelgänger (Orchideen) oder kleine Arten können eine ebenso große Aussagekraft haben wie polykormonbildende Arten, sind aber bei Gewichtung der Zeigerwerte unterrepräsentiert (vgl. BRIEMLE 1988:322ff., ELLENBERG 1992:27, KOWARIK und SEIDLING 1989:136ff., BÖCKER et al. 1983:36ff.).

In der Versuchsweide nehmen bereits vorhandene Arten aufgrund von Pflegeumstellung deutlich an Deckung zu. Die neuen Flächen unterscheiden sich hauptsächlich durch die Unterschiede in den Deckungen von *Festuca rubra* und *Nardus stricta*. *Festuca rubra ssp. commutata* GAND⁶⁷ hat die Zeigerwerte (L7, Tx, K4, Fx, R3, N2), *Festuca rubra ssp. rubra* L. (Lx, Tx, K5, F6, R6, Nx). Es fällt auf, daß sich die Unterarten besonders in den relevanten Zeigerwerten der R- und N-Zahlen unterscheiden. *Festuca rubra ssp. rubra* hat keinen N-Wert, der von *Festuca rubra ssp. commutata* ist derselbe wie der von *Nardus stricta* (L8, TX, K3, FX, R2, N2). Damit lassen sich die Deckungsunterschiede zwischen den beiden Arten durch gewichtete Zeigerwerte nicht darstellen. Auch die anderen Zeigerwerte trennen beide Arten nur undeutlich. Es ist auch schwierig, die beiden Unterarten des Rotschwingels bei der Deckungsschätzung voneinander zu trennen (vgl. 6.1.5). LÜDI sprach die Art als *Festuca rubra ssp. commutata* an, die Tabellen der Datenbank führen lediglich den Artnamen „*Festuca rubra* s. l.“. *Festuca rubra ssp. rubra* ist Charakterart der Molinio-Arrhenatheretea, während *Festuca rubra ssp. commutata* als Charakterart der Nardetalia und z. T. magerer Arrhenatheretalia gilt (BÖCKER et al. 1983:41ff., KOWARIK und SEIDLING 1989:136, ELLENBERG et al. 1992:106, OBERDORFER 1990:209). Der von LÜDI gewählte Name der Gesellschaft läßt vermuten, daß es sich bei dem Rotschwingel auf der Versuchsweide in den meisten Fällen um letzteren handelt.

Ein ungewichteter Einsatz ist sinnvoll, wenn ausreichend viele Aufnahmen gemacht wurden, wie es hier der Fall ist, denn vor allem bei einzelnen oder zwei Aufnahmen (NPK-Flächen) bestehen große Unterschiede⁶⁸. Es ist unklar, wie groß die Anzahl der Aufnahmen mindestens sein muß. Zwischen gewichteten und ungewichteten Zeigerwerten besteht eine durchschnittliche Abweichung von 0,1 (L, T, K, F) bzw. 0,2 (R, N) Einheiten (vgl. BRIEMLE 1988:321, KOWARIK und SEIDLING 1989:136ff., BÖCKER et al. 1983:37ff.).

Tabelle 45: Veränderungen der mittleren Zeigerwerte in den neuen Flächen

Differenz der ungewichteten Werte 1994 zur 1996	F	L	N	R	T
0	0,05	-0,04	0,08	0,07	0,06
N	-0,02	-0,04	-0,06	-0,13	0,03
NK	0,04	-0,10	0,09	-0,13	0,08
PK	-0,02	0,01	0,09	0,19	0
NPK	0,04	0	0,09	-0,13	0,08
Ca	0,05	-0,04	0,08	0,07	0,06
NPKCa	0,03	0,01	0,24	0,17	0,06

Tabelle 46: Veränderungen der mittleren gewichteten Zeigerwerte in den neuen Flächen

Differenz der gewichteten Werte 1994 zur 1996	F	L	N	R	T
0	-0,08	-0,22	-0,04	-0,14	-0,03

⁶⁷ Nomenklatur nach OBERDORFER 1990:210f.

⁶⁸ Die Differenz ist etwa in der Hälfte der Fälle signifikant

N	-0,34	-0,14	-0,09	-0,27	-0,16
NK	-0,24	-0,23	0,02	-0,27	-0,15
PK	-0,29	-0,19	-0,01	-0,19	-0,2
NPK	0,05	-0,16	0,05	0,01	-0,08
Ca	0,18	-0,22	0,06	0,26	-0,04
NPKCa	-0,53	-0,22	0,07	0,52	-0,38

Die Daten aus den neuen Flächen zeigen, daß das Fehlen vieler Werte (außer bei den T-Werten?) keine große Differenz verursacht. Die beobachteten Entwicklungen sind eher auf Deckungs- als auf Präsenzunterschiede zurückzuführen (vgl. dazu ungewichtete Fuzzy-Set-Ordinationen). Diese beruht im Wesentlichen auf der –auch durch die gewichteten Zeigerwerte nicht erkennbaren– Änderung der Deckung von *Festuca rubra* und *Nardus stricta*. Die Entwicklung der gewichteten Zeigerwerte zeigt keine Hinweise auf Veränderungen. Fast alle Veränderungen liegen im Fehlerbereich von 0,2 Einheiten (s. Tabelle 45 und Tabelle 46).

Unterschiede bis zu 1,6 Einheiten können sich ergeben, wenn wie im vorliegenden Fall große Mengen „wert-loser“ Arten in den Tabellen zu finden sind. Der Anteil der Arten ohne Zeigerwert ist je nach Zeigerwert unterschiedlich: L-Werte haben fast alle Arten, obwohl auch hier für die Werte von LÜDIS Daten für 15 % der „Arten“ kein Zeigerwert gefunden wurde. Die Auswertungen zeigten, daß die Anzahl der Arten mit Zeigerwert (85 %) bei den alten Tabellen (gegenüber 96 % bei den neuen Daten, s. Tabelle 47) zu klein ist, um gewichtete Zeigerwerte zu berechnen. Von 67 in den neuen Flächen gefundenen Arten konnten nicht allen Taxa Zeigerwerte zugeordnet werden. Die Schwierigkeit verstärkte sich bei der Auswertung der alten Daten noch, da für einen noch größeren Anteil der Taxa keine Werte zugeordnet werden konnten (vgl. Tabelle 47 und Tabelle 48 (mit eingeschlossen sind die Gattungsbezeichnungen aus der Datenbank)).

Tabelle 47: Anzahl der Arten mit Zeigerwert in den neuen und alten Flächen

	L	T	K	F	R	N	Summe
Arten aller Flächen mit ZW (absolut)	115	72	102	96	99	108	136
Arten aller Flächen mit ZW (%)	85	53	75	71	73	79	100

Tabelle 48: Prozentualer Anteil der Arten ohne Zeigerwerte in den neuen Flächen

	L	T	K	F	R	N	Summe
Arten der neuen Flächen mit ZW (absolut)	69	43	62	53	60	65	72
Arten der neuen Flächen mit ZW (%)	96	60	86	74	83	90	100

Die Eigenart der Datenbanktabellen, nicht genau bestimmten Arten Deckungen zuzuordnen, erschwerte die Zuordnung von Zeigerwerten. So wurden zum Beispiel dem Taxon „*Potentilla*“ bis zu 9 %, dem Taxon „*Crepis*“ bis zu 10 % Deckung zugeordnet. Besonders deutlich wirkt sich das Fehlen von Werten für diejenigen Arten aus, die nach der Manipulation große Deckungsänderungen aufweisen. Für infraspezifische Taxa sind oft gar keine Zeigerwerte bekannt oder sie sind sehr ähnlich.

6.3.11 Gefährdungswerte einzelner Arten

Ist anhand der Zeigerwerte erkennbar, ob sich die Bedingungen für seltene Arten verschlechtern haben? In ELLENBERG et al. (1992) werden nach HAEUPLER und SCHÖNFELDER (1989) Gefährdungswerte angegeben. Die gefährdeten Arten der Versuchsweide weichen in ihren Zeigerwerten deutlich von den Durchschnittswerten ab. Sie brauchen mehr Wärme, mehr Feuchtigkeit und weitaus mehr Licht und zeichnen sich durch höhere R- und tiefere N-Werte (5,5/2,2 gegen

5,0/2,4) aus (s. Tabelle 49, vollständige Tabelle 82 im Anhang). Am stärksten ausgeprägt sind die Unterschiede hinsichtlich des Säureanspruches.

Tabelle 49: Gefährdungsgrade der in den alten und neuen Flächen gefundenen Arten und deren mittlere Zeigerwerte. Zum Vergleich die Werte der Nullflächen 1932, 1997, N₃₂ und F₂₈

	F	L	N	R	T	G*	G**
noch in den alten Flächen	4,6	8,0	2,2	5,5	3,0	3,1	3,0
auch in den neuen Flächen	5,0	8,0	2,4	5,0	3,0	3,0	2,8
O ₃₂	4,8	7,4	2,9	3,3	2,8	3,3	
O ₉₇	4,9	7,3	2,5	3,5	2,9	2,8	
N ₃₂						2,8	
F ₂₈						3,2	

Gefährdungseinstufungen nach KORNECK und SUKOPP (1988, G*) sowie aus JEDICKE (1997 nach KORNECK et al. 1996, G**) der in den alten und außerdem noch in den 42 neuen Flächen gefundenen Arten⁶⁹. G: 2= stark gefährdet, 3= gefährdet, 4 = potentiell gefährdet.

Einige um 1930 notierten Arten aus den alten Flächen (s. Tabelle 82, oben) wurden in den neuen Flächen nicht gefunden, da sie aus dem Festucetum stammen (*Botrychium lunaria*, *Phyteuma orbiculare*, *Trollius europaeus*) oder nur sporadisch vorkamen (*Traunsteinera globosa* in NPK₈₉, *Coeloglossum viride* in O₉₀). Andere sind tatsächlich zurückgegangen (*Gentiana kochiana* PERR ET SONG) oder nur kurzfristig gefunden worden (*Gentianella campestris*, *Thesium alpinum* (zu unscheinbar?)). Bisweilen sind Bestimmungsunsicherheiten verantwortlich (*Pulsatilla apiifolia*, *Gentianella campestris*). Andere Arten erhalten sich ihre Stetigkeit einigermaßen (*Arnica montana*, *Viola calcarata*). Ein eindeutiger Rückgang der gefährdeten Arten ist nicht erkennbar.

6.3.12 Stetigkeitsverhältnisse (Kernartendiagramme)

Die Diversität einer Gesellschaft steht in Zusammenhang mit den Häufigkeitsverhältnissen einzelner Arten (vgl. dazu WHITTAKER 1965:250ff.). Im Laufe der Zeit ändern sich die Stetigkeitsverhältnisse (vgl. Stetigkeitstabelle im Anhang). Die mittleren Zeigerwerte der Kern- und Satellitenartengruppen zeigen zwischen 1930 und 1994 eine leichte Verschiebung der Standortverhältnisse zu weniger Lichtgenuß, etwas erhöhten Temperaturen, minimal feuchteren und nährstoffreicheren Verhältnissen, aber auch eine Abnahme der Versauerung in der Kernartengruppe (vgl. Tabelle 89 und Tabelle 90). Die Satellitenarten von 1994 benötigen hellere Standorte und basenreichere Böden, aber weniger Nährstoffe als die Gruppe der Satellitenarten um 1930, während die Kernarten 1994 auf weniger Lichtgenuß, höhere Temperaturen (s. Abbildung 137). Die Versuchsweide reagiert also offenbar auf Nutzungsänderungen und oszilliert hinsichtlich der Satellitenarten. Die Kernarten von 1931 wurden seltener, die Satellitenarten 1931 nehmen zu.

⁶⁹ Von den für die neuen Flächen aufgelisteten Arten kam nur *Leucorchis albida* in den alten Flächen nicht vor.

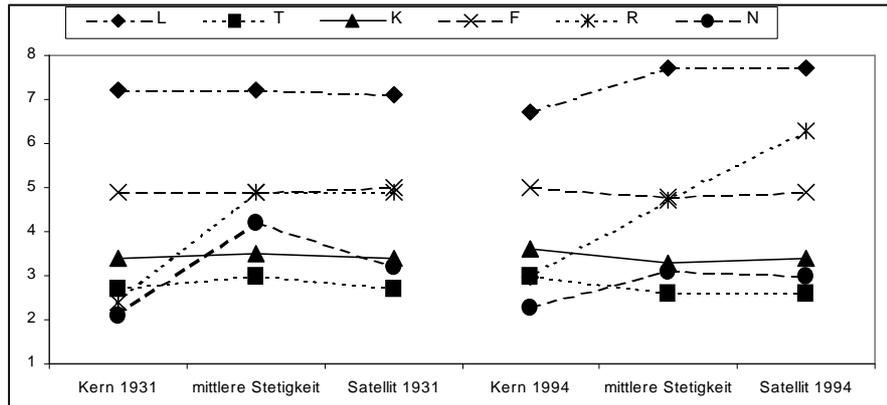


Abbildung 137: mittlere Zeigerwerte der alten und neuen Kern- und Satellitenarten

Die Zeigerwerte weisen auf veränderte Standortbedingungen in der Versuchsweide hin, vielleicht zeigen sie aber auch nur den Teil eines größeren Zyklus (vgl. 6.1.13). Änderungen in der Stetigkeit zwischen der ältesten und neusten Aufnahme sind weniger düngungsabhängig als erwartet. Ein Großteil der Änderungen kann durch Änderungen in den Vegetationstabellen aufgrund von Bestimmungsunsicherheiten (vgl. 6.1.5) zurückgeführt werden (z. B. bei den *Hieracien*, *Deschampsia flexuosa* (steril) oder den Seggen). Andere Arten wurden durch die unterschiedlichen Nutzungen gefördert/reduziert (z. B. *Calluna vulgaris* und *Vaccinium spec.*). Auch der Aufnahmezeitpunkt (vgl. 6.1.12) spielt eine Rolle (*Homogyne alpina*). Bei einigen Arten ist möglicherweise ihre relative Unauffälligkeit verantwortlich (*Gentiana kochiana* PERR et SONG, *Stellaria graminea*). Insgesamt bleiben nur wenige Arten, bei deren Rückgang/Neuerscheinen konkret auf eine deutliche Standortsveränderung geschlossen werden könnte (*Bartsia alpina*, *Poa alpina*, *Phleum alpinum* gegenüber *Rhinanthus alectorolophus*).

6.3.13 Biomasse

Wie kann die Entwicklung der Biomasse eingeordnet werden? Tabelle 50 zeigt, daß die Erträge in der Versuchsweide mit 1800-3000 kg/ha/yr für ungedüngte Borstgrasrasen vergleichsweise hoch sind. Allgemein sinken sie mit zunehmender Höhe linear, steigen mit dem Nährstoffangebot und können dann auch die Biomasse von Milchkrautweiden übertreffen.

Tabelle 50: In der Literatur angegebene Erträge von Borstgrasrasen.

Gesellschaft laut Quelle	Bemerkungen	kg/ha	Quelle
Extensives Grünland	Tiefland	< 3000	PFADENHAUER 1997:217
Intensives Grünland	Tiefland	Bis zu 10000	PFADENHAUER 1997:217
Wiesen	TS/ 2200-2400 m	1050	KLAPP 1974:63
Wiesen	TS/ 1400-1600m	2700	KLAPP 1974:63
Subalpine Magerwiesen	TS/ 1550 m NN	3400	KRÜSI et al. 1996:59
Subalpine Magerwiesen	TS/ 1650 m NN	3000	KRÜSI et al. 1996:59
Subalpine Magerwiesen	TS/ 1750 m NN	2600	KRÜSI et al. 1996:59
Subalpine Magerwiesen	TS/ 1850 m NN	2200	KRÜSI et al. 1996:59
Subalpine Magerwiesen	TS/ 1950 m NN	1800	KRÜSI et al. 1996:59
Subalpine Magerwiesen	TS/ 2050 m NN	1400	KRÜSI et al. 1996:59
Subalpine Magerwiesen	TS/ 2150 m NN	1000	KRÜSI et al. 1996:59
Subalpine Magerwiesen	TS/ 2250 m NN	600	KRÜSI et al. 1996:59
Subalpine Magerwiesen	TS/ 2350 m NN	400	KRÜSI et al. 1996:59
Nardetum A*, ungedüngt	ein Siebtel der NPK-Flächen	500	LÜDI 1936:643
Nardetum Alpengarten	Gemäht	500	LÜDI 1936:635
Borstgrasrasen		1120	KLAPP 1951b:269ff.
subalpiner Borstgrasrasen		1700	ELLENBERG 1996:842
Geo montani-Nardetum		2000	GIGON et al. 1986:39

Borstgrasrasen, ungedüngt		2100	STEIDL und RINGLER 1996:121
Borstgrasrasen	TS/930 g Streu/m ²	2800	REHDER 1976
Nardetum alpicum		3000	REHDER 1971:765
Borstgrasheide, ungedüngt	Heu	3850	STEIDL und RINGLER 1996:166
Nardetum		8000	GIGON 1971:47
Nardetum V, ungedüngt		200-1000	LÜDI 1959:5
Bürstlingsrasen		5000-10000	HUTTER 1993:83
Borstgrasrasen (Kaukasus)	TS/270-330 g Streu/ 2600 g unterirdisch	5500-7500	REHDER 1976
Borstgrasrasen		Max. 500-1000	STEIDL und Ringle 1996:36
Borstgrasrasen, PK-Düngung		4500	STEIDL und RINGLER 1996:121
Bodensaurer Magerrasen, Kalkung/P-Düngung	Heu bei Kalkung/P-Düngung	3000-5000	KLAPP 1958:
Nardetum A, Ca-Düngung		1800	LÜDI 1936:643
Borstgrasrasen, NPK-Düngung		7000	STEIDL und RINGLER 1996:121
Nardetum V, NPK-Düngung	NPK-Düngung	3000-5000 (max. 6700)	LÜDI 1959:5
Nardetum A (NPK-Düngung)	37/44 - > 27 Arten	3500	LÜDI 1936:643
Crepido-Festucetum rubrae	Heu, 27 Arten	4000	GIGON et al. 1986:39
Subalpine Fettwiesen	TS/ 1750 m NN	4800	KRÜSI et al. 1996:59
Subalpine Fettwiesen	TS/ 1850 m NN	4300	KRÜSI et al. 1996:59

*im Alpengarten (A) resp. in der Versuchswaide (V)

**ebenso im Caricetum firmiae, Seslerio-Semperviretum und Caricetum ferruginae

Die absolute Düngerwirkung nimmt mit zunehmender Höhenlage ab, die prozentuale hingegen zu. In Einklang mit Ergebnissen anderer Autoren steht haben offenbar weder der CO₂ Anstieg, noch erhöhte N-Einträge durch den Regen oder Deposition erkennbaren Einfluß auf die Ernte. Unterschiede entwickeln sich erst aufgrund verschiedener Behandlungen. Dies gilt besonders bei starkem Nährstoffmangel und geringem Grundertrag (vgl. JENKINSON et al. 1994b:365, KLAPP 1974:64).

Die ungedüngten Flächen der Versuchswaide produzieren über mehr als 60 Jahre vergleichbare Biomasserträge, aber schon nach dreijährigem Aussetzen der Beweidung steigt der jährliche Heuertrag um mehr als das Doppelte. Es kommt zu einem deutlichen Rückgang von *Nardus stricta*, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG, *Potentilla aurea* und anderen Arten und einer Zunahme von *Festuca rubra*, *Leontodon hispidus*, *Crepis aurea* und *Lotus corniculatus* (LÜDI TB 1940, GIGON 1971:128). Futtergräser geben in der Versuchswaide bei Düngung mit Kalziumkarbonat⁷⁰ rasch einen sehr hohen Ertrag. Während diese Düngung von Jahr zu Jahr deutlicher hervortritt, geht der Ertrag der NPK-Flächen schon nach 5-9 Jahren deutlich zurück und ein Zerfall der *Festuca rubra*-Horste tritt ein, was zur Ausbreitung des Borstgrases führt⁷¹ (LÜDI 1941a:19, LÜDI 1941b:22, LÜDI 1959:5). Diese Entwicklung ist in den Fuzzy-Set-Ordinationen gut zu erkennen (vgl. dort).

Auffallend ist die überdurchschnittliche Steigerung der Erträge in den neuen Flächen und deren starke Abweichungen vom Mittelwert. Letzteres liegt vielleicht daran, daß trotz Wahl kleiner Flächen (vgl. 6.1.11) einige Flächen auf weniger produktiven Standorten angelegt wurden (untere Flächen). Auch Änderungen in Erntetechnik wirken sich auf den Ertrag aus. Die Flächen wurden bei der „Nutzung“ möglicherweise zu sorgfältig gemäht. Da in Nardeten bis zu ¾ der Biomasse zwischen 0 und 5 cm zu finden sind, können wenige Zentimeter große Effekte haben (vgl. LEIGH et al. 1994:261, KLUG-PÜMPEL et al. 1994:99, ELBERSE und BERENDSE 1993:223). Die Ernte wurde von m² auf ha umgerechnet, was den Fehler verstärkt. 1996 fand die „Nutzung“ außerdem im Regen statt. Es ist

⁷⁰ durch Entsäuerung des Bodens um 0,2-0,25 pH-Einheiten

⁷¹ Zufuhr von Kalkmehl glich anschließend diese Schäden wieder aus.

möglich, daß bereits im Feld mehr Material gesammelt wurde, denn feuchte Vegetation ist besser zu mähen und einzusammeln als trockene. Je artenreicher die Flächen sind, desto unterschiedlicher fällt die Ernte aus (vgl. MILTON 1940:352). Die Hauptbiomassernte wird zudem in unterschiedlicher Vegetation zu unterschiedlichen Zeiten erreicht, denn die Produktivität von beweideten Flächen erhöht sich im Winter und frühen Frühjahr (vgl. MILTON und DAVIES 1947:68). Daher spielt auch der Zeitpunkt der „Nutzung“ eine Rolle. Die Vegetation könnte auch aufgrund atmosphärischer Düngungseinflüsse (vgl. 6.1.14) heute durch einen verstärkenden Effekt empfindlicher auf die Düngung ansprechen als vor 60 Jahren oder die „modernen“ Dünger haben bei gleicher Menge des gedüngten Elementes einen größeren Effekt (vgl. 3.3).

6.3.14 pH-Werte

Änderungen der Bodenazidität können einen Einfluß auf die Reaktion der Vegetation haben, da Arten, die die neuen abiotischen Bedingungen tolerieren, weniger werden. Bei Aushagerung oder bestimmten⁷² Düngungen nehmen die pH-Werte ab (SCHIEFER 1983:51, THURSTON et al. 1976:1044).

LÜDI (1948:132) fand 1932 und 1933 in den Nardetumflächen pH-Werte zwischen 4,4 und 4,7. Weder verstärktes Mähen von Festucetum oder Nardetum-Rasen, Zusammenklopfen, Entfernung der Altrasen (mit oder ohne Umgraben, mit oder ohne Ansaat), oder mineralische NPKCa-Düngung ohne Kalk innerhalb 4-5 Jahren veränderten den pH-Wert wesentlich. Die im Laufe der Nutzung versauerten⁷³ Oberböden der Versuchsweide sollen allerdings durch Kalkung eine pH-Steigerung erfahren. Bei angesäten und gekalkten Flächen ändert sich der pH-Wert von 4 (1930) auf 6 (1984) resp. 4,6⁷⁴ bis max. 5,5⁷⁵ (DÄHLER 1984:157, HEGG 1984b:471ff). 1940 wurde andererseits gegenüber 1930 eine gleichmäßige pH-Erniedrigung um 0,2 p.a. festgestellt (LÜDI 1941b:22). 1984 wiesen die ungekalkten Flächen nach wie vor einen pH von 4,8 auf, obwohl andernorts der pH ungekalkter Flächen seit der industriellen Revolution von 6 auf 4,8 gefallen ist (vgl. HEGG 1984b:471ff., TILMAN et al. 1994:298). DÄHLER (1993:74) fand in NK-, PK- und NPK-Flächen eine Versauerung, die er auf Düngung zurückführt.

Werden von LÜDI (1948:132) ermittelte pH-Werte mit den neuen Werten (1994-95) zusammengeführt (s. Abbildung 138), kann man keine pH-Minderung in lange gemähten Nullflächen (von 1932 bis 1994) postulieren. Die Werte schwanken zwischen 4,4 und 4,8. Die Varianzanalyse der neuen Messungen zeigt, daß die Erhöhung des pH-Wertes im normalen Streubereich liegt. Für die alten Flächen lagen keine ausreichenden pH-Daten vor.

⁷² Ammoniumsulfat

⁷³ pH-Werte < 5 werden in der Literatur als „stark sauer“, bezeichnet. Werte < 4 schon als „sehr stark sauer“. PH-Wert hat Einfluß auf die Verfügbarkeit verschiedener Kationen im Boden. Das pH-Optimum des landwirtschaftlichen Ertrages ist sehr eng: Die Ertragskurve steigt erst bei ca. PH-5,7 über 75% an und erreicht bei pH 7 ein Optimum, um pH 8 wieder steil abzufallen (FINCK 1960:24ff.).

⁷⁴ P-, 0-, NPK-Flächen

⁷⁵ Manure

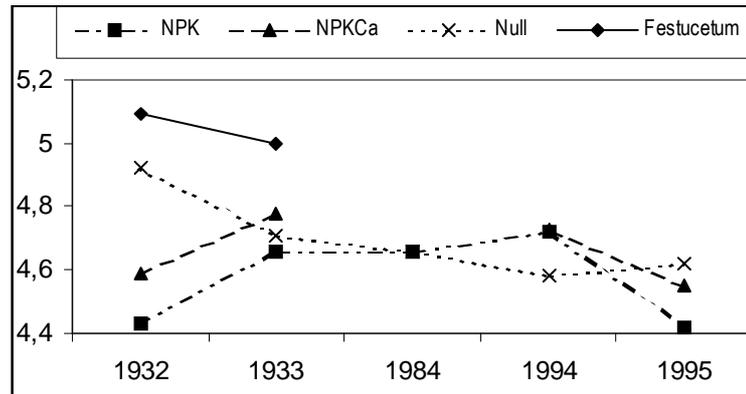


Abbildung 138: Entwicklung von pH-Werten in Borstgrasrasen und einem Festucetum bei unterschiedlichen Behandlungen, Flächen und Jahren

1932/33 nach LÜDI 1948:132, 1984 nach DÄHLER 1984:157, 1994/95 eigene Daten

Da sich der pH der neuen Flächen in drei Jahren nicht signifikant ändert und sich im Rahmen des Meßfehlers resp. der natürlichen Schwankung bewegen, wird davon ausgegangen, daß die Ca-Gabe zunächst abgepuffert wird. In alpinen Gebieten kann die verwitterungsbedingte Versauerung und Nährstoffverarmung auch durch Flugstaubnachlieferung in enormen Ausmaßen (bis zu 18.000 kg/Jahr/ha) gebremst werden (vgl. REISIGL und KELLER 1987:12, FRANZ 1979:177). Eine kurz- und langfristige Umwandlung der Flächen in ein Festucetum (pH 5) wird aufgrund der pH-Werte ausgeschlossen.

6.4 Wirkung der Düngung auf die Vegetation

N, P und K (letztere leicht löslich) verbessern als direkt wirkende Dünger die Ernährung durch Zuführung verfügbarer Nährstoffe. Ca wirkt indirekt über die Verbesserung des Substrates und illustriert den Effekt der Bodenazidität (vgl. JENELTEN und FELLER 1992:2351, FINCKH 1960:128, TILMAN et al. 1994:295f). Auf der Schynigen Platte reagieren *Nardus stricta*, *Gentiana kochiana* PERR ET SONG, *Gentiana purpurea* und *Deschampsia flexuosa* empfindlich auf Kalkung. Der Rasen bleibt niedrig (ca. 10 cm), ist aber sehr dicht. Azidophile Arten gehen stark zurück, *Geum montanum*, *Hieracium auricula*, *Campanula barbata* verschwinden. *Plantago alpina*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*, *Festuca rubra* und (etwas weniger stark) *Leontodon hispidus* und *Crepis aurea* nehmen zu (vgl. LÜDI 1941b:20, LÜDI 1936:643). Die populationsbiologischen Daten zeigen jedoch, daß die Arten in den ersten Jahren nach der Kalkung vor allem hinsichtlich der Längenzunahme der Blätter positiv reagieren. Möglicherweise ist dies ein erzwungenes Mitwachsen, das sich in den Folgejahren zur Erschöpfung führt.

Sofern nicht Mikroelemente im Minimum sind, hat NPKCa-Düngung auf sauren Böden wie der Versuchsweide eine deutliche Wirkung. Sie wirkt sich auf Zeigerwerte, Deckungsverhältnisse, Nutzungs- und Beweidungsintensität, Ertrag und Artenzusammensetzung /-zahl aus (vgl. jeweils dort). Bereits 1940 notiert LÜDI in seinen Tagebüchern die üppige Entwicklung der NPKCa-Flächen. Sie wird ohne Schaden von *Campanula barbata*, *Plantago alpina*, *Crepis aurea*, *Geum montana*, *Potentilla aurea* ertragen. Geschädigt werden hingegen *Vaccinien*, *Calluna spec.* und *Gentiana kochiana* PERR ET SONG. Die Dominanz der Futtergräser ist ausgeprägter, der Rasen lockerer und

Kräuter nehmen einen größeren Anteil ein als bei Stallmist-Düngung. Superphosphat (mit Ca) begünstigt v. a. *Festuca rubra*, *Campanula scheuchzeri* und Klee, Schmetterlingsblütler und *Crepis*-arten, schädigt *Nardus stricta* aber kaum (LÜDI 1959:6, LÜDI 1941b:19). Dennoch bleibt die Vegetation selbst in den NPKCa-Flächen hinsichtlich der Artenzusammensetzung immer noch einem Nardetum ähnlicher als dem Festucetum, wie die Fuzzy-Set-Ordinationen zeigen. Hinsichtlich der Artenzusammensetzung unterscheiden sich die Flächen andererseits zeitweise recht deutlich von den *beiden* definierten Endgesellschaften. Im Zusammenhang mit den Zugehörigkeitsdiagrammen bedeutet dies, daß die vorübergehende vegetationskundliche Nähe zum Festucetum in erster Linie von der großen Deckung charakteristischer Arten (in der Hauptsache *Festuca rubra*) verursacht wird, wohingegen diese Entwicklung der 5 Flächen recht unterschiedlich verläuft (Ähnlichkeit kaum mehr als 10 %). Einige Nardetumarten ertragen die kurzfristigen Auswirkungen der NPK-Düngung recht gut (*Plantago alpina*, *Campanula barbata*, *Geum montanum*, *Potentilla erecta*, *Carex pallescens*, LÜDI 1936:639). Die Rückentwicklung der untersuchten NPK-Flächen beginnt bereits nach 20 Jahren (vor dem Einsetzen der Beweidung). Sie fielen schon LÜDI durch eine auffallend magere Entwicklung auf, während die Ca- und NPKCa-Flächen noch üppig waren (LÜDI TB 1940). LÜDI (1959:5) und HEGG (1984b:470) zeigten im Einklang mit den Fuzzy-Set-Ordinationen, daß sich ohne Kalkzusatz nach Aufgabe der Düngung wieder Borstgrasgesellschaften ausbreiten, weil die Ca-Wirkung und damit einhergehend die Mobilisierung des Phosphates fehlt (vgl. auch STEIDL und RINGLER 1996:204). Die vorliegenden Ca-Daten sind zu wenig dicht, um dies bestätigen zu können.

Das Konzept der Nährstofflimitierung⁷⁶ muß für Pflanzengesellschaften in Frage gestellt werden, weil die Rückkopplung kompliziert ist. Nährstoffverfügbarkeit kann über Biomassenzunahme, Bodenproben, Düngeversuche und Blatt Nährstoffgehalte bestimmt werden (vgl. CHAPIN III et al. 1986b:50, OLFF und PEGTEL 1994:2, DICKINSON 1984:695, SHAVER und CHAPIN III 1986:265). An nährstoffarme Standorte adaptierte Pflanzen haben geringe maximale Wachstumsraten, und ihre Gesellschaften reagieren nicht immer deutlich auf Düngung. Die Reaktion ist klein, wenn alle Einzelindividuen wenig wachsen. Dies ist in der Versuchsweide nicht der Fall. Die deutliche Reaktion und Nährstofflimitierung weist die Versuchsweide als einen mittelmäßig nährstoffreichen Standort aus (vgl. 2.2 und 6.4.4ff.), weil ihre Arten ein großes Potential zur Reaktion auf Nährstoffgaben haben. Kurze Generationszeit und großer Selektionsdruck können schon nach 7-40 Jahren bei Düngung und Nutzungswechseln bei selbstinkompatiblen Arten zu genetischen Veränderungen führen. Deckungsänderungen nach Nutzungswechsel zeigen, welche Genotypen an Grasen oder an Heuen angepaßt sind. Obwohl selten genug Generationen untersucht werden, ist anzunehmen, daß kompatible Arten sich noch schneller anpassen. Dominante Arten und Arten weniger nährstoffarmer Standorte reagieren besser auf Streß, weil sie ein größeres genetisches Potential haben (vgl. MATTHIES et al. 1995:201, CHAPIN III 1981:1000, TILMAN et al. 1994:301f., DIAMOND 1986:9, THURSTON et al. 1976:1072, CHAPIN III et al. 1986:51). Dieser Effekt ist zu erkennen. Auf ausgesprochen mageren Standorten sind die Auswirkungen der Düngung wegen größerer Konkurrenzabstufungen noch deutlicher (vgl. CHAPIN III et al. 1986b:48ff, OLFF und PEGTEL 1994:2, BOWMAN 1994:268f., CAMPBELL und GRIME 1989:265, BRIEMLE 1986:426, ARENS 1989:232).

Die Reaktion wird von den Arten bestimmt, die das Gesellschaftsmuster dominieren (vgl. BOWMAN 1994:269). In der Versuchsweide können diese Arten an ihrer großen Deckungszunahme

⁷⁶ Definition: Man düngt, Wachstum nimmt zu (CHAPIN III et al. 1986:48)

von Arten wie *Festuca rubra* und *Argostis tenuis* erkannt werden, die die Nährstoffe monopolisieren. Die Vegetation hat sich in den Flächen direkt nach Ca-, NPKCa- und NPK-Düngung deutlich geändert, vor allem durch Änderungen bei *Nardus stricta* und *Festuca rubra*. Mit der Reaktion beider dominanter Arten ist auch die Reaktion der Gesellschaft auf Nährstoffarmut oder Düngung definiert. Die für nährstoffärmere Standorte typische dominante Art *Nardus stricta* reagiert auf Düngung zwar mehr als Arten nährstoffreicherer Standorte, wird jedoch bei Verbesserung von der konkurrenzkräftigen *Festuca rubra* auskonkurrenziert, denn Arten nährstoffreicher Standorte können ihr Wachstum an nährstoffarmen Standorten reduzieren und werden so von der Nachlieferung unabhängiger. Die alten Flächen entwickeln sich hinsichtlich der Deckungsverhältnisse besonders in den ersten Jahren deutlich positiv in der Reihenfolge (Ca, NPK, NPKCa). Wobei die Ca-Wirkung später einsetzt und die NPK-Wirkung bereits relativ früh wieder nachläßt. In den neuen Flächen waren hinsichtlich Artendynamik oder Ertrag bei NK- und PK-Düngung kaum Änderungen zu beobachten. Bei der P-Gabe fehlt offenbar der Kalk, der die Limitierungen durch Versauerung aufhebt, die Gabe von N führt bei den meisten Arten möglicherweise zu Vergiftungserscheinungen aufgrund des Überangebots. Die Kaligabe hat auf den Boden der Versuchsweide offenbar keinen Einfluß.

6.4.1 Wirkung der Düngung auf Einzelarten (populationsbiologische Auswertungen)

Es ist üblich, daß Ergebnisse von Einzelartuntersuchungen artspezifische Unterschiede zeigen, die sich auch nicht unbedingt mit denen der Gesamtvegetation decken. Produktion und Reaktion eines Pflanzenbestandes läßt sich nicht aus dem ökologischen Verhalten von Einzelpflanzen summieren (BRADSHAW et al. 1964:670, LERCH 1991:407). Auch in der Versuchsweide reagieren Einzelarten und Gesellschaft unterschiedlich auf Nährstofflimitierung, wie aus den Beobachtungen des Wachstums resp. der Nährstoffanalysen der vier resp. fünf Einzelarten folgt. Die typischen Anpassungen alpiner Arten (hohe Nähstoffkonzentrationen, Luxusaufnahme, um auch Nähstoffpulse aufzufangen, CHAMBERS et al. 1987:230) zeigen alle Arten, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. Die untersuchten Arten werden insgesamt bei Düngung meist leichter, die N-Konzentration steigt, während der Gehalt abnimmt. P-Konzentration und -Gehalt variieren je nach Art. N wirkt toxisch, P ausreichend bis zur Exzessaufnahme.

Offenbar erfolgte bei den Pflanzen in der Versuchsweide keine direkte Anpassung an die Nutzungsänderungen (vgl. 6.4), denn die Reaktion auf die Düngung 1932 entsprach im allgemeinen der Reaktion 1994. Keine der populationsbiologisch untersuchten Arten (mit Ausnahme der 1930 subdominanten *Arnica montana*, vgl. LÜDI 1959:2) ist zu Beginn oder Ende der Untersuchungen dominant. Andererseits nimmt *Arnica montana* in der gesamten Weide an Präsenz ab, während *Gentiana purpurea* zunimmt. Die Wachstumsantwort von *Geum montanum* zeigt deutliche Reaktionen bei Düngung kombinierter Nährstoffe. NPKCa-Düngung scheint jedoch wenig Wirkung auf die Blattzahl zu haben. Eine Reduktion von Blattlänge und -zahl wird deutlich bei der N-Düngung induziert. Die „guten Futterpflanzen“ *Leontodon helveticus* und *Campanula scheuchzeri* haben 1989 und 1997 in NPKCa- und NPK-gedüngten Flächen eine sehr hohe Deckung, während die Stetigkeit bei *Leontodon helveticus* etwas zurückgeht. Offenbar werden die Arten durch die Zunahme von mahdoleranten Arten verdrängt. Alle untersuchten Arten scheinen weniger gute Futterpflanzen als *Festuca rubra* zu sein. *Festuca rubra* scheint in den gedüngten Flächen vornehmlich abgeweidet zu werden und sorgt so für wieder ausreichende (Licht-) Verhältnisse für die untersuchten Arten.

Campanula barbata und *Geum montanum* werden eher durch Ca-Düngung reduziert; *Arnica montana* scheint nur durch NPKCa-Düngung dauerhaft reduziert zu werden. *Geum montanum*, *Campanula barbata*, *Leontodon helveticus*, *Gentiana purpurea* werden offensichtlich nicht gefressen, da sie durch Beweidung nicht reduziert oder gefördert werden. *Arnica montana* und *Campanula barbata* werden durch Mahd eher gefördert. *Gentiana purpurea* nimmt insgesamt zu und wird durch Düngungs- und Nutzungswechsel weniger beeinflusst. Auch die Deckung von *Leontodon helveticus* und *Campanula scheuchzeri* steigt an.

Geringe Reaktionen auf die Düngung von N und NK zeigen, daß für die untersuchten Arten des Nardetums N nicht im Mangel, sondern eher im Überschuß vorhanden ist. Besonders die Düngungen N und PK zeigen Reduktionen in Blattlänge und -zahl und zeigen damit, daß wahrscheinlich Konkurrenzeffekte ausgeschlossen werden können, denn die Gesamtvegetation hat sich in diesen Flächen nur unwesentlich verändert. Weder Biomasse noch Gehalt der untersuchten Arten reagieren signifikant unterschiedlich. Möglicherweise heben sich die Einflüsse auf, denn sowohl das Blattgewicht als auch die Konzentrationen zeigen deutliche Variationen. Die N-Konzentration erhöht sich nur bei *Arnica montana* bei der NK-Düngung signifikant gegenüber Null. Es ist möglich, daß die gemessene Längenzunahme der Blätter bei den meisten Arten mit einer Reduktion der Blattzahl einhergeht. Offenbar werden die Arten durch die Verdichtung der canopy trotz ihrer Empfindlichkeit auf die Nährstoffgaben dazu gezwungen, wenn sie weiterhin im Licht bleiben wollen. Dies erklärt auch, warum bei Ca-Düngung erst im zweiten Jahr verstärktes Längenwachstum zu beobachten ist (*Arnica montana*). Düngungen mit N, NK und PK reduzieren die Blattlänge dagegen direkt (*Campanula barbata*, *Gentiana purpurea*). Bei den empfindlichen Arten führt das verstärkte Längenwachstum zu einer Reduktion der Blattzahl (v.a. *Arnica montana*). Arten, die positiv auf Düngung ansprechen, reagieren mit Zunahme der Länge und Zahl. 1995 waren die Unterschiede in den Nullflächen größer als 1996, was an den Aufnahmezeitpunkten gelegen haben kann. Alle untersuchten Arten bildeten im Laufe des Sommers neue Blätter, während alte abstarben. Mißt man zu einem Zeitpunkt, an denen das alte Blatt bereits so chlorotisch ist, daß ein neues längstes Blatt ausgewählt werden muß, äußert sich dies in einem deutlichen Sprung in Blattlänge und möglicherweise auch -zahl. Dies ist deutlich bei *Geum montanum*, und vor allem bei *Gentiana purpurea*, da hier immer ein Blattpaar betroffen ist. Die Ergebnisse der ANOVA stützen diese Erkenntnisse: Die Blattzahl variiert bei den einzelnen Arten zu keinem Zeitpunkt und bei keiner Behandlung signifikant. Dafür zeigt die Veränderung der Blattlänge Unterschiede, die sich mit den Ergebnissen der Blatt Nährstoffanalysen decken, ohne das letztere besonders viele Signifikanzen aufweisen (vgl. 10.14). Unterschiede in der Art des Wachstums können möglicherweise durch die Probenahme nicht erfaßt werden: Durch die Längenmessungen wird vornehmlich das Streckungswachstum erfaßt, das aber nicht unbedingt mit dem Produktwachstum (Zunahme an Trockensubstanz) einhergeht (FINCK 1982:15). Auch daher unterscheiden sich die Veränderungen in Blattlänge und -gewicht. Die Ergebnisse der populationsbiologischen Messungen lassen sich mit denen der Blattanalyse in Einklang bringen. Allerdings könnten sie für sich allein zu Fehlschlüssen führen. Das kurzfristige Wachstum überlagert die durch die Blattanalyse entdeckten Empfindlichkeiten gegenüber der Nährstoffgabe, durch das Streben zum Licht.

6.4.2 Wirkung der Düngung auf Einzelarten (Blattanalysen)

Viele alpine Arten reagieren aufgrund inhärenter Wachstumsgrenzen empfindlich auf Änderungen der natürlichen Bedingungen. Sie tolerieren nur wenig Stickstoff. Für *Deschampsia flexuosa* liegt das Nährstoffmaximum bei ca. 10 mg/l N; *Nardus stricta* reagiert nur wenig bis zu einem Level von 27 mg/l N, zeigt aber oberhalb dessen eine starke Depression im Wachstum. Pflanzenverfügbares P (P_2O_5) wird von typischen Magerrasenarten maximal bis ca. 7mg/100g (0,07 %) im Boden toleriert. Für *Arnica*-Standorte gilt ein Durchschnittswert von 2,26 mg/100g. Mehr als 0,6 mM Phosphat führt bei *Arnica montana* zu Nekrose, während ein N-Angebot von 0,1-1 mM vertragen wird (vgl. 4.13.3, vgl. HAAG 1974:103, KÖRNER 1989:379, HACKETT 1965:331, BRADSHAW et al. 1964:674, STEIDL und RINGLER 1996:133, STEIDL und RINGLER 1996:34, PEARSON und STEWART 1993:288, JENELTEN und FELLER 1992:2351).

Die P-Konzentrationen von ungedüngten *Arnica montana*-Pflanzen liegen mit 1,5% etwas über Vergleichswerten von der Schynigen Platte (1,1 %, GIGON et al. 1986:12). *Leontodon helveticus*- und *Geum montanum*-Pflanzen liegen in dem Bereich, der auch für andere Alpweiden gefunden wurden (1,9 resp. 1,3 % vs. 2,0 resp. 1,8 %), aber die von *Campanula barbata* liegen mit 1,5 % deutlich darunter (3,8 %) und zeigen so vielleicht die Gründe des deutlichen P-Mangels (vgl. SCHUBIGER et al. 1998:288). Die bereits in den ungedüngten Arnicapflanzen hohen N- Konzentrationen (1,6 % vs. 1,4 %) sind vielleicht ein Grund für die beobachtete Empfindlichkeit gegenüber N-Düngung (vgl. Tabelle 98).

Die Blattnährstoffanalysen zeigen Empfindlichkeiten und Nährstofftoleranzen der untersuchten Arten bei unterschiedlichem Nährstoffangebot über Toleranz bis zur Toxizität. Dies zeigt, daß der Stickstoff auf Arten der Nardetalia in der Versuchswaide nicht generell limitierend, sondern vor allem bei *Arnica montana* eher toxisch wirkt. Empfindlich auf Phosphat allgemein reagieren auf der Versuchswaide *Nardus stricta*, *Potentilla erecta*, *Gentiana purpurea*, *Carex pallescens* und *Arnica montana* (LÜDI 1941b:20). Besonders auffällig war bei den Untersuchungen die deutlich negative Reaktion von *Campanula barbata*, während die anderen drei Arten eher Phosphatmangel anzeigen.

Die Reaktionen der Arten weisen auf die mangelnde Verfügbarkeit des Phosphates hin. Dies widerspricht nur scheinbar der geringen Reaktion der gesamten Vegetation auf die PK-Düngung, da einerseits die Löslichkeit des gebundenen Phosphates gering ist, andererseits P schnell festgelegt wird (vgl. 6.4.4). Die deutlichen Auswirkungen der Düngungen mit NPK resp. Ca und NPKCa resultieren vermutlich aus der steigenden Verfügbarkeit des Phosphates, ohne eine Mehraufnahme von N zu erzwingen. Eine Düngung mit PKCa hätte diese Annahme stützen können.

Die Reaktionen von *Arnica montana* zeigen, daß ein Stickstoffmangel tendenziell auftaucht, wenn die Düngung Kalk enthält. Bei PK-Düngung wird N sogar im Gewebe verdünnt. Düngung, die vor allem Stickstoff enthält, wird weniger gut vertragen. Insgesamt ist auffällig, daß NK-Düngung schädlicher wirkt als N allein. Die P-Analysen zeigen, daß NPK und NPKCa zur Luxusaufnahme von P führen, während vor allem NPK offenbar zu viel N enthält. Wahrscheinlich ist *Arnica montana* eher phosphatlimitiert. Dieses wird offenbar auch durch Kalkung etwas besser verfügbar. Das Wachstum übertrifft 1996 bei der Ca-Düngung zunächst auch die Reaktionen auf NPKCa und NPK. Der P-Mangel kann durch PK-Düngung allein kaum behoben werden, wie die Wachstumsantworten zeigen.

Zu hohe Ca-Konzentration verhindert aber auch die Akkumulation anderer Kationen. Wird Kalk durch Nährstoffgaben ergänzt, zeigt *Arnica montana* weiterhin bezüglich P Limitierung an. Düngung ohne P führt zu Vergiftungserscheinungen mit N.

Campanula barbata scheint grundsätzlich eher N-Mangel zu leiden. Die Art ist acidophil, erträgt NPK-Düngung recht gut, bei Kalkung verschwindet sie (LÜDI 1936:639ff.). *Campanula barbata* reagierte auf die stärkeren Düngungen (NPK, NPKCa und Kalkung) mit einem Abfall der Stickstoffkonzentration bei einer Zunahme von Pflanzengewicht und Nährstoffgehalt. Dies läßt darauf schließen, daß die durch diese Düngungen direkt und indirekt bereitgestellte Menge an P für das zusätzliche Wachstum verantwortlich ist, während die N-Aufnahme nicht weiter steigt. Düngungen, die P enthalten, kommt es zur toxischen Aufnahme eines Antagonisten. Daß dies P sein kann, zeigen die P-Analysen, die tatsächlich auf eine P-Aufnahme bei Düngungen mit P im toxischen Bereich hinweisen. Eine Steigerung der P-Verfügbarkeit durch Kalkung scheint für *Campanula barbata* nicht relevant zu sein, während es bei NPKCa-Düngung sogar zu P-Mangelerscheinungen kommt. Die Wachstumsantworten zeigen übereinstimmend eine Reduktion der Blattlänge bei PK-Düngung, während Ca- und mehr noch NPKCa-Düngung zu verstärktem Längenwachstum führt. Die Blattzahl ist bei *Campanula barbata* vergleichsweise konstant.

Geum montanum reagiert positiv auf P, indifferent auf andere Dünger. Die Art ist acidophil, reagiert auf Düngung mit Kalkkarbonat mit Chlorose, erträgt aber NPK-Düngung gut (LÜDI 1941a:19, LÜDI 1936:639ff.). GIGON (1971:83) gibt an, die Art auch bei pH 6,5-6,8 gefunden zu haben. *Geum montanum* zeigt bei N- und NK-Düngung leichte Vergiftungserscheinungen, während die Düngungen mit P resp. Ca auf vorherigen N-Mangel hinweisen. Die Aufnahme von mehr N muß bei dieser Art also mit einem ausreichenden Angebot an den anderen Nährstoffen verbunden sein. Das Gewicht der Pflanzen nimmt bei N-reichen Düngungen nicht zu. Aufgrund der geringen Auswirkungen der N und NK-Düngung kann es sich hierbei nicht um Unterdrückung durch Konkurrenz, sondern nur im direkte Schädigung handeln. Düngungen mit P zeigen tatsächlich auch P-Limitierung. Die Aufnahme von P wird bei Düngung von N und NK durch die Aufnahme eines Antagonisten (offenbar N) erschwert. Für *Geum montanum* scheinen beide Nährstoffe gemeinsam im Mangel zu sein.

Leontodon helveticus zeigt als gute Futterpflanze eine positive Reaktion auf Dünger und die Fähigkeit, einen Überschuß an N zu tolerieren. Durch zu hohes N-Angebot wird die Aufnahme von P möglicherweise jedoch gebremst. *Leontodon helveticus* zeigt Limitierung resp. Verdünnung bei allen Düngungen. Das zusätzliche Angebot von P in den Düngungen PK und NPKCa- scheint den durch N-Überschuß hervorgerufenen Verdünnungseffekt aufzuheben. Möglicherweise resultiert der Verdünnungseffekt bei der Art aus der Notwendigkeit, mit dem vermehrten Wachstum der canopy mitzuhalten. Die Blätter waren in diesen Behandlungen sehr lang und schlank. Die Art braucht offenbar verstärkt P, kommt aber mit N-Gaben gut zurecht. Reine N-Düngung scheint aber die Aufnahme von ausreichend P zu hemmen. Die Wachstumsantwort zeigt deutliche positive Reaktionen hinsichtlich Blattzahl und -länge.

Insgesamt weisen die Reaktionen aller vier untersuchten Arten auf die unzureichende Verfügbarkeit des Phosphates und des Stickstoffes in der Versuchswaide hin, wobei der Stickstoff eher im Überangebot vorliegen kann, während ein Überschuß an P zu Luxusversorgung ohne Wachstumseinbußen führt. Vor allem bei Düngungen ohne Kalk wird mit Vergiftungsanzeichen reagiert. NK-Düngung wirkt bisweilen schädlicher als N allein, was durch den hohen Mg-Gehalt in

den Böden der Schynigen Platte am K-Mg oder K-Ca Antagonismus liegen kann (vgl. LÜDI 1948:120, FINCK 1991:121). Auch für PK-Düngung kann dieser Effekt angenommen werden. Eine Überprüfung anhand von K-Flächen wäre interessant.

Die Nährstoffverteilung innerhalb einzelner Pflanzen ist unterschiedlich. Die normale jährliche Variation verursacht bisweilen größere Schwankungen als viele Manipulationen. Alpine Pflanzen haben typischerweise trotz geringerem N-Angebot hohe Nährstoffkonzentrationen⁷⁷ aufgrund geringerer Biomasse in den Blättern und/oder von höherem Bedarf, um bei tiefem CO₂ Partialdruck aufgrund der Kälte die Photosynthese aufrecht zu erhalten. Es bestehen artspezifische Unterschiede. *Gentiana purpurea*, die auf Düngung positiver reagiert als *Arnica montana* und *Nardus stricta*, verfügt über geringere Nährstoffgehalte. Dies wird aufgrund entwicklungsbedingter Wachstumslimite kontrolliert (vgl. CHAPIN III und BLOOM 1976:111, BOWMAN 1994:267, GIGON et al. 1986:12, MORECROFT et al. 1992, CHAPIN III et al. 1975:223, KÖRNER UND RENHARDT 1987:117). Leider liegen für *Gentiana purpurea* aus den vorliegenden Untersuchungen keine Analysen vor, in ungedüngten Flächen enthält die Art ca. 0,6 % N und 0,04 % P (GIGON et al. 1986:12). Es wäre wünschenswert, auch noch diese Art zu untersuchen, zumal die Unterschiede in den Blattgewichten bei dieser Art am deutlichsten waren (vgl. 4.13.8).

Wie kann erklärt werden, daß die untersuchten Arten auf die Gabe von saurem Ammonsulfat mit Vergiftungserscheinungen reagieren? In sauren und kalten Standorten wie dem Nardetum entsteht auch bei Nitraddüngung ausreichend Ammonium, um Nitratpflanzen zu verdrängen. Je schneller eine Art wächst, desto eher braucht sie Nitrat-N, jedoch ist im subalpinen Bereich die Form der Stickstoffernährung nicht ausschlaggebend für die Artenzusammensetzung (vgl. GIGON 1971:122ff., PEARSON und STEWART 1993:283, HASELWANDTER et al. 1983:352, GIGON und RORISON 1971:93ff., BOWLER und PRESS 1996:391, RORISON 1987:81). Also ist nicht vorrangig der Versauerungseffekt verantwortlich, denn die Wirkung von neutralem Ammonnitrat auf die gesamte Vegetation war nicht besser als mit Ammonsulfat, wobei letzteres als Alleindünger vor allem *Nardus stricta* förderte, während die Art oberhalb eines kritischen Levels (27 mg/N/l) Depressionen im Wachstum zeigt (LÜDI 1941a:19, 1941b:22, LÜDI 1959:6f., BRADSHAW et al. 1964:674). Nebenwirkungen von N-Düngern können direkte Salzschäden sein, die auch in der Versuchsweide nicht ausgeschlossen werden können (FINCK 1998:53). Die Giftigkeit von Ammonium selbst vor allem liegt darin, das Ionengleichgewicht (pH-Werte in der Zelle) zu stören, als Elektronenakzeptor zu wirken (Auswirkungen auf die Atmung und die Photosynthese durch Entkopplung der Photophosphorylierung) und allfällige Gleichgewichte in Nitrat/Ammoniumaufnahme zu stören (PEARSON und STEWART 1993:288f., MENGEL 1991:309). Chlorotische Veränderungen bei *Arnica montana* und *Campanula barbata* bestätigen diesen Verdacht (vgl. WEYEL 1989:8, PEGTEL 1994:109, BOMME et al. 1991, KRAUTZER 1995:14f., CHAPIN III et al. 1986:55).

Die Vergesellschaftung mit Pilzen kann in alpinen Arten die Nährstoffgehalte signifikant steigern, während das Ausbleiben von Wachstumsantworten auch durch den C-Entzug durch den Pilz hervorgerufen werden kann. Möglicherweise sind die Mykorrhizapilze indirekt für die Kalk- und Düngerfeindlichkeit alpiner Arten mitverantwortlich. Zum einen nimmt die Infektionsrate mit

⁷⁷ Auf die Trockensubstanz bezogen sind die Blätter von Gebirgspflanzen mit mehr Stickstoff (2,8 % vs. 2,4 %) und mit signifikant mehr Phosphat (+50 %)

steigender Meereshöhe ab, außerdem kann das sensible Symbiosegleichgewicht durch erhöhtes N- (und P-) Angebot empfindlich gestört werden, obwohl auch hier Anpassungserscheinungen beobachtet wurden (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:43, HASELWANDTER und READ 1982:352ff., JOHNSON et al. 1980:288, EGLOFF 1987:477, LÜDI 1941a:20, DÄHLER 1993, JENELTEN und FELLER 1992:2351, STEIDL und RINGLER 1996:43, BÜRGER-ARNDT 1994:16, FENNEMA 1992:325).

Die Reaktionen der Einzelarten entsprechen nicht der Reaktion der gesamten Vegetation (vgl. 6.4). Dies zeigt sich auch im Vergleich mit den von LÜDI ermittelten Nährstoffgehalten der Gesamtvegetation unterschiedlich gedüngter Flächen (vgl. Tabelle 99). Die N-Konzentrationen von *Leontodon helveticus* liegen deutlich über den anderen Werten, die von *Geum montanum* darunter. Bei Düngungen mit N, NK und NPK liegen die Werte der Einzelpflanzen über denen der Gesamtvegetation. Die P-Konzentration des Gesamtaufwuchses wird dagegen noch nicht einmal von *Leontodon helveticus* erreicht. Sie liegt in den PK-, NPK- und NPKCa-Flächen am höchsten (vgl. Tabelle 97).

Die Ergebnisse der Blattanalysen ergaben nur wenige signifikante Änderungen. Die gefundenen Unterschiede waren bei den N-Analysen nur hinsichtlich der Konzentrationen in *Arnica montana*, bei den P-Analysen hingegen für die Konzentrationen der drei anderen Arten signifikant (vgl. 10.14). Daher können die Analysen nur Trends zeigen, die aber schlüssig sind. Vielleicht reagieren die Arten sehr elastisch auf die Düngung, so daß erst stärkere Düngung zu signifikanteren Auswirkungen führt. Vielleicht fand tatsächlich keine ausreichend eindeutige Veränderung statt. Da erst die populationsbiologischen Messungen und die Vegetationsaufnahmen abgeschlossen werden mußten, konnten die analysierten Arten erst (zu?) spät (15.8.96) geerntet werden. Die Nährstoffe werden zum Ende der Vegetationsperiode aus den Blättern in den Boden verlagert (vgl. CHAPIN III et al. 1975:223, CHAPIN und BLOOM 1976:111, HAUNOLD und GLUDOVATZ 1977:57ff., WARING et al 1985:157ff.). Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden bei allen Arten nur die (nicht-chlorotischen) Blätter analysiert. Die beschriebenen signifikanten Änderungen bei den Blattlängen treten besonders in der Mitte der Vegetationsperiode auf und nivellieren sich zum Ende des Sommers, möglicherweise waren bereits Nährstoffe umgelagert, weshalb nur wenig signifikante Unterschiede in den Konzentrationen gefunden wurden. Da aber alle Pflanzen am selben Tag gesammelt wurden, werden die relativen Beziehungen der Nährstoffgehalte nicht beeinträchtigt.

Die Änderungen im Nährstoffgehalt führen auch zu unterschiedlicher Schmackhaftigkeit (vgl. 6.5). Besonders *Campanula barbata* kann mit einem Rohproteingehalt von 140 g/kg TS (NEL⁷⁸: 6,8 MJ/kg TS) bereits in ungedüngten Flächen als schmackhaft gelten, ebenso wie *Leontodon helveticus* (104 g/kg TS, 6 MJ/kg TS) und *Geum montanum* (100 g/kg TS, 4,7 MJ/kg TS, SCHUBIGER et al. 1998:287). Die NEL-Werte für weitere Arten der Magerrasen (*Nardus stricta*: 4,7 MJ/kg TS, *Geum montanum*: 4,7 MJ/kg TS) liegen unter denen der wertvollen Gräser (6,5 MJ/kg TS) oder des leguminosenreichen Grünlandes (5,8-6,7 MJ/kg TS, vgl. SCHUBIGER et al. 1998:245ff, SCHUBIGER et al. 1998:285ff.).

Insgesamt ist ein Antagonismus bei der P-Aufnahme fast 3x häufiger als bei der N-Aufnahme. Beide Nährstoffe waren in ca. 1/3 der Fälle limitierend, wobei genausooft N nicht der limitierende

ausgestattet. Bezogen auf die Photosyntheseleistung sind das 34 % mehr N und 2/3 mehr P (KÖRNER 1989:379).

⁷⁸ NEL (Netto Energie Laktation, in MJ/kg TS) ergibt sich aus VOS (Verdauliche organische Substanz) und dem Rohproteingehalt (SCHUBIGER ET AL. 1996:287).

Faktor war und nie in ausreichender Menge zur Verfügung stand, und sogar jedes fünfte Mal toxisch wirkte. Die P-Versorgung war demgegenüber in 4% der Fälle ausreichend gewesen, während es seltener toxisch wirkte (s. Tabelle 51).

Tabelle 51: Auswirkungen der Nährstoffgabe auf die Reaktionen der untersuchten Arten

	N	P
Antagonismus	8	21
Limitierung	33	38
Nichtlimitierend	29	4
Nichttoxisch	8	21
Toxisch	21	13
optimale Versorgung	0	4

Häufigkeit der Diagnose in %, vgl. Verhältnis N/P =x:1
Tabelle 101

6.4.3 N/P-Verhältnis

Niedrige N/P-Verhältnisse im Boden führen zu höherer Deckung der Leguminosen und niedrigerer relativer Deckung der Gräser. Das in der Versuchsweide ausgebrachte Verhältnis betrug 4, dasjenige im Boden ca. 3,6-2,5 (LÜDI 1948:121ff.). Die Verhältnisse in den Blättern variierten um ein Vielfaches. Gutes Wachstum ist innerhalb einer weiten Spanne (4 – 12) gewährleistet. Wie auch die Daten der Versuchsweide zeigen, kann das N/P-Verhältnis in alpinen Pflanzen sogar noch höher sein (vgl. TILMAN et al. 1994:295, BOWMAN 1994:269, WILLEMS et al. 1993:203). Wie die Blattanalysen zeigten, kann Düngung von P oder N eine Abweichung vom idealen Verhältnis bedingen und je nach Art zu einer Wachstumsreduzierung, zu einer schädlichen Aufnahme eines anderen Nährstoffes (Antagonismus) oder zu Vergiftungserscheinungen führen. Je ärmer der Boden an verfügbarem (!) Phosphat ist, desto schneller kann eine N-Düngung das Wachstum hemmen, wenn der Toleranzbereich einer Art sehr klein ist. Die P-Absorption in einem P-reichen Boden wie in der Versuchsweide kann durch N-Düngung reduziert werden, ohne das N/P-Verhältnis zu verändern (VAN GOOR 1953:32ff.). N-Düngung kann so auch bei N-empfindlichen Arten wie *Campanula barbata* oder *Arnica montana* das Wachstum steigern. Besonders *Campanula barbata* scheint Probleme bei Änderungen im Angebotsverhältnis zu haben. Die N/P-Ratios variieren bei den verschiedenen Düngungen bei den beobachteten Pflanzen beachtlich, was einen wesentlichen Anteil an Luxusversorgung zeigt und in Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen ist (vgl. BOWMAN 1994:269). Eine N/P-Kolimitierung liegt vor, wenn ein zunehmendes Wachstum infolge Düngung (P) *nicht* in einer Verdünnung des anderen Nährstoffes (N) resultiert. Dies ist zum Beispiel bei *Leontodon helveticus* der Fall, nicht aber bei *Arnica montana* (PK-Düngung, vgl. BOWMAN 1994:269). Vor allem die Düngungen mit P senken das Verhältnis deutlich. Die Abweichungen im N/P-Verhältnis sind am größten bei *Leontodon helveticus* (bei N und NK), einer Art, die durch die Düngungen durchweg positiv beeinflusst wurde. Daß die Ca-Düngung das N/P-Verhältnis in Bezug zu Null senkt, zeigt eine Mobilisierung des Phosphates (vgl. 6.4.4.2). Ein Antagonismus (N/P oder mit K) in den untersuchten Arten (außer bei *Leontodon helveticus*) ist vor allem bei den Düngungen NK- und PK anzunehmen.

6.4.4 Nährstoffgehalt in den Böden der Schynigen Platte

Zwischen dem Gehalt an organischer Substanz und dem organisch gebundenen Nährstoff besteht ein vom biologischen Bodenzustand abhängiger Zusammenhang. Moderate Düngung kann Nährstoffe

durch anorganische Adsorption und chemische Lösung immobilisieren und daher weniger effektiv sein oder nährstoffarme Standorte generell unfruchtbar machen, aber auch Nährstoffverluste verhindern. Die Bodenanalysen LÜDIS zeigen neben hohen N- und Fe-Gehalten sehr hohe Phosphatwerte des Bodens (s. Tabelle 52).

Tabelle 52: Elementgehalte im Boden der Schynigen Platte verglichen mit Durchschnittsangaben in %

Nährelement	Ionenform	Häufige Gehalte im Boden	Nardetum (2-7cm)	Nardetum (20-25 cm)	Urteil	Einordnung
Ca	Ca ⁺⁺ resp. CaO	0,2-1,5	0,27	0,11	Gut-wenig	
N	NO ₃ ⁻ resp. NH ₄ ⁺	0,03-0,3	0,77	0,25	Viel	
P	H ₂ PO ₄ ⁻	0,01-0,1	0,21	0,10	Viel	0,1 % = gut, 0,15 % = reich*
C			7	2,5		
K	K ⁺	0,2-3,0	0,22	0,22	gut	0,2-0,4 % =gut*
Mg	Mg ⁺⁺	0,1-1,0	0,64	0,90	Viel	
Fe/Al	Fe ⁺⁺ /Fe ⁺⁺⁺ resp. Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	0,5-4,0	10,77	12,4	Viel	
Verhältnis	Mg/Ca		1:0,45	1:0,11	Sehr ungünstig	Mg > Ca = ungünstig Ca:Mg < 7 = optimal**
Verhältnis	Phosphorsäure/ Sesquioxide		ca. 1:30-1:50	1:125	Ungünstig	1:40-1:60 als günstig > 1:90 ungünstig für Ausnützung von Phosphorsäure*
Verhältnis	C/N		9	10	Normal	10:1 → "normal" * > 25:1 → gehemmter Abbau < 20:1 → Freisetzung von N***
Quelle		SCHROEDER 1983:137	LÜDI 1948:116ff.	LÜDI 1948:116ff.		*LÜDI 1948:121f. **LIEBEROTH 1969:220 ***LIEBEROTH 1969:43

Im allgemeinen ist die Aufnahmefähigkeit von K, P und Fe bei saurer Bodenreaktion gut. Während Kali sehr stark gebunden wird, werden erstere jedoch leicht ausgewaschen. Bei Magerrasen besteht keine direkte Beziehung zwischen Phosphorsäure- und Kaliumgehalten des Bodens und dem Ertrag. K, Ca, Mg-Gehalte im Boden von Magerrasen betragen einen Bruchteil (1/5) der Werte gedüngter Fettwiesen. Das Mg/Ca-Verhältnis ist ausschlaggebend für Limitierungen und generelle Unfruchtbarkeit, wenn der Boden wie hier mehr Mg als Ca enthält. Andererseits ist Mg auf sauren Böden oft im Minimum (LARCHER 1984:238). Eine Verbesserung des Mg/Ca-Verhältnisses kann ein Grund für die gute Wirksamkeit Ca-haltiger Dünger sein, denn die Ausnutzbarkeit des Phosphates wird entscheidend vom Ca-Angebot bestimmt. Der Boden kann vor allem an der Oberfläche als sehr stickstoffreich (> 0.3 %) angesprochen werden, wenngleich die Analyse mit Salzsäure nichts über den pflanzenverfügbaren N-Gehalt aussagt. Das C/N-Verhältnis (9-10) weist jedoch auf gute Verfügbarkeit hin, da bei einem C/N von 10:1 Auf- und Abbau organischer Substanz im Gleichgewicht liegen. Das C/P-Verhältnis liegt bei ertragsreichen Böden meist unter 100 (Schwarzerden um 10), kann in Podsolen aber auf > 1000 steigen. Als Reifezustand in der Versuchsweide gibt LÜDI den Eisenpodsol an, was ein hohes C/P-Verhältnis vermuten läßt. Aber es ist mit 25-33 eher niedrig, wahrscheinlich, weil die Bodenbildung noch nicht abgeschlossen ist. Es ist nicht sicher, ob die Bodenreifung bis zu diesem Endpunkt führt, da die feinerdigen, elektrolythaltigen Böden des Alpengartens dem Eindringen von Wasser einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen, so daß ein Großteil des Regenwassers in den obersten Bodenschichten abfließt und die Auslaugung

(v. a. der Eisen und Aluminiumhydroxide, jedoch nicht der Ca-Ionen) nur wenig in die Tiefe geht (vgl. 6.1.8). Die Trockensubstanz eines Nardetums zeigt oft relativ hohe Anteile an P in lebender und toter Biomasse in Zusammenhang mit sehr hohen P/C und K/C-Werten im Boden (LÜDI 1948:74ff., REISIGL und KELLER 1987:12, SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1984:98f., STEIDL und RINGLER 1996:133, SCHIEFER 1983:51, LIEBEROTH 1969:215, CHAPIN III et al. 1986b:48f., REHDER 1976:414f.).

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen erklären die Reaktionen der Vegetation zufriedenstellend, da angenommen wird, daß sich die Verhältnisse, vor allem in den neuen Flächen, nur unwesentlich verändert haben.

6.4.4.1 Stickstofflimitierung in den Böden der Schynigen Platte?

Kann aus den Ergebnissen auf eine Stickstofflimitierung geschlossen werden? In Nardeten liegt das N_{\min} Angebot bei ca. 20-37 kg N/ha/y (mit einer Spanne von 10 und 95 kg/ha/y). 1-2 % des organisch gebundenen Stickstoffs mineralisieren in einem Jahr wieder. Die jährliche Produktion von oberirdischer Biomasse liegt dann bei ca. 3t/ha, in der Versuchsweide ist dieser Wert etwas niedriger. Bei einem N-Gehalt der oberirdischen Pflanzenmasse von ca. 1,7 % N entspricht dies einem Angebot von gut 50 kg N/ha. Dies liegt gemessen an der gefundenen Produktivität sehr niedrig. Möglicherweise erhält die Vegetation zusätzliche symbiotische N-Zufuhr; baut relativ mehr N in die Wurzeln ein (total N unterirdischer Phytomasse beträgt ca. 200 % der oberirdischen) oder hat einen ausgeprägten inneren N-Kreislauf bei den dominierenden Gräsern und Seggen mit basalen Speicherorganen. Möglich wäre schließlich auch eine unzureichende Erfassung (vgl. ELLENBERG 1977:9, REHDER 1971:765, SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1984:229, REHDER 1976:414f.).

Für die neuen Flächen wurden die Elementgehalte der auf kg/ha umgerechneten mittleren Werte des gesamten Aufwuchses der 6 1 m² Flächen näherungsweise ermittelt, indem die Biomasse von 1994-1996 mit den 1945 von LÜDI analysierten Werten (mittlere Spalte, Quelle: TB 1945) verrechnet wurden (s. Tabelle 53).

Tabelle 53: Errechneter N-Gehalt der Gesamtbiomasse in den neuen Flächen

	kg/ha 1994	kg/ha 1995	kg/ha 1996	%N in Biomasse	kg/ha 1994	kg/ha 1995	kg/ha 1996
O	1819	1181	3222	2	36	24	64
N	1585	1743	3750	1,7	27	30	64
NK	1797	2197	4579	1,6	29	35	73
PK	1444	1371	2798	1,6	23	22	45
NPK	2040	2977	6006	1,5	31	45	90
Ca	1748	1835	5136	1,8	31	33	92
NPKCa	2399	3388	7252	1,7	41	58	123

* durchschnittliche Biomasse aus allen 6 neuen Flächen in den Jahren 1994-96

** errechnet aus dem von LÜDI 1945 gemessenen Rohproteingehalt des gesamten Aufwuchses in entsprechend gedüngten Flächen (Rohprotein = N-Gehalt *6,25 nach FINCK 1989:389)

Das N-Angebot in der Versuchsweide ist demnach, besonders nach der Düngung mit Ca, hoch. Auffallend gering ist die Zunahme des N-Gehaltes in den PK-Flächen. Gegenüber 1994 befand sich 1996 mehr N in der Biomasse als gedüngt wurde. Eine Limitierung ist wahrscheinlich.

6.4.4.2 Phosphorlimitierung in den Böden der Schynigen Platte?

In sauren Böden wie dem der Versuchsweide liegt P, sofern es wie hier reichlich vorhanden ist, an Eisen- und Aluminiumoxide adsorbiert vor. Auswaschung bzw. Einschwemmung von P findet nur auf sauren Böden statt. Kaltadaptierte Pflanzen haben höhere Raten von Phosphatabsorption. Der Phosphormetabolismus wird durch Bodentemperatur und –feuchtigkeit beeinflusst (STEIDL und RINGLER 1996:34, EGLOFF 1987:477, HAAG 1974:103, CHAPIN III 1974:1180, CHAPIN III und BLOOM 1976:111, JEFFREY 1973:92, BLUME 1986:58).

LÜDI legte sogenannte „P-Flächen“ an (z. B. Fläche 141, vgl. Weideplan). Tagebuchaufzeichnungen und Veröffentlichungen zeigen, daß diese 1931 mit Super- und ab 1932 Sinterphosphat gedüngt wurden (LÜDI 1936:637). Superphosphat⁷⁹ und Sinterphosphat⁸⁰ enthalten als Anion Ca und wirken nicht vergleichbar (FINCK 1989:63). Der Kalkanteil wird jedoch nicht erwähnt, die mit diesem Dünger behandelten Flächen als reine P-Flächen (nicht PCa-Flächen) interpretiert. Alle P-Dünger haben außerdem mehrere Düngungseffekte, Superphosphat ist ein Dreifachdünger⁸¹. Die Kalkwirkung kann bei der Bildung von bodeneigenem Ca-Phosphat unvollständig sein.

Im sauren Bereich wirken wasserunlösliche Dünger besser. Das stark alkalische Sinterphosphat⁸² (thermisches Phosphat) ist in Wasser schwer löslich, so daß eine Verbesserung der Löslichkeit durch Kalkung und möglichst feine Körnung angestrebt werden muß. Es wirkt basisch, rasch und besser auf leichten sauren Böden (vgl. SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1984:98, LIEBEROTH 1969:215ff., FINCK 1989:67ff.). Vielleicht ist dies ein Grund, für LÜDIS Ausweichen auf Superphosphat.

Neben citrat-, zitronen- und schwefelsäurelöslicher Phosphorsäure gibt es wasserlösliche und – unlösliche P-Dünger. Die Löslichkeit des Phosphates bestimmt die Verfügbarkeit für die Pflanzen. Je stärker die Immobilisierungsbedingungen (tiefer pH-Wert, hoher Anteil an Sorbentien) sind, desto geringer wird die Aufnahme der wasserlöslichen P-Dünger (auch Thomasschlacke⁸³, z. B. Fläche 149). Dieser Zustand kann für die Versuchsweide angenommen werden. Wasserlösliche P-Dünger (Superphosphat) werden aufgrund der raschen Festlegung des Phosphates schlecht ausgenutzt⁸⁴. Es wirkt am besten auf schwach sauren bis neutralen Böden. Das darin enthaltene primäre Calciumphosphat (Monocalciumphosphat) geht im Boden leicht in freie Phosphorsäure und das weniger lösliche Dicalciumphosphat über. Es wird in großen Körnungen gegeben, deren Innenteil nicht mit fallenden Stoffen in Berührung kommt (Nesteffekt) und wirkt wegen des Gipsanteiles strukturverbessernd, schwach bodenversauernd und rasch. Die „mitgelieferte“ Kalkung erhält bei einem bestimmten pH-Wert die Löslichkeit, aber bei saurer Bodenlösung bildet sich schwer lösliches Eisen- und Aluminiumphosphat⁸⁵. Superphosphat ist also nicht unbedingt gut geeignet für die Versuchsweide, dennoch ist die Wirkung deutlich.

Auch für Phosphat wurden für die neuen Flächen die von LÜDI 1945 (mittlere Spalte, Quelle: TB 1945) analysierten P-Gehalte der gesamten Vegetation mit den auf kg/ha umgerechneten Mittelwerten der gesamten Biomasse 1994-1996 jeder Behandlung näherungsweise ermittelt (s. Tabelle 54).

⁷⁹ zusätzlich zu Ca-Phosphat ca. 50% CaSO₄ (Gips)

⁸⁰ 45% Ca, 1-2% Kali, 22% Kieselsäure (Angaben nach einer Werbebroschüre der (ehemaligen?) Kontrollfirma Calcium A.-G. Bipp Olten)

⁸¹ P, S und Ca

⁸² Sinterphosphat wurde entwickelt, nachdem eine Verbesserung des Thomasverfahrens zu einem Rückgang an Thomasschlacke geführt hatte. Es ist durch Hitzeeinwirkung teilweise in Ammonzitrat löslich gemachtes Calciumphosphat.

⁸³ Auf die Düngung mit der schwer löslichen Thomasschlacke, einem Ca-haltigen Abfallprodukt der Eisenerzverarbeitung (FINCK 1989:64), wird hier nicht eingegangen, da keine Daten aus diesen Flächen analysiert werden. Es enthält Mg, Mn, Si und wirkt alkalisch, aber langsam (FINCK 1989:71f.).

⁸⁴ zu ca. 15% im Gegensatz zu 50% bei N- und K-Düngern

⁸⁵ bei alkalischen Verhältnissen schwer lösliche Calciumphosphate

Tabelle 54: Errechneter P-Gehalt der Gesamtbiomasse in den neuen Flächen

	kg/ha 1994	kg/ha 1995	kg/ha 1996	% P in Biomasse	kg/ha 1994	kg/ha 1995	kg/ha 1996
O	1819	1181	3222	0,41	7,5	4,8	13,2
N	1585	1743	3750	0,31	4,9	5,4	11,6
NK	1797	2197	4579	0,34	6,1	7,5	15,6
PK	1444	1371	2798	0,87	12,6	11,9	24,3
NPK	2040	2977	6006	0,87	17,7	25,9	52,3
Ca	1748	1835	5136	0,49	8,6	9,0	25,2
NPKCa	2399	3388	7252	0,84	20,1	28,5	60,9

Der Gehalt an P im Boden der Versuchsweide ist zwar relativ hoch, es liegt aber zum Großteil gebunden vor. Dementsprechend korreliert auch der P-Gehalt der Biomasse eher mit der NPK- und NPKCa-Düngung, als mit der P-Gabe, was daran liegen kann, daß das im Boden reichlich vorhandene Phosphat erst durch Kalkung mobilisiert wird. Die Gabe von Phoskalin (ohne Ca) in den neuen Flächen zeigte wenig Wirkung. Die in der Tabelle errechnete Zunahme kann auch daher kommen, daß in LÜDIS PK-Düngung 1945 Ca enthalten war und die Vegetation vielleicht höhere P-Gehalte hatte.

Die offenbar schlechte Verfügbarkeit des Bodenphosphors liegt wohl im Nährstoffungleichgewicht begründet. Der hohe Gehalt an Eisen und Aluminium an der Oberfläche von Tonmineralien und Oxiden bedingt zusammen mit niedrigen pH-Wert die Bildung von Sauerstoffbrücken zwischen dem Phosphat und den Al/Fe-Ionen. Besonders stark bindend wirken amorphe Al-Oxide und Ferrihydrit. Bei stark adsorbierenden Böden kann das Phosphat dauerhaft im Innern des Adsorbens festgelegt werden. Das Verhältnis von Phosphorsäure und Oxiden ist in der Versuchsweide tatsächlich sehr ungünstig. Mit steigender Ca-Konzentration und stark steigendem pH sinkt die Löslichkeit des Bodenphosphats aufgrund der Bildung von Calciumphosphaten, wobei bei einer Kalkung sehr saurer Böden (pH um 4) eine vorübergehende Erhöhung der Löslichkeit aufgrund der Ausfällung von Al-Ionen festgestellt wird (vgl. SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1984:98f., LÜDI 1948:122ff). Dementsprechend korreliert auch der P-Gehalt der Biomasse eher mit der NPK- und NPKCa-Düngung als mit der P-Gabe, was daran liegt, daß das im Boden reichlich vorhandene Phosphat erst durch Kalkung mobilisiert wird (vgl. LÜDI 1948:116, LÜDI 1941b:22, BÖCKER et al. 1983:52, STEIDL und RINGLER 1996:192ff.). Die Phosphatversorgung ist in den meisten Magerrasen und auch in der Versuchsweide nicht primär vegetationsgestaltend. P-Düngung fördert die Leguminosen und *Festuca rubra commutata* auf Kosten der Kräuter, drängt *Nardus stricta* aber kaum zurück. Zusammen mit K und N, auch mit Ca, ergeben sich bedeutende Mehrerträge. Besonders die Arten des Nardetums reagieren eher positiv auf die P-Gabe, der Effekt wird jedoch bei zusätzlicher N-Düngung neben direkten Schäden auch vom Wachstum reaktiverer Arten der Milchkrutweide überlagert.

An den vorhandenen Daten weiterer Flächen mit P-Düngung sollten die Auswirkungen der verschiedenen P-Dünger untersucht werden, und ob die Reaktionen in den „P-Flächen“ auf das Ca zurückzuführen sind. Die Einrichtung von PCa- und PKCa-Flächen verschiedener K- resp. Ca-Quantitäten wäre sinnvoll, um zu testen, ob auf der Versuchsweide tatsächlich für die Nardetumarten P-Limitierung vorliegt. Das im Superphosphat enthaltene Ca ist möglicherweise nicht ausreichend.

6.4.5 Dauer der Einwirkungen

Nach dem Reizmengengesetz⁸⁶ gilt, daß das Ausmaß einer Einwirkung primär von der Dosis, aber auch von der Dauer ab hängt. Bei zu langer Einwirkung führt ein Reiz zur Erschöpfung. Einzelne Augenblicksmessungen allein sind dann nicht aussagekräftig. Dementsprechend wird in Pulse- und Press-Experimente unterschieden. Für ersteres wird eine Einwirkung induziert und dann die Entspannung beobachtet, beim zweiten wird ein ständiger Änderungsdruck induziert. Interaktionen, die bei letzterem auftreten, werden oft fälschlich als direkte Effekte interpretiert, können aber Ketten von indirekten Effekten sein, die von Pulse-Experimenten aufgedeckt werden können. Eine kurze Düngung kann beispielsweise lang anhaltende Wirkung haben, während manche Rasen nach Ende der Düngungen ohne weitere Nutzungsänderung zur Borstgrasheide zurückstreben (vgl. LERCH 1991:52, DIAMOND 1986:11f., CAMPBELL und GRIME 1989:265, STEIDL und RINGLER 1996:194). Beide Effekte können, je nach Skala und Zeitraum der Betrachtung in der Versuchswaide gefunden werden. Für die Schynige Platte muß der Begriff „Pulse“ etwas gedehnt werden, aber insgesamt steht einem vergleichsweise kurzfristigen Einfluß (zwischen 2 (Ca) und 12 (NPK, NPKCa) Jahren) eine relativ lange Erholungsphase gegenüber (~ 48 Jahre). Sofern Pulse-Experimente mehr über die limitierenden Faktoren vor der Düngung als über eine neue Gleichgewichtsgesellschaft zeigen (vgl. SHAVER und CHAPIN III 1986:267), offenbaren die Daten, daß besonders ein Mangel an Ca resp. N und die Versauerung in Verbindung mit der Beweidung die Ausprägung des Nardetums verursacht hat (vgl. z. B. Fuzzy-Set-Ordinationen). Die entstehende Gesellschaft ist offenbar nicht im Gleichgewicht, wie die allmähliche Rückentwicklung zeigt. Das Ende der Manipulationen (Düngung, Mahd) in der Versuchswaide zeigt, daß die Wirkungen bereits hinsichtlich des Einflusses auf Deckungsverschiebungen, nicht aber auf die Artenzusammensetzung nach 20 Jahren an Kraft verlieren können (NPK) oder erhalten bleiben (NPKCa), während das Nardetum als solches vergleichsweise stabil ist (vgl. 6.6).

6.5 Auswirkungen der Nutzungsänderungen

Als Erklärung für die Bewegungen in den Nullflächen wurde bereits der Nutzungswechsel genannt. Im folgenden wird chronologisch den Wechseln folgend deren Einfluß auf die Vegetation diskutiert.

Vor Beginn der Untersuchungen durch LÜDI wurde die Schynige Platte als Umtriebsweide genutzt. Der Einfluß von Herbivoren auf Vegetation ist ausgesprochen stark (GESSAMAN und MACMAHON 1984:11), denn bei Beweidung wird Vegetation durch Tierart und -alter, Zeitpunkt, Intensität, Verbißweise (Höhe, Selektivität) oft so stark beeinflusst, daß standörtliche Unterschiede nivelliert werden. Regelmäßiger Verbiß ist die stärkste Form der Auslese. Haupteffekt der Herbivorie ist die Veränderung der Konkurrenzbedingungen und nicht der direkte Einfluß der Mortalität. Tritt erzeugt ein vielgestaltiges Oberflächenrelief, verdichtet den Boden, schafft Sukzessionsmosaik, fördert regenerationsfreudige, ausläuferbildende Arten (z. B. Bewurzelung von niedergetretenen Halmen fördert eine dichte Grasnarbe) und erhöht die Bestockungsaktivität (vgl. ERZINGER 1996:47, STEIDL und RINGLER 1996:169ff., BRIEMLE und ELLENBERG:146, WEGENER 1986:198, BÖTTECHER et al. 1992:277f., NEUGEBOHRN und HEITMANN 1986:29, PFADENHAUER 1997:219, THOMET und BLÄTTLER 1988:25ff.). 120 Kühe beweideten die Flächen ab Mitte Juli für ca. 30 Tage (bei einer Vegetationsperiode von ca. 100 Tagen). Das selektive Freßverhalten von Rindern ist gering, das Futterspektrum bei hohem Verbiß breit. Sie reißen das Gras ab, statt es zu beißen. Nicht genutzte

⁸⁶ Stärke eines Streßfaktors * Einwirkungsdauer

alpine Rasen weisen üblicherweise ein Deckungsverhältnis von Gräsern/Kräutern von 70:30 auf. Bei beweideten Flächen ist das Verhältnis etwa umgekehrt. Während Beweidung bei Gräsern eine umso erfolgreichere Wachstumssteigerung bzw. eine Überkompensation der Verluste bewirkt, je stärker sie beschädigt werden, reagieren Kräuter oft sensibler⁸⁷ (vgl. RAINER und ERSCHBAMER 1996:565, WALLACE und MACKO 1993:326, BÄTZING 1991:56, BÖTTECHER et al. 1992:277f). Ähnliche Verhältnisse wurden auch auf der Versuchsweide gefunden. Das Deckungsverhältnis 50:50 stieg nach 10 Jahren Mahd auf 20:80 zugunsten der Kräuter (s. Abbildung 139).

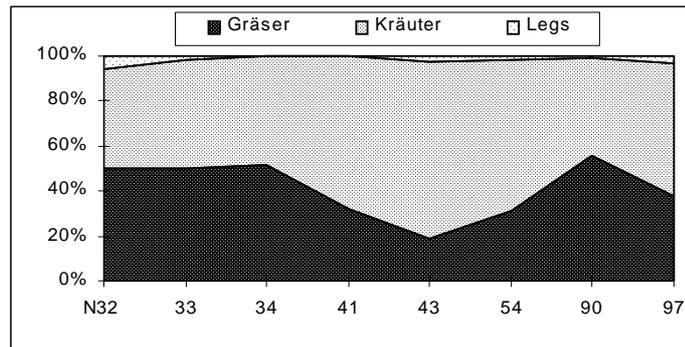


Abbildung 139: Deckungsverhältnis von Gräsern/Kräutern/Leguminosen in den ungedüngten Flächen.

Die Artenzahl dominanter Gräser wird bei Beweidung nicht unbedingt reduziert (BULLOCK et al. 1994:493ff.). Das das Zahlenverhältnis ändert sich in der Versuchsweide tatsächlich kaum (s. Abbildung 140).

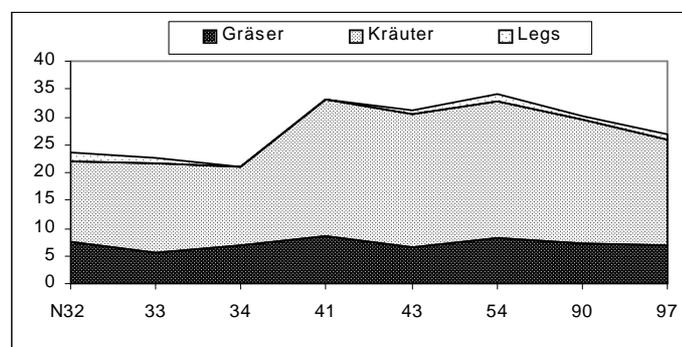


Abbildung 140: Verhältnis von Gräsern/Kräutern/Leguminosen in den ungedüngten Flächen

Beweidung fördert vor allem das Borstgras, da es trittunempfindlich ist und wird im Alter ungerne gefressen. Im jungem Zustand ist es schnittempfindlich, während es später der Sense ausweicht, aber bei Mahd ist es selbst bei starker Düngung und reichlicher Kalkung erstaunlich zählebig (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:171, STEBLER und SCHOETER 1888:140f, BARTSCH 1940:56, HUTTER 1993:83, KLAPP 1974:253, KLAPP 1965:323, KLAPP 1951a:432ff, KLAPP 1944:40f.). Obergräser sind weideempfindlich, während giftige, unangenehm riechende, schlecht schmeckende und dornigstachelige, zähe, hartblättrige verkieselte Arten nicht verbissen werden. Untergräser, tritt- und verbißfeste, horst- und rosettenbildende Arten werden gefördert. Der Großteil der Biomasse unterhalb 5 cm wird von den Rindern nicht genutzt (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:41ff., KLAPP 1944:35, PEET

⁸⁷ Beweidung wurde in diesem Versuch allerdings durch Schneiden simuliert

et al. 1983:47, ERZINGER 1996:56, WIKUS 1987:227, KLUG-PÜMPEL et al. 1994:99, LERCH 1991:258). Das Aussehen der Weide zu Beginn der Versuche ist also als Folge der langen Beweidung zu erkennen.

Mit dem Einzäunen der Weide hörte die Beweidung durch Rinder auf. Die o. g. Einflüsse fielen weg. Während Beweidung nach wenigen Jahren eine höhere Artenzahl zur Folge hat, führt Nutzungsaufgabe vor allem durch Rückgang der Gräser und der Zunahme von über- und unterirdischer Biomasse zu wenigen dominanten Arten. Das Schnittregime begünstigt oder erzeugt grundsätzlich relativ homogene Pflanzenbestände (KELLER 1986:26). Deutliche Veränderungen in ungedüngten eingezäunten Flächen können sich ohne weitere Maßnahmen bisweilen schon im ersten Jahr nach der Einzäunung zeigen (KLAPP 1944:39), sind jedoch meist, wie in O_{33} vs. O_{34} nur ansatzweise zu erkennen (vgl. ERZINGER 1996:47). Bisweilen sind die Änderungen mit denjenigen in gedüngten eingezäunten Flächen vergleichbar, was hier aber nicht der Fall ist. Vergleicht man die Angaben aus der Literatur, die die Effekte der Düngung bei eingezäunten und den Rindern frei zugänglichen Flächen zeigen, mit denen aus der Versuchsweide, wird der Einfluß der Beweidung sehr deutlich. Im ersten zitierten Versuch (1) ist die Änderung durch den Fortfall der Beweidung und das Stattfinden von Mahd fast ebenso deutlich, wie diejenige infolge der Düngung. Der zweite Versuch (2) zeigt deutliche Änderungen infolge der Düngung. Dieselben Effekte wurden aber in analog gedüngten Flächen *außerhalb* des Zaunes gefunden! Der Effekt wird auf die selektive Beweidung zurückgeführt (s. Tabelle 55).

Tabelle 55: Änderung der Deckung von *Nardus stricta* bei Beweidung und Mahd mit und ohne Düngung in der Literatur

	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr
mit Düngung (1)	22	9,9	7,5	6,4	
ohne Düngung (1)	24,7	17	8,7	12,2	
mit Düngung (2)	87	87	75	75	64
ohne Düngung (2)	75	75	70	33	25

nach KLAPP 1944:39

In der Versuchsweide sind die Änderungen ähnlich und, infolge des Nutzungswechsels, doppelt zu beobachten (s. Tabelle 56). Dies wird am Verlauf der Basislinie als Reaktion der Nullflächen deutlich und bei Düngung verstärkt. Das Fortbleiben und die Wiederkehr des Weideviehs hat auf die Versuchsweide hat auf die gedüngten Flächen durch Verschiebung der Abundanzen einschneidende Konsequenzen.

Tabelle 56: Änderung der Deckung von *Nardus stricta* bei Beweidung und Mahd mit und ohne Düngung in der Versuchsweide

	1931	1933	1934	1936	1941	1943	1946	1954	1982	1989	1990	1997
Null		45	47		26	14,5		22			43,7	28,9
NPKCa	36			2	5		5	0	20	30,5	?	?

Möglicherweise ist dies auch der Grund, weshalb die Flächen O_{33} und O_{94} vs. O_{97} einander vergleichsweise wenig ähneln. Bei allen Mähversuchen ist das Vorhandensein einer Einzäunung vorauszusetzen. Die Beobachtung eingezäunter und gemähter Düngungsversuche wie in der Versuchsweide bedarf also kritischer Auswertung, da es Trugschlüsse zuläßt (vgl. MILTON and DAVIES 1947:69, THURSTON et al. 1976:1043ff., KLAPP 1951a:437, DIAMOND 1986:11). Wird ein Versuch eingezäunt und jährlich gemäht, dann kann das Ergebnis mehr auf diese Tatsache als auf Düngung zurückzuführen sein. Es ist also sehr wichtig, ob der Versuch eingezäunt ist und ob beweidet oder gemäht wird. Hier liegt der Schlüssel für widerspruchsvolle Beobachtungen und

Versuchsergebnisse (also den eigenartigen Verlauf der Basislinie). Die reine Düngerwirkung auf Borstgrasrasen ist schwer erkennbar, weil grundsätzliche Unterschiede in der Düngung großer Weideflächen und der versuchsweisen Teilstückdüngung bestehen. Diese Erkenntnisse sind durchaus nicht neu, werden aber bisher kaum genutzt, zuweilen nicht einmal richtig gedeutet (vgl. KLAPP 1951a:401f., KLAPP 1944:35ff., WILLEMS 1983:177, KRÜSI et al. 1996:55, SMITH et al. 1971:213, DICKINSON 1984:695ff., KLAPP 1944:40f.). Es ist also durchaus möglich, daß ein Teil der beobachteten Veränderungen auf die Einzäunung zurückzuführen ist.

Kurze Zeit nach der Einzäunung wurde gedüngt. Die Auswirkungen wurden oben diskutiert.

Die gesamte Weide wurde nach dem Beginn der Düngeexperimente jährlich gemäht. Deutlich ist die Reaktion auf das Einsetzen der Mahd bei den ungedüngten Flächen, welche sich 1933 nach dem Ende der Beweidung (direkt nach der Einzäunung) nicht sofort verändern, sondern erst nach Beginn der Mahd (vgl. Fuzzy-Set-Ordinationen). Der Schnitt bewirkt eine Unterbrechung der Lichtkonkurrenz und der physiologischen Entwicklung der Bestandsbildner. Magere Mähflächen haben ein breiteres Artenspektrum als Weiden (viele Gräser, wenig Leguminosen, viele breitblättrige „Unkräuter“). Regelmäßige Mahd begünstigt Arten mit Rhizomen und Blattrosetten, früh- und spätblühende Wiesenarten aber auch regenerationsfähige Arten (Fettwiesenarten, rasenbildende Gräser und Kleearten). *Agrostis tenuis*, *Festuca rubra*, *Anthoxanthum odoratum* haben in gemähtem bodensauren Magerrasen meist höhere Deckungsgrade, ebenso nicht weidefeste Arten wie *Trollius europaeus*, *Knautia arvensis* u. a. (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:41ff., JENKINSON 1991:8). Erfolgt die Mahd vor der vollständigen Rückverlagerung der Nährstoffe, werden Gräser, wie in der Versuchsweide beobachtet, durch hohen Nährstoffentzug und konkurrenzspezifische Vorteile der Kräuter von diesen zurückgedrängt. Auch Arten, die Nährstoffe in Rhizomen speichern, werden durch späte Mahd gefördert. Die Ernte erfolgte in der Versuchsweide nicht zu spät, sonst wären hochwüchsige, sich generativ vermehrende Pflanzenarten (Früh- und Spätblüher, Langsamwachsende) gefördert. Im extremen Fall wäre Verseggung/Vergrasung aufgetreten (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:43 ff., BÜRGER-ARNDT 1994:172, SMITH et al. 1971:213).

Die „Nutzung“ erfolgte für die untersuchten Flächen unterschiedlich häufig („Gruppe X“ (Ca-Flächen): ab 1935 4 Jahre, „Gruppe“ V (NPK und NPKCa): ab 1932 12 Jahre. Für die „Gruppen“ XVI und XVII wurden keine Angaben gefunden. Vgl. Tabelle in der Legende und Tabelle 9) „Nutzung“ hat möglicherweise zusätzlich zur Mahd der *gesamten* Versuchsweide zum Ende der Vegetationsperiode einen Einfluß, denn bei Mahd wird jährlich umso mehr entzogen, je häufiger sie stattfindet (Vermagerung). Fettwiesen wird bei einer Mahd jährlich bis zu 34 kg N/ha/y und bei 8maliger Mahd bis zu 104-155 kg N/ha/y entzogen. Bei mehrmaliger Mahd können sogar die Erträge mancher Fettwiesen innert 9 Jahren auf Magerrasenniveau absinken (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:202, BRIEMLE 1987:34). Der physiologische Reifezustand der Pflanzen verschiebt sich zugunsten junger, nährstoffreicher Stadien. Je häufiger Grünland geschnitten wird, desto ähnlicher wird es einer Weide, weil Obergräser und hochwüchsigen Kräuter eingeschränkt, aber die Bestockungsintensität der Untergräser gefördert wird.

Die „Nutzung“ war für die einzelnen Flächen also ein intensiverer Eingriff als das Abmähen der gesamten Weide, da die Mahd mit der Sichel sie intensiver vom Aufwuchs befreit als das Mähen der

gesamten Versuchsweide nach der Wiedereinzäunung mit der (Motor-) Sense. Erfolgte sie weit vor dem allgemeinen Mahdtermin, kann von zweischüriger Mahd gesprochen werden (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:202, BRIEMLE 1987:34, SCHIEFER 1983:48f, NEUGEBOHRN und HEITMANN 1986:29, HEGG 1984a:163).

Nach der Aufgabe der Versuchsweide wurden die Flächen erneut beweidet. Die unterschiedliche Düngung der Flächen führt zu unterschiedlicher Attraktivität und damit zu unterschiedlich intensiver Beweidung (vgl. LERCH 1991:259). Die Schmackhaftigkeit der Flächen wird bei Düngung durch Förderung der in den NPKCa- und Ca-Flächen deutlich zunehmenden Kleearten erhöht. In NPK-Flächen kommt weniger Klee, in Kontrollflächen noch um die Hälfte weniger. Ca-Flächen können dagegen fast so schmackhaft sein wie NPKCa. Auf die Flächen hat das Gras nun einen noch deutlicheren Einfluß: Die Deckungsverhältnisse ändern sich erneut, Gräser werden wieder gefördert und es findet eine Einwanderung von Arten statt (vgl. Abbildung 141 und Abbildung 142). Unter Düngungseinfluß wird der Effekt der Mahd durch die Deckungsänderung innerhalb der Gräser (*Festuca rubra* auf Kosten von *Nardus stricta*) zunächst überlagert. Kommt es auf den durch Düngung und Fernhaltung von Weidegang umgeschichteten Beständen erneut zu unregelmäßiger Beweidung, erstarken *Nardus stricta* und seine trittfesten Begleiter sofort wieder (vgl. KLAPP 1951a:437).

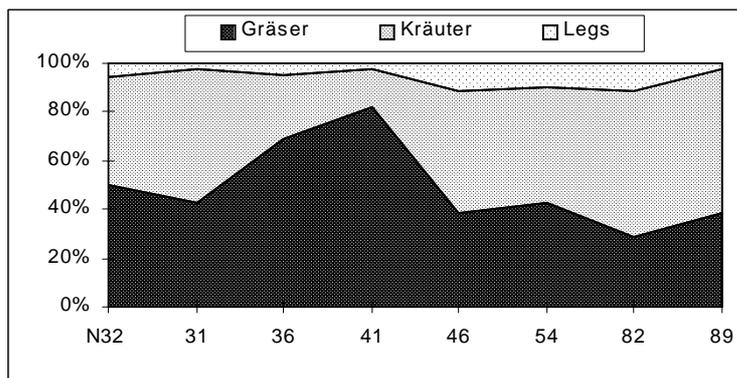


Abbildung 141: Deckungsverhältnis von Gräsern/Kräutern/Leguminosen in den NPKCa-gedüngten Flächen.

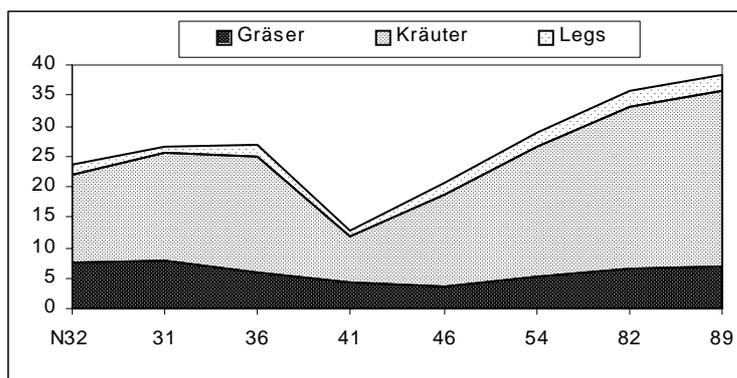


Abbildung 142: Verhältnis von Gräsern/Kräutern/Leguminosen in den NPKCa-gedüngten Flächen.

Nicht nur in den gedüngten Flächen waren Auswirkungen der Beweidung zu sehen, sondern auch in den ungedüngten. Herbivoren fressen zwar in der Regel an nährstoffreichen Stellen mehr, verursachen aber an nährstoffarmen mehr Störung (HUNTLY und INOUE 1988:786). Ungedüngte Flächen profitieren von periodischem und starkem Beweiden dadurch, daß ihr Ertrag den

benachbarter, nicht eingezäunter Flächen übertrifft (vgl. 6.10), während Beweidung trittempfindlicher Rasengesellschaften zu Ertragsrückgängen von 25-60 % führt. Der Beginn der Beweidungssaison, der Zeitpunkt im Jahr, die Dauer während des Jahres/während mehrerer Jahre spielt dafür neben Intensität und Weideform eine Rolle. Die Diversität wird dann positiv beeinflusst, wenn junge Gräser gefressen und der Rest geschont wird. Ein hoher Beweidungsdruck kurbelt das Kreisen der Nährstoffe an und stimuliert das Kompensationswachstum. Weidevieh nimmt bevorzugt frische, eiweißreiche Sprosse als Nahrung auf, daher wird die Streu bei früher Beweidung wesentlich stickstoffärmer und das C/N-Verhältnis nimmt zu. Dies hat eine Verzögerung der Streuzersetzung und eine Rohhumusbildung zur Folge. (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:170ff., HEGG 1998, mündl., MILTON und DAVIES 1947:65ff., WILSON 1994b:137ff., MILTON 1940/47:328ff., CHAPIN III et al. 1986:54, MATTSON 1980:119, KIRCHNER 1977:1341, BARTSCH 1940:56, PEET et al. 1983:45). Durch starke Beweidung liefern die verbleibenden Pflanzen stets junges und daher proteinreiches Futter, die Blattfläche vieler Arten ist wiederum für die Assimilation dann dauernd zu klein, was zu einer Ertragseinbuße führt. Andererseits ist die Devise für die Erzeugung guten Futters: Intensive Bewirtschaftung bei ectebsiver N-Zufuhr (KRÜSI et al. 1996:54f., BUDIG 1994:33). Der durch HEGG in den Flächen beobachtete Fraß hat die Produktivität also sicher gesteigert.

Werden die Nährstoffanalysen der Vegetation gedüngter Flächen aus der Versuchsweide berechnet (LÜDI TB 1945), ergeben sich ca. 6,4 MJ/kg TS für ungedüngte Flächen. Die Weideleistung von Magerrasen liegt auf 1750 mNN bei 6,6 MJ/kg TS NEL und um 2000 mNN, also auf Höhe der Versuchsweide, nur noch um 5,7 MJ/kg TS NEL (KLAPP 1974:63, SCHUBIGER et al. 1998:287). Schon leichte Änderungen im Nährstoffgehalt einzelner Individuen können sich deshalb auf die Schmackhaftigkeit der Weide auswirken (vgl. 6.5). Nicht nur der Energiegehalt, sondern auch die Nährstoffe in den Pflanzen sind für die Tiere wichtig (WALLIS DE VRIES und SCHIPPERS 1994:107). Hohe K-Konzentration können Pflanzen ungenießbar machen. Unter Beweidung fördert in der Versuchsweide die NK-Düngung das Borstgras. Die K-Konzentrationen steigen besonders bei Düngungen mit NPK, PK und NK. Lüdi ermittelte auch den prozentualen K₂O-Gehalt im Gesamtaufwuchs gedüngter Flächen (Ca: 1,5 %, N: 1,2 %, NK: 1,6 %, NPK / NPKCa: 2,0 %, O: 1,9 %, PK: 2,3 %; CHAPIN III et al. 1980:206, LÜDI 1936b:23, LÜDI TB 1945). Auch die anderen Nährstoffgehalte in den gesamten Flächen steigen mit der Düngung (vgl. 6.4.4, Tabelle 99).

Die ungedüngten Flächen wurden zwar weniger stark abgefressen, jedoch möglicherweise bei räumlicher Nähe zu stärker gedüngten Flächen durch stärkeren Tritt und Nährstoffeintrag beeinflusst, da die gedüngten Flächen kleiner sind als die Kuh, die sie abfrißt. Auch sind vor allem Rinder in der Trittwirkung eher schädigend (vgl. CHAPIN III et al. 1986:54, HUNTLY und INOUE 1988:786, MILTON und DAVIES 1947:69, STEIDL und RINGLER 1996:170ff.).

Nährstoffentzüge bei Beweidung sind durch die Rücklieferung zwar geringer, aber Magerkeitszeiger können ebenso früh oder früher auftreten wie bei Mahd. Eine 3-4 wöchige jährliche Beweidung reicht bei *üblicher* Besatzstärke zur Aushagerung⁸⁸ nicht aus. Obwohl diese in den schmackhafteren Flächen wohl deutlich überschritten war, fand eine direkte Aushagerung nach Beurteilung der Vegetationsentwicklung kaum statt. Auch später werden ja noch deutliche

⁸⁸ Unter Aushagerung versteht man die Absenkung des allgemeinen Nährstoffspiegels eines Standortes durch Entnahme von Pflanzenmaterial, ohne den Entzug

Veränderungen gefunden. Es trat keine Auswaschung der Nährstoffe (vgl. 6.1.8), sondern nur eine Abschwächung der Kalkwirkung ein. Da sich Fe und Al weiterhin im Boden befinden, werden die Nährstoffe weiter gebunden (vgl. 6.4.4). Die Rücklieferung der vom Weidevieh aufgenommenen Nährstoffe erfolgt über Exkrememente. Ungleichmäßige Verteilung kann durch lokale Nährstoffanreicherung besonders die Flächen neben den intensiv beweideten treffen. Ein Rind scheidet täglich etwa 5 kg Kot und 10 l Urin aus, aber nicht alle ausgeschiedenen Nährstoffe sind für die Pflanzen auch verfügbar. 90 % der von Herbivoren aufgenommenen Biomasse wird wieder ausgeschieden, davon 70 % an den Ruhestätten und nur 30 % innerhalb der Äsungsflächen. Den Teil der Versuchsweide suchten die Kühe nachts offenbar selten auf, aber in den Flächen konnten konkrete Auswirkungen der Nährstoffrücklieferungen nicht berücksichtigt werden (vgl. 6.10). Auf der Schynigen Platte wurde nicht zugefüttert und so führt auch die besprochene „Intensivbeweidung“ nicht automatisch zu einer Nährstoffanreicherung im Bestand. Urinabscheidungen sind nicht mehr mit Sicherheit zu orten, möglicherweise sind sie –neben Ca-Linsen- verantwortlich für das Verhalten der von DÄHLER (1993) gefundenen Ausreißer-Flächen. Unter Harnstellen liegen bis zu drei Monaten stark erhöhte Nitratkonzentrationen auch in tieferen Bodenschichten vor. Es gibt in den Tagebüchern LÜDIS Hinweise auf Kuhfladen, die aber wenig eutrophierende Wirkung haben, denn unter Kotstellen finden sich nur unerhebliche Nährstofferhöhungen (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:171ff., KRÜSI et al. 1995:23ff., MCNAUGHTON et al. 1997:1798, NEUGEBOHRN UND HEITMANN 1986:29, KÖNIG et al. 1996:743ff., SPATZ et al. 1992:243, ERZINGER 1996:48ff, CHAPIN III et al. 1980:206).

HEGG (1992:157) schließt aus der Nutzungsgeschichte der Versuchsweide, daß die Zeit der Beweidung keinen zwischen den Versuchsflächen ausgleichenden Einfluß hat, da ansonsten ein Homogenisierungseffekt zu erwarten sei. KELLER (1998:58) widerspricht. Die Intensität der Beweidung ist in der Versuchsweide tatsächlich deutlich abhängig von der Düngung der Einzelflächen. Dies zeigen bereits die Beschreibungen von LÜDI: Die Parzellen der nicht eingezäunten, immer frei beweideten Weide und gedüngten „Gruppe“ XIII (vgl. Weideplan) wurden deutlich abgefressen⁸⁹. „Die Nester von fetten Pflanzen zwischen fast unberührten Nardusflecken sind tief abgefressen, dort wo Nardus und Futterpflanzen dicht gedrängt gemischt sind fehlen nur die obersten Gras- bzw. Blattspitzen. Ausgespuckte Nardusbüschel sah ich in den Weideparzellen nirgends“ (LÜDI TB 1936). Schon früh wurden die vor allem die deutlich geänderten⁹⁰ NPKCa- und Ca-Flächen mit den besseren Rasen gleichmäßig + vollständig abgefressen. Diese Flächen hatten massiver unter der Beweidung zu leiden als die benachbarten Nullflächen. Auch Kaliphosphatdüngung blieb hingegen fast ganz unwirksam. HEGG (1995 mündl.) berichtete, daß kurz vor dem Wiedereinzäunen der Versuchsweide 1980 die Rinder verschiedene Flächen deutlich stark abgefressen hatten. Rinder nehmen ca. 15 kg TS/d zu sich. Je höher der Energiegehalt (NEL, MJ oder StE), desto besser ist das Futter verdaulich und desto lieber wird es gefressen. Als Bedarfsnorm für Rinder gelten Rohproteingehalte von 120 g/kg TS (JILG und BRIEMLE 1993:67) Für die Gesamtbiomasse des auf kg/ha umgerechneten Aufwuchses in den neuen Flächen wurden je nach Düngung mit den 1945 von LÜDI analysierten Werten (mittlere Spalte, Quelle: TB 1945) Rohproteingehalte zwischen 80 und 340 /kg TS errechnet (Tabelle 57). Der Rohproteingehalt wird sich direkt auf die Schmackhaftigkeit aus (zum Vergleich: bei Getreide beträgt er bis zu 20%, FINCK 1989:387).

über Düngung auszugleichen, so daß die Erträge allmählich zurückgehen (BRIEMLE 1987:32).

⁸⁹ Die Weideparzellen der „Gruppe“ XIII wurden stärker gedüngt. Pro m²: Ca = 2000g, K + P je 400g, N = 200g, LÜDI TB 1932).

⁹⁰ mit ca. 80% brauchbaren Futterpflanzen

Tabelle 57: Errechneter Rohprotein-Gehalt der Gesamtbiomasse in den neuen Flächen

	kg/ha	kg/ha	kg/ha	% Rohprotein in Biomasse	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS
	1994	1995	1996		1994	1995	1996
O	1819	1181	3222	6,8	123,7	80,3	219,1
N	1585	1743	3750	4,5	71,3	78,5	168,7
NK	1797	2197	4579	4,2	75,5	92,3	192,3
PK	1444	1371	2798	5,5	79,4	75,4	153,9
NPK	2040	2977	6006	3,9	79,6	116,1	234,2
Ca	1748	1835	5136	5,4	94,4	99,1	277,3
NPKCa	2399	3388	7252	4,7	112,7	159,2	340,8

Dieser für Rinder „schmeckbare“, auch langfristige Einfluß der Düngungen gab schließlich den Ausschlag für die Wiederaufnahme der Versuche. Zwar existieren keine Fotos dieses Beweidungsmosaiks, doch kann nach den vorliegenden Untersuchungen davon ausgegangen werden, daß die NPKCa-Flächen ausgesprochen intensiv, die 0- und PK-Flächen sehr gering beweidet wurden. Das Weidevieh fraß also noch nach mehr als 13 Jahren nach der ersten und recht lange (vgl. Tabelle 9) nach der letzten Düngung in jenem Teil der Weide, den LÜDI schon 1968 aufgegeben hatte, nach wie vor unterschiedlich. Außerdem sind die Flächen untereinander auch nach 60 Jahren noch unterschiedlich (vgl. LÜDI TB 1937, LÜDI 1941b:23, HEGG 1984b:461, HEGG 1984c:141ff.).

Selektives Freßverhalten des sich selbst überlassenen Weidevieh zeigt tägliche Rhythmen. Laune und der Geschmack der Tiere entscheiden über die Intensität des Grasens (vgl. QUARANTA et al. 1996:221ff., WIKUS 1987:227, SPATZ 1994:234, GOUGH und GRACE 1998:1586f.). Es ist also gut möglich, daß die Tiere die Versuchsweide häufiger aufgesucht haben, nachdem sie festgestellt hatten, daß dort schmackhaftere Stellen waren. Gedüngte Flächen werden pausenlos verbissen, wenn ein kleiner Versuch inmitten ausgedehnter *Nardus stricta*-flächen bevorzugtes Ziel aller Weidetiere wird. Die ganze Herde stürzt sich vor allem in generell nährstoffarmen Gebieten auf winzige NPKCa-Inseln und weidet sie gleichmäßig und nicht selektiv kurz (vgl. KLAPP 1951a:401f., KLAPP 1944:35ff, MILTON und DAVIES 1947:39, HOLZGANG et al. 1996:35ff., SCHÜTZ et al. 1998b:4).

Daß starke Beweidung anders wirkt als geringe, wird durch die mit der Düngung korrelierten auffälligeren Änderungen der Vegetation in den Vegetationsaufnahmen vor und nach der Beweidungsperiode verdeutlicht und erklärt, warum auch lange nach der Beweidung noch eine Homogenisierung *innerhalb* der Behandlungen, aber nicht *zwischen* den Behandlungen eingetreten ist. Die heutigen Unterschiede zwischen den Null- und NPKCa-gedüngten Flächen lassen sich besonders durch den von KLAPP (1944:39) geschilderten Vorgang der massiven Beweidung auf kleinen, NPKCa-gedüngten Flächen innerhalb eines Magerrasens erklären. Die Empfindlichkeit gegen Fraß tritt bei hoher Besatzdichte schlagartig in Erscheinung. Ist sie zu hoch, führt das zur Erschöpfung der bevorzugten Futterpflanzen. Ist sie für die Grasnarbe dauernd zu gering, wird das Futter überständig, die Narbe lockert auf und verwildert. Während geregelte starke Beweidung auf begrenztem Raum unkrautreinigend wirkt, fördert zu geringe und unregelmäßige Beweidung vor allem die Ausbreitung von „Weideunkräutern“ welche bei intensiverer Beweidung niedergetrampelt werden (vgl. BÖTTECHER et al. 1992:277f., SPATZ 1994:234, STEIDL und RINGLER 1996:41).

Alpine Ökosysteme werden darüberhinaus immer von kleineren und größeren wilden Herbivoren beweidet, wobei auch diese Tiere sich sehr selektiv verhalten. Selbst wenn die Rinder selten in der

Versuchsweide waren, bleibt ein gewisser Weidedruck anzunehmen. Beweidung durch Hirsch und Gemse kann in subalpinen Weiden Ausmaß und Auswirkungen erreichen, die denen der Rinderweide ähnlich sind. Die Versuchsweide war 1994 beispielsweise von einem wahrscheinlich durch Gemen verursachten Trampelpfad durchzogen. In den Jahren 1994-1996 waren Knospen und Blüten von *Arnica montana* und *Gentiana purpurea* verbissen. Die Beweidung von Steinbock, Gemse und Murmeltier wird für das Gleichgewicht des Ökosystems aber als nicht störend angesehen (vgl. BISCHOF 1981:125, WIKUS 1987:227, KÖRNER 1995:56, SCHÜTZ et al. 1998 a+b, NAMS et al. 1996:196ff., GALLINA 1984:251, PETRAK 1992:232).

Fazit: Allein bei kontinuierlicher Rinderbeweidung ohne Nutzungswechsel kann es zu einer erheblichen Änderung in der Artenzusammensetzung kommen. Die Arten sind an die Nutzung angepaßt, und schon geringe Nährstoffzufuhr kann die Vegetation verändern. Vor allem der Wechsel von Mahd und Weide, verstärkt durch Kalkung und Düngung, ändert die Artenzusammensetzung, da jeweils andere Arten gefördert werden (vgl. RUNGE 1986:113, WEGENER und REICHHOFF 1989:192, MILTON und DAVIES 1947:65ff.). Gedüngte wie ungedüngte Flächen wurden nach Ende der Versuche durch LÜDI bis zur erneuten Einzäunung 5-13 Jahre beweidet. Die Auswirkungen dieses Wechsels sind mindestens genauso groß wie der Einfluß der Düngung *und* der Nutzung. Gegenüber dem Nutzungswechsel Mahd-Weide sind sogar Rinderart und Beweidungsform zweitrangig. Die Düngung verstärkt den Einfluß des Nutzungswechsels. Besonders Almweiden wie die Versuchsweide können sensibel auf Bewirtschaftungsänderungen reagieren, wenn sie in einem labilen Gleichgewicht zwischen Bewirtschaftung und Standort stehen, denn nicht alle Arten des Borstgrasrasens tolerieren Nutzungsänderungen (vgl. 6.6). Nutzungsumwidmungen allein können dann durch das Aufwachsen von Büschen oder das Verhindern der Keimung zu einer vollständigen Zerstörung von Flächen führen (vgl. DIETL 1982:114, MATTHIES et al. 1995:203, STEIDL und RINGLER 1996:172ff., SPATZ 1994:243, ERZINGER 1996:47f., SCHWABE 1990:295, ROOS 1953:126). Vor allem *Nardus stricta* erscheint weniger aufgrund von Entsäuerung und Nährstoffanreicherung des Bodens, sondern nach Nutzungswechseln (KLAPP 1951a:436). Auf natürlich nährstoffreicheren, wüchsigeren Standorten wie der Versuchsweide stellt sich der Pflanzenbestand aber rasch und mehrfach um. Dies führt zu der Frage nach der Stabilität des Nardetums.

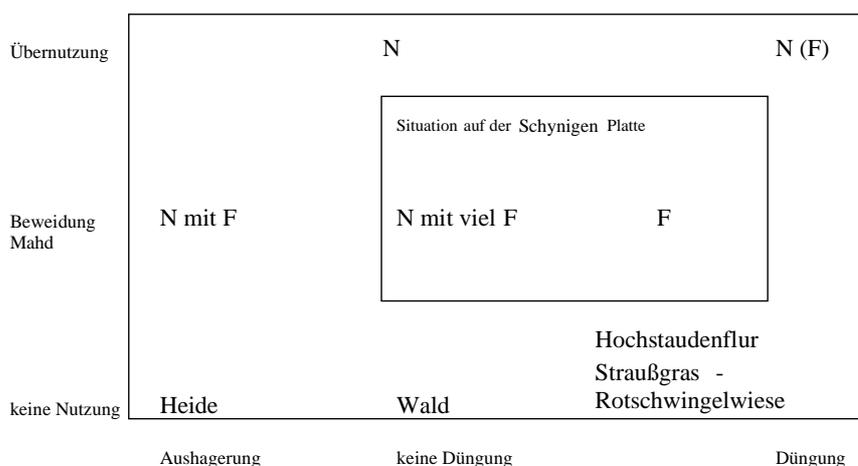
6.6 Entstehung der Vegetation bei Ansaat auf einem Magerrasenstandort

Da sich das Nardetum der Versuchsweide durch Düngung nicht in einen besseren Standort überführen läßt, kann es sich um einen absoluten Magerrasenstandort handeln (vgl. SCHIEFER 1983:57f.). Standortsökologische Grenzwerte für Magerrasen sind bereits definiert worden:

Mit steigender Meereshöhe nehmen Säure- und Magerkeitszeiger (durch extensive degradierende Bewirtschaftung, steilere Hänge, etc.), auch bedingt durch den Ausfall von Tieflandarten, zu. Weiden *über* der Baumgrenze sind schon fast natürlich. Drei Wachsfaktoren bestimmen Ertrag und Aussehen eines Standortes: Wärme, Bodenfeuchte und „natürliche Nährkraft“, also Gründigkeit, Humosität und biologische Aktivität. Liegt nur ein Wachsfaktor eines Gebietes im Bereich der Grenzwerte ist es ein potentieller Magerrasenstandort. Auf reichen Standorten ist eine spontane Entstehung von Magerrasen ausgeschlossen⁹¹ (vgl. REHDER 1971:759, GIGON 1983:97, BRIEMLE 1987:32, SCHIEFER 1983:39,

⁹¹ In mehreren Gruppen hier nicht weiter beschriebener Flächen der Versuchsweide manipulierte LÜDI die Grasnarbe. Fuzzy- Ordinationen und Zugehörigkeitsdiagramme dieser Flächen zeigen, daß die Düngungsform gegenüber der Ausgangsmanipulation (Schälen, Düngen, Belassen der natürlichen Rasendecke) zweitrangig ist. Nahezu alle angesäten Flächen zeigten erwartungsgemäß große Unterschiede in der zeitlichen Variabilität. Bei Düngung läuft die Besiedlung schneller, aber es gibt keinen deutlichen Hinweis darauf, daß irgendeine Düngung dem Zustreben der Vegetation in Richtung Nardetum Einhalt

STEIDL und RINGLER 1996:133). Eine Jahresdurchschnittstemperatur von weniger als 6°C ist standortsökologischer Grenzwert. Daraus folgt eine geringe Produktion aufgrund der kurzen Vegetationszeit, sowie ein kühl-humides Klima. (vgl. SCHIEFER 1983:57f., STEIDL und RINGLER 1996:135, KLAPP 1951a:400f.). Auf der Schynigen Platte beträgt die durchschnittliche Temperatur tatsächlich etwa +1 °C, während sie in den Sommermonaten mit 9°C deutlich höher liegt (LÜDI 1948:200). Der Ertrag von typischen Magerrasen liegt unter 3500 kg/ha, weil sich erst dann Magerkeitszeiger ausdehnen können. Der Ertrag von Wiesen sinkt mit zunehmender Höhe, sobald der Minimumfaktor „Niederschlag“ von dem der „Temperatur“ abgelöst wird (vgl. SCHIEFER 1983:56, PFADENHAUER 1997:69f, KLAPP 1974:62). In der Versuchsweide wurden sogar in dem sehr ertragreichen Jahr 1996 3300 kg/ha in den ungedüngten Flächen nicht überschritten. Böden von Magerrasen sind (sommer)trocken, basenarm und wenig leistungsfähig. Sind sie wechselfeucht, dann meist flachgründig und leicht vernässend. Der Boden in der Versuchsweide ist reichhaltig und recht frisch, so daß nicht von einem absoluten Magerrasenstandort gesprochen werden kann. Die pH-Werte liegen konstant um 4,5. Auch durch Kulturmaßnahmen „verbesserte“ Nardeten reagieren sauer bis stark sauer (vgl. SCHIEFER 1983:57f., KLAPP 1965:319, KLAPP 1951a:400f., ROOS 1953:131, vgl. 4.12). Die Nutzung ist für die Ausbildung und Naturnähe von Magerrasen wesentlich (vgl. 6.5). Wie die meisten Magerrasen Mitteleuropas ist die Versuchsweide anthropo-zoogenen Ursprungs. Grasheiden; Trocken- und Magerrasen, die ohne oder mit schwacher Düngung beweidet oder gemäht werden, sind halbnatürlich (mesohemerob); die Vegetation ändert sich oft nach Aufhören der Nutzung. Magerrasen werden durch starke Düngung, Kalkung und häufigere Mahd oder Umbruch in naturferne (β-euhemerobe) Intensivgrünländer umgewandelt (vgl. LÜDI 1923/24:291, PFADENHAUER 1997:73, DIERSCHKE 1994:70). Die Versuchsweide ist ein meso-β-euhemerober Magerrasenstandort, der sich durch Düngung zumindest kurzfristig überführen läßt, resp. aus ertragreicheren Wiesen entstand. Magerrasen und Frischwiesen stehen, besonders auf der Schynigen Platte, durch Nutzung, Düngung und Meereshöhe miteinander in Verbindung (s. 2.3.3 und Abbildung 143).



N= Nardetumarten ; F= Festucetumarten . Die dritte Achse wäre die Meereshöhe .

Abbildung 143: Zusammenhang zwischen Nutzung und Düngung bei Magerrasenarten (N) und Festucetumarten

gebieten könnte. Bei den angesäten Flächen verhält sich die Homogenität während der Beweidung indifferent (in einigen Fällen Zunahme, in anderen Abnahme der flächenbezogenen Variabilität). Die zeitliche Variabilität wird durch die Beweidung bei den natürlichen Rasen durch die Beweidung erhöht (Rückkehr zum Ausgangszustand), bei den angesäten Flächen reduziert (Trend zum Nardetum).

(F)

Bei Düngung entwickelt sich angesäte Vegetation zwar zunächst anders, vor allem läuft die Besiedlung schneller und in Richtung Frischwiese, sie hat aber langfristig nur wenig Einfluß auf die Entwicklung der Vegetation. Hierzu werden einige zusätzliche alte Daten betrachtet. Die Bildung der Kürzel erfolgt wie bei den Vegetationstabellen (s. Tabelle 58)

Tabelle 58: Abkürzung der durch Ansaat in der Versuchsweide entstehenden Ausbildungen

Kürzel	Behandlung
N'S ⁹²	S = Saat Die sich nach Abschaben/Umgraben und Ansäen der Flächen entwickelnden Vegetationsformen (nur zur Beschreibung der Unterschiede Alpengarten/Versuchsweide)
N'S'Dgg	N'S'Ca N'S'NPKCa N'S'NPK N'S'O Nur für die Diskussion verwendete Untersuchung der Reaktion der Vegetation bei Neuansaat auf verschiedenen Standorten. Bildung der Abkürzungen analog.

Die natürliche Besiedlung nach Umbrechen und Ansaat mit verschiedenen Samenkombinationen führt in der Versuchsweide unabhängig vom Nährstoffstatus nach ca. 50 Jahren grundsätzlich wieder zu einem Nardetum (s. Abbildung 144). Voraussetzung ist allerdings möglicherweise die Beweidung. Dennoch ist auch nach 70 Jahren die Vegetation der Ausgangssituation vor dem Entfernen der Grasnarbe noch immer nicht vollkommen gleich (vgl. LÜDI 1948:46, LÜDI 1936:678, LÜDI 1959:7, HEGG 1984b:459ff.).

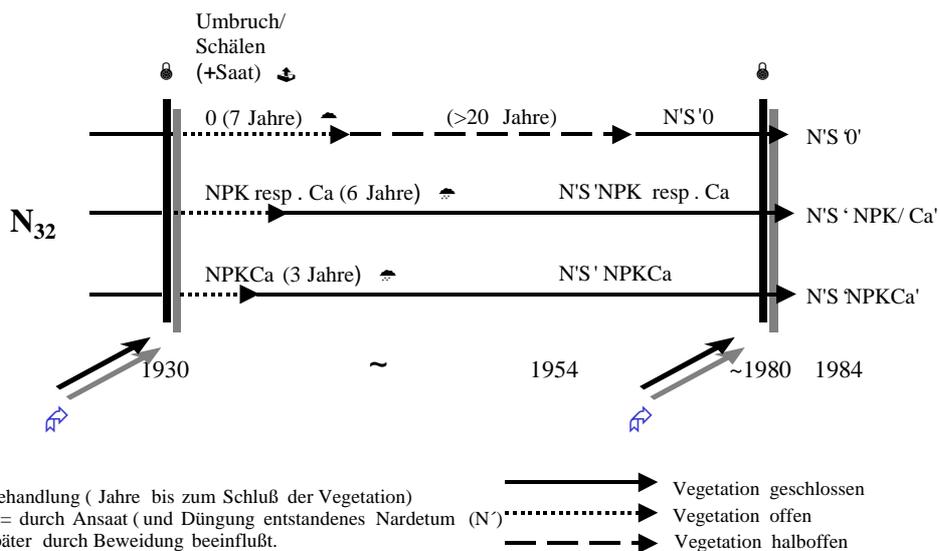


Abbildung 144: Reaktion des Standortes Versuchsweide auf Ansaat mit Düngung

Auch diese Beobachtung spricht dafür, daß die Ausbildung eines Borstgrasrasens in der Versuchsweide *nicht allein* durch Übernutzung bedingt ist. Der Ausgangszustand der Versuchsweide kann -abgesehen von der relativ großen Zahl an Frischwiesenarten- bedingt als „typischer“ Magerrasen gelten, obwohl die anthropogen bedingte Verhagerung offenbar schon recht weit fortgeschritten und nur teilweise reversibel ist, ist der Boden etwas zu frisch und zu reich an Nährstoffen. Mit der höhenbedingten geringen Temperatur liegt nur ein Wachsfaktor im definierten Grenzbereich (s. Tabelle 59).

⁹² „Saat“ beinhaltet hier auch Umgraben resp. Abschaben der Flächen

Tabelle 59: Einordnung der Versuchsweide als potentieller Magerrasenstandort

Parameter	Geltung für die Versuchsweide
Relativ große Zahl an Frischwiesenarten	-
Boden frisch und reich an Nährstoffen	-
Genese (Rodung + Beweidung)	(+)
Anthropogen bedingte, tw. reversible Aushagerung	(+)
Lage an der Baumgrenze	(+)
Meereshöhe	(+)
Durchschnittstemperatur	+
pH-Werte	+
Ertrag	+

6.7 Stabilität der untersuchten Vegetation

LÜDI beschreibt schon früh eine „außerordentliche Plastizität“ des Rasens in der Versuchsweide (LÜDI 1941a:18). Während ohne Beweidung nach 15 Jahren keine Veränderung in der Versuchsweide zu beobachten war, entdeckte er später Andeutungen einer Entwicklung zu einem „Fichtenwald“ (vgl. LÜDI 1948:47, LÜDI 1959:8). Aber trotz der gefundenen Auswirkungen der Düngung und Nutzungswechsel bleibt das Nardetum als solches in der Versuchsweide erhalten. Allerdings sind die Flächen heute einander nicht gleich, sie sind zwischeneinander inhomogener, haben aber höhere E-Werte als 1930 und auch die Nullflächen haben sich in Bezug zum Standardnardetum verändert. Was läßt sich damit in Zusammenhang mit den Kenntnissen über die Entstehung des Nardetums über die Stabilität der Versuchsweide ableiten?

Fluktuationen sind langsame und schwer sichtbar dynamische Prozesse: Kurzzeitig und längerfristige zyklische (Periodizität), sowie kurz- und langfristige gerichtete nicht-zyklische Prozesse (Suzessionen). Während Fluktuationen in reifen Ökosystemen mehrere Jahrzehnte dauern können, ist für einzelne Arten oft nur Wechsel von wenigen Jahren wichtig. Diese Interaktionen sind sehr spezifisch, spielen jedoch in der Kurzzeitbeobachtung aufgrund der relativen Langsamkeit, in der Langzeitbeobachtung wegen der Kurzfristigkeit oft keine große Rolle. Da Ökosysteme „offen“ sind, entfaltet und erhält das Wechselspiel von Dynamik und Stabilität ein stabiles Fließgleichgewicht (vgl. PFADENHAUER 1997:74ff., HERBEN et al. 1993:173ff.). Kurzfristige Suzessionsveränderungen (bis zu 20 Jahren) wie in der Versuchsweide werden von der Dichte des Bestandes bestimmt (BAKKER and DE VRIES 1985:296). Die Vegetation der Versuchsweide wurde daher in einem mittelfristigen Rahmen untersucht (vgl. 6.1), leider sind die Abstände immer noch zu groß (vgl. 6.1.13).

Es ist nicht immer sicher, ob die ungestörte Entwicklung in eine Klimaxgesellschaft mündet und es einen stabilen Gleichgewichtszustand gibt. Die obengenannten Prozesse überlagern sich gegenseitig und können allogen oder autogen verursacht sein. Veränderungen sind oft erst entscheidend, wenn klar ist, daß sie irreversibel sind. Vor allem Standortsveränderungen durch anthropogene regressive Sukzession führen nicht mehr zur primären Klimax. Vegetation wird als stabil betrachtet, wenn die Änderung in Kräuter-, Leguminosen-, Gräser- und Moosdeckung je < 20 % ist, < 30 % Gesamtänderung können toleriert werden (vgl. dazu Zugehörigkeitsdiagramme und WEBER et al. 1994:190, GIGON 1983:100, LÜTTGE 1988:359, PFADENHAUER 1997:74ff., KELLER 1986:28f., SCHEFFRAN 1998:25). Die Veränderungen in der Vegetation betragen in fast allen Fällen weniger als 70 % und nehmen nach Ende der Einwirkungen wieder deutlich ab, was auf Stabilität hinweist. Damit scheinen die Veränderungen reversibel zu sein.

An der Grenze der Stabilität können sich aber kleine Eingriffe (Änderung der Produktivität, Aussterben einer wichtigen Population) anhäufen und irreversible Veränderungen verursachen. Meist ist dies verbunden mit einer Verringerung der Artenvielfalt. Es ist unterschiedlich, wieviele Arten aussterben müssen, ehe die Existenz des Systems gefährdet ist. Vor dem Zusammenbruch gibt es vor allem in artenarmen Ökosystemen meist keine Warnung. In einem komplexeren Ökosystem kann schon lange vor dem Zusammenbruch eine Veränderung zu verzeichnen sein, solange der Einfluß graduell ist. Je nach Schwere der Störung (z. B. Rodung), kann es außerdem lange dauern, bis der Ausgangszustand wieder erreicht ist, sofern der Biotop nicht grundsätzlich verändert wird. Der Restitutionserfolg ist oft am größten, wenn die Störung kurzfristig war (vgl. STEIDL und RINGLER 1996:201, SCHEFFRAN 1998:26ff., LERCH 1991:26, ROSENZWEIG 1971:385, RIEBESELL 1974:186). Es gibt aufgrund der Artenzunahme bisher keinen Hinweis auf einen Zusammenbruch des Systems „Nardetum“, sogar gefährdete Arten wie *Arnica montana* sind noch zu finden. Damit gibt es keinen aktuellen Hinweis auf eine bevorstehende existenzgefährdende Veränderung.

Zwischen Umweltfaktoren, Pflanzenmetabolismus und Aussehen der Vegetation besteht ein enger Zusammenhang. Vor allem die Artenzusammensetzung einer Pflanzengemeinschaft bestimmt, ob sie sich über Jahrzehnte halten kann. Individuen von koloniebildenden Kraut-, Gras- und Seggenarten, wie in der Versuchsweide reichlich gefunden wurden, reagieren plastisch auf Umweltveränderungen, haben eine lange Lebensdauer (bis zu 1000 Jahren) und sorgen so für Stabilität (SCHÜTZ et al. 1998b:5, STEINGER et al. 1996:94). Großer Artenreichtum und damit viele Interaktionen in adulten Klimaxökosysteme bedeuten aber nicht automatisch Stabilität. Weder das untersuchte Nardetum N₃₂ noch das angestrebte Festucetum F₂₈ sind zu Beginn oder nach Ende der Versuche als Klimaxgesellschaften anzusehen (vgl. 2.3.6). In den Flächen wandern Arten ein und sterben aus. Artenzahl und –zusammensetzung in den untersuchten Flächen blieben während der Untersuchungen weitgehend gleich, während die Deckungsverhältnisse stark schwanken. Das Überdauern des Komplexes „Nardetum der Versuchsweide“ wie LÜDI es zu Beginn der dreißiger Jahre vorgefunden hat, ist trotz der Vielzahl der Einflüsse bisher im großen und ganzen gewährleistet. Er bleibt trotz leichter Änderungen ohne Zweifel erhalten. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Zustandsbeschreibungen (N → N'Dgg → N'Dgg'Weide oder N₃₂ → N'Null'97 resp. N'NPKCa'89 etc.) werden nicht als neue Vegetationsform, sondern nur als weitere Ausbildung interpretiert.

Die bisher nicht bewiesene Annahme „hohe Diversität = hohe Stabilität = wünschenswert“⁹³ ist allerdings aus der Sicht des Naturschutzes nicht vorbehaltlos als positiv zu beurteilen, denn zwischen Naturnähe und Diversität besteht kein naturgesetzlicher Zusammenhang (BLAB et al. 1995:11ff., AMMER et al. 1995:107ff.). Zufällig konstruierte Nahrungsnetze in mathematischen Modellen sind als artenarme Systeme stabiler und werden mit zunehmender Komplexität instabiler, weil alle Wechselwirkungen mit einbezogen werden. Der Terminus „Stabilität“ charakterisierte ursprünglich simple dynamische Modelle. Einfache Systeme sind leichter zu erfassen, reagieren gegenüber Störungen oft instabiler, können aber rascher regeneriert werden als komplexe Systeme⁹⁴, deren (Wieder)herstellung einen langen evolutionären Prozeß benötigt. Nach einem Bauplan (Nahrungspyramide) strukturierte Systeme werden mit zunehmender Komplexität stabiler, weil

⁹³ „Stabilität durch Diversität“ ist falsch hinsichtlich der Erhaltung eines bestimmten Typs von Ökosystem (So-sein), nicht aber hinsichtlich der Erhaltung des Lebens und der Fortsetzung ökosystemarer Evolution (Da-sein) allgemein (SCHEFFRAN 1998:39).

⁹⁴ Die ungeheure Komplexität der Materie führt zu vereinfachenden Beschreibungen der Stabilität. Komplexität ist nicht nur die Eigenschaft eines Systems oder Sachverhalts, sondern auch die Interaktion zwischen Beobachter und Gegenstand. Ein Sachverhalt kann durchaus als „zu“ komplex empfunden werden. Selbst das Verstehen von Komplexität setzt eine Untersuchung dieser Interaktion voraus (SCHEFFRAN 1998:34f.).

Verbindungen deutlicher sein (Symbiosen) oder fehlen (Evolution) können, aber komplexe Ökosysteme (mit großer Diversität) sind nicht grundsätzlich stabiler als einfache, weil sie kein Netz sind, dessen Stabilität von der Anzahl der Seile und Knoten besteht. Evolutionär entstandene Vernetzungen führen zu redundanten Verknüpfungen und Rückkopplungen, die erst „gebraucht“ werden, wenn Störungen das Ökosystem aus dem Gleichgewicht gebracht haben. Werden auch sie zerrissen, ist der point of no return erreicht. Aber auch Instabilität hält nicht für immer an. Früher oder später stellt sich ein neuer Gleichgewichtszustand ein (vgl. GRIMM und WISSEL 1997:330, SCHEFFRAN 1998:34f, HAAG 1974:111, PFADENHAUER 1997:120, EHRENFELD 1997:143ff., BAKKER und DE VRIES 1985:296, LENZIN-HUNZIKER 1991:4, GIGON 1983:96, MAY 1974:645ff.). Die untersuchte Vegetation verfügt offenbar über viele „Knoten“ und „Verknüpfungen“. Von Instabilität kann in der Versuchsweide daher nicht gesprochen werden. Wie kann man die gefundene Stabilität einordnen?

Schlüsselbegriffe für das Verständnis dynamischer Systeme sind Komplexität und Stabilität. Trotz häufiger Verwendung liegt keine eindeutige Begriffsklärung vor (SCHEFFRAN 1998:25). Tabelle 60 stellt die Reduktion der Begriffsvielfalt nach GRIMM und WISSEL (1997:325ff.) und die mögliche Einordnung für die Versuchsweide dar. Die drei letzten Begriffe beziehen sich auf die Instabilität. Auf eine Definition für „Stabilität“⁹⁵ wird von den Autoren aufgrund der Überbelegung⁹⁶ des Begriffes verzichtet, denn Stabilität läßt sich immer aufteilen in Konstanz, Resilienz oder Persistenz. Demnach liegt für die Versuchsweide möglicherweise „Elastizität“ resp. „Resilienz“ vor.

Tabelle 60: Stabilitätskonzepte

Parameter	Erklärung	Geltung für die Versuchsweide	Quelle
Konstanz	Systemeigenschaften im wesentlichen unverändert	-	SCHEFFRAN 1998:28
Persistenz	Beharrlichkeit während eines Zeitraums	-	SCHEFFRAN 1998:28
Resistenz	Trotz Störung bleiben die Systemeigenschaften unverändert. Ein <i>Nardus stricta</i> -Rasen zeigt z. B. auch nach 7 Jahren Düngung von 150 kg P/ha keine Veränderung.	-	SCHEFFRAN 1998:28 GIGON 1983:99
Resilienz	Rückkehr nach Störung in den Referenzzustand nach kurzzeitiger Störung	+/-	SCHEFFRAN 1998:28
Elastizität	Das Ökosystem nimmt als Ganzes nach Abweichungen in Struktur und Funktionsweise seinen Ausgangszustand wieder ein, sobald die Ausgangsbedingungen wiederkehren ⁹⁷ . Geschwindigkeit der Rückkehr in Referenzzustand (-dynamik) nach temporärer Störung.	+/-	LERCH 1991:26 SCHEFFRAN 1998:28
Anziehungspunkte	Endzustände, die vom Referenzzustand nach kurzzeitiger Störung wieder erreicht werden können	?	GRIMM und WISSEL 1997:326
Strukturstabilität	Qualitative Erhaltung bei geringfügigen Änderungen.	+	SCHEFFRAN 1998:28
Instabilität	Kleine Veränderungen führen zu einem Übergang in qualitativ neues System. Ein Prozeß irreversibler Veränderung mit einem Trend zu neuem Gleichgewicht. Instabile Ökosysteme sterben durch Selektion rasch aus.	(-)	SCHEFFRAN 1998:28ff., WISSEL 1989:216
Chaos	Zusammenbruch der Langzeit-Vorhersagbarkeit.	-	

⁹⁵ z. B. „Ökologische Stabilität von Pflanzengesellschaften ist die fortdauernde Existenz und die Fähigkeit, nach einer Veränderung den Originalstatus wiederzuerlangen. Elemente sind gegen Veränderungen resistent. Keine Änderung“ (GIGON 1983:96)

⁹⁶ Es wurden bis 1997 70 Stabilitätskonzepte mit 163 Definitionen veröffentlicht. Diese Vielfalt führte zu dem Vorwurf, Stabilität sei „einer der nebulösesten Begriffe in der gesamten Ökologie“ (GRIMM und WISSEL 1997:323).

⁹⁷ Dies wirft die Frage auf, ob die Endstadien von Sukzessionen von den Ausgangsstadien beeinflusst werden können (LÜTTGE 1988:360).

| Kleine Störung → große Veränderungen

| nach GRIMM und WISSEL 1997:325ff., erweitert

Die ersten sechs Punkte der Tabelle lassen sich auf drei grundlegende Parameter zusammenfassen: 1. Bleibt grundsätzlich gleich, 2. Kehrt nach Störung zurück, 3. Unverändert. Während sich Fall 1 auf einen Referenzzustand (in diesem Fall auf N₃₂) bezieht, läßt sich Fall 2 als Wiedererkennbarkeit der Entität auffassen.

Gelten diese Einteilungen auch für eine halbnatürliche Gesellschaft wie ein Nardetum? Dieses reagiert auf „nichts“ mit Konstanz, auf eine Lawine, gefolgt von normalem Management mit Resistenz, auf normales Management mit grasen und heuen mit Resilienz, auf kurzfristiges (3 Jahre) intensives Trampeln von Rindern mit Elastizität in der Regeneration und auf Skipistenplanung mit Instabilität. Die Stabilitätsaussage wird also in hohem Ausmaß durch den gewählten Maßstab und die Art der Störung bestimmt (GIGON 1983:100). Anthropogen beeinflusste Stabilitätstypen können nach Abbildung 145 zugeordnet werden. Auf das Nardetum in der Versuchsweide N₃₂, eingeteilt als anthropogen stabilisierte, degradierte Vegetation (WIKUS 1987:225), wird eine anthropogene Störung ausgeübt (Düngung und Nutzungswechsel). Oszillationen sind nicht bekannt (vgl. 6.1.13). Demnach liegt entweder eine anthropogene Elastizität (4) oder Resistenz (3) vor.

Typology of ecological

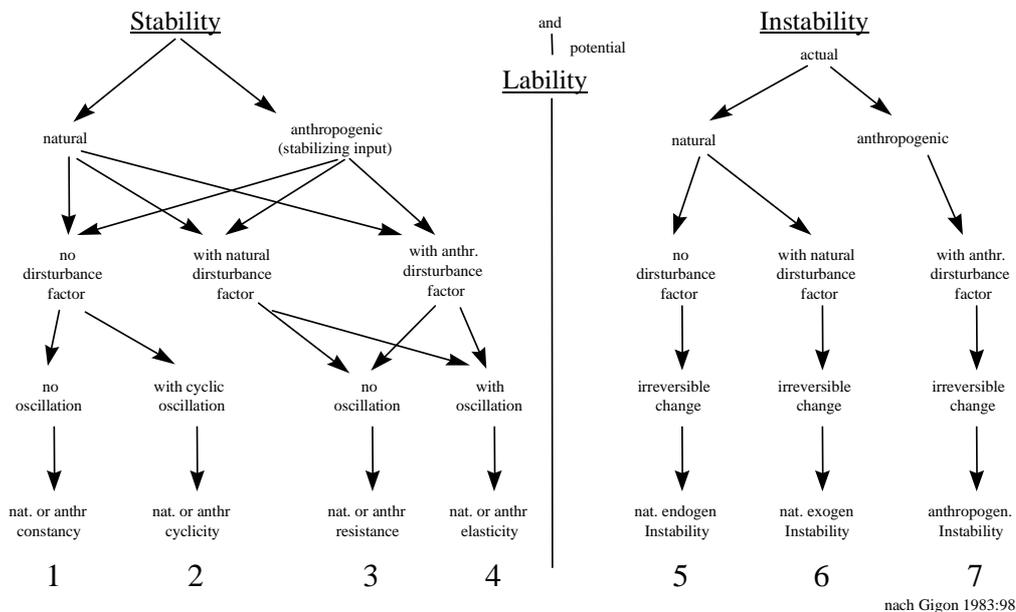


Abbildung 145: Stabilitäts- und Instabilitätstypen für natürliche und anthropogen beeinflusste Pflanzengesellschaften

nach GIGON 1983:98

Die unterschiedlichen Beurteilungen zeigen, daß eine genauere Betrachtung notwendig ist. Um zu beurteilen, ob sich die Systemeigenschaften ändern, müssen die bestimmenden Parameter des Systems bekannt sein und die Informationen geordnet werden. Dann kann man den Stabilitätstyp nach der ökologischen Checkliste nach GRIMM und WISSEL (1997:329) zuordnen (s. Tabelle 61).

Tabelle 61: minimaler Begriffsrahmen für Stabilitätsaussagen

Element	Erklärung	Geltung für die Versuchsweide
Referenzzustand	Welches System soll auf Stabilität untersucht werden?	Nardetum N ₃₂
Ebene der Beschreibung	Auf welchem Level wird die Stabilität untersucht?	Vegetationszusammensetzung/Einzelart
Interessierende Variable	Welche Variable wird betrachtet?	Biomasse, Nährstoffe, pH-Werte, Artenzusammensetzung, Deckungsverhältnisse, relative Ähnlichkeit

Eigenschaft	Ist die Eigenschaft eines Systemzustandes (in)stabil?	in Zeit und Raum, Zeigerwerte Aussehen der Vegetation
Ausmaß der Änderungen Art und Dauer der Störung	Wird ein Übergang erreicht? Gegenüber welchen Störungen ist die Systemeigenschaft (in)stabil?	$N_{32} \rightarrow F_{28}$? 2-12 Jahre Düngung + „Nutzung“ 37 Jahre Mahd vs. ca. 13 Jahre Beweidung
Geschwindigkeit der Rückentwicklung Vorhandensein innerer Zyklen	Ist die Veränderung reversibel? In welchem Zeitrahmen? Werden die Veränderungen durch interne Oszillationen überlagert/verstärkt?	$N_{32} \rightarrow N'NPKCa \rightarrow N'NPKCa' \rightarrow (N'_{32})$ Am vorhandenen Datensatz schwer erkennbar
Zeitrahmen der Beobachtung	In welchem Zeitraum ist die Systemeigenschaft gegenüber Störungen (in)stabil?	3 Jahre (Einzelart) resp. 70 Jahre (Gesellschaft)
Wahrscheinlichkeit	Mit welcher Wahrscheinlichkeit ist die Systemeigenschaft während des Zeitraums gegenüber der Störung (in)stabil?	Elastisch, resilient resp. strukturstabil
Größe der Versuchsfläche	Ist die Größe der Versuchseinheit zum Erkennen der Änderungen geeignet?	1 m ² , Schynige Platte, Borstgrasrasen allgemein

nach GRIMM und WISSEL 1997:329 und SCHEFFRAN 1998:28, erweitert

Sind diese Fragen beantwortet, erhält man eine ökologische Situation, auf die sich die Stabilitätsaussage beziehen läßt. Für das Nardetum N_{32} ist im Hinblick auf die Vegetationszusammensetzung, Biomasse, Nährstoffkonzentrationen, pH-Werte, Artenzusammensetzung, Deckungsverhältnisse, relative Ähnlichkeit in Bezug auf Zeit und Raum, Zeigerwerte keine Veränderung von $N_{32} \rightarrow F_{28}$ nach 2-12 Jahren Düngung + „Nutzung“ und 37 Jahren Mahd vs. ca. 13 Jahren Beweidung erkennbar. Die Rückentwicklung erfolgt nach der Störung über $N_{32} \rightarrow N'NPKCa \rightarrow N'NPKCa' \rightarrow (N'_{32})$. Das Vorhandensein innerer Zyklen ist am vorhandenen Datensatz schwer erkennbar (6.1.13). Eine Oszillation der Versuchsweide ist im großen zeitlichen Maßstab zu nur erkennen, wenn man den Wechsel zwischen den beschriebenen Ausbildungen (z. B. $N'Ca' \neq N'NPKCa'$) als Veränderung anerkennt. In einem Zeitraum von 3 Jahren (Einzelart) resp. 70 Jahren (Gesellschaftsebene) ist die Vegetation elastisch, resilient resp. strukturstabil. Diese Aussage gilt für 1 m²-Flächen im Nardetum der Schynigen Platte und nur bedingt für Borstgrasrasen allgemein. GIGON (1983:100) schlägt für die Untersuchung von Stabilität in alpinem Grasland einen Beobachtungszeitraum von 5-20 Jahren in einer 0,1-0,5 ha großen, homogenen Fläche vor. Eine Messung alle 10/20 Jahre ist zum Sichtbarmachen kleinerer Veränderungen tatsächlich zuwenig. Die Aussage „Strukturstabilität“ kann nur im Hinblick auf das heutige Aussehen der Vegetation (N'_{32}) festgehalten werden. Angesichts der Tatsache, daß die Ausgangsbedingungen (Weide) zwischenzeitlich zurückgekehrt sind und sich die Ähnlichkeit der Flächen zu N_{32} daraufhin wieder deutlich erhöhte, kann von „Resilienz“ und „Elastizität“ gesprochen werden. Es ist leider unklar, ob die Rückkehr auch ohne Beweidung in diesem Ausmaß erfolgt wäre. Die Vegetation entwickelt sich bei Mahd/keiner Nutzung von N_{32} weg und bei Weide (wieder) zu diesem hin, ist ihm aber bis heute nicht identisch, was auch daran liegen kann, daß die Arten des Nardetums langfristig anders reagieren als diejenigen der Milchkrautweide, die die großen Unterschiede verursachen. Durch Mahd/Beweidung wird eine Sukzessionsumkehr erzwungen (regressive Sukzession). Die nach Nutzungsaufgabe erfolgende sekundäre progressive Sukzession hat aufgrund veränderter Bedingungen (Klima/Immissionen, vgl. 6.1.14) nicht ganz dieselbe Richtung wie die unterbrochene primäre progressive Sukzession (PFADENHAUER 1997:83).

Eine genaue Einteilung ist also v. a. vom Zeitpunkt der Beurteilung abhängig: Innerhalb von 2-3 Jahren erfolgt nach Düngung der Versuchsweide eine völlige Umstellung der Deckungsverhältnisse

mit Ausbreitung von Arten, die vorher kaum zu finden waren (Instabilität). Aber schon nach wenigen Jahren notiert LÜDI zum Teil deutliche „Zerfallserscheinungen“ (LÜDI 1941b:19, LÜDI 1959:5). 20 Jahre nach Ende der Düngung strebten die Flächen wieder zur Borstgrasheide zurück (Resilienz?). Die Rückentwicklung setzte bei der NPK-Düngung bereits vor der Beweidung ein und wird durch dieselbe deutlich gefördert (Elastizität?). Die Rückentwicklung ist aber bis zum heutigen Tage nicht vollständig. Auswirkungen der Behandlungen sind noch immer als „Schachbrettmuster“ in der Versuchsweide zu sehen. Diese Flächen stellen jedoch keine Flecken von Milchkrutweide innerhalb eines Nardetums dar, sondern eher noch etwas weniger typische Nardeten in einem bereits 1930 untypischen Borstgrasrasen (Strukturstabilität). Entspricht dies der von LÜDI geäußerten Feststellung, daß es sich bei der Versuchsweide um ein „richtiges“ Nardetum handelt, das Einflüssen gut zu widerstehen vermag (Resistenz?)? (vgl. KELLER 1986:28f, LÜDI 1959:5ff., LÜDI 1936:635, LÜDI 1941a:18f., HEGG 1984c:145, DÄHLER 1993:8, eigene Beobachtung 1994-96). Die Eigenschaften der Vegetation der Versuchsweide können also je nach beobachteten Parametern und Zeitraum mehreren Stabilitätstypen entsprechen. Abbildung 146 zeigt eine mögliche Einordnung der gefundenen Ausbildungen bei zwei Düngungen und den Nullflächen. Grau ist der heutige Zustand dargestellt, die möglichen Anziehungspunkte, zu denen sich die Vegetation entwickeln kann, werden mit einem Fragezeichen versehen. Entscheidend für die Einordnung ist der Zeitpunkt der Betrachtung, da die errechnete Ähnlichkeit zum Ausgangszustand sich stetig ändert.

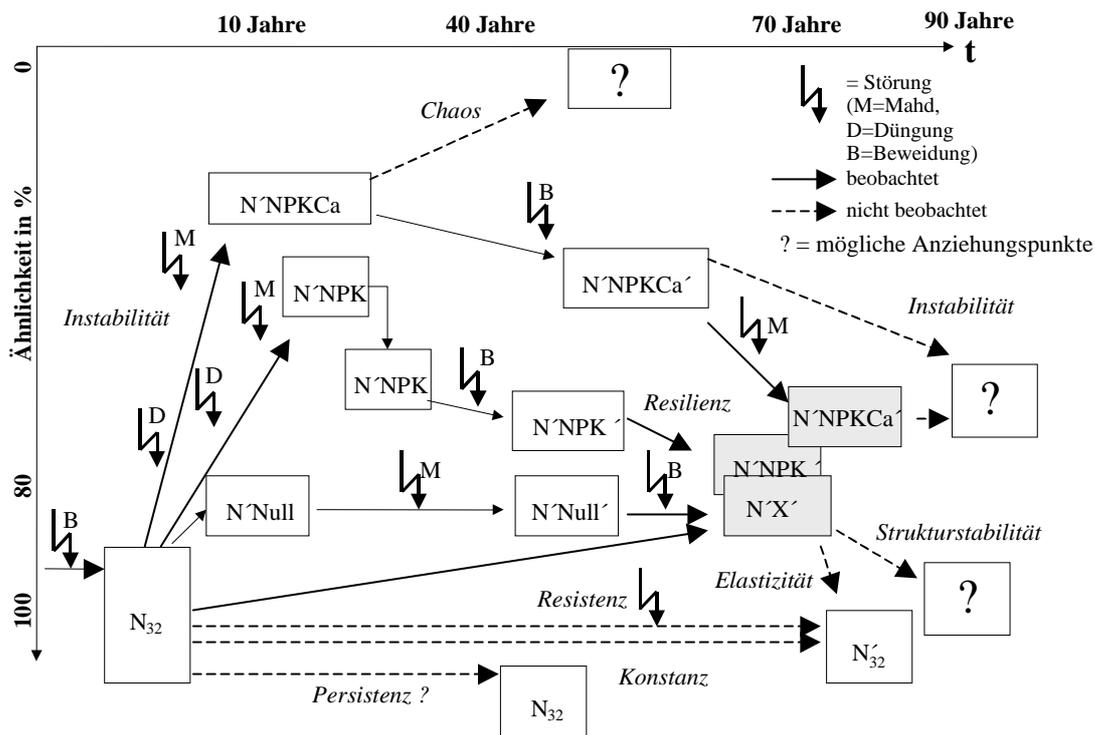


Abbildung 146: Stabilitätstypen in der Vegetation der Versuchsweide in Abhängigkeit von Ausmaß der Störung und Dauer der Beobachtung

Die Ergebnisse zeigen die langfristigen Änderungen in der Versuchsweide nach Manipulationen nur ansatzweise, da nur 3 von 17 Behandlungen untersucht werden konnten. Erklärungen für die gefundene Stabilität können in der Entwicklung der Flächen nach Entfernen der Vegetation sein.

6.8 Schwund und Schutz der Borstgrasrasen

Während 1940 die schweizerischen Alpweiden mit 6900 km² 17 % der Gesamtoberfläche der Schweiz einnahmen, errechnete MARSCHALL (1958:81), daß zu Beginn der sechziger Jahre Schweizerische Alpweiden (Magerrasenbestände) ca. 1 Mio. Hektar (1/4 der Oberfläche des Landes und beinahe 50 % des landwirtschaftlich genutzten Bodens) bedeckten. 1996 bedecken Wiesen und Weiden (inkl. Alpweiden) bereits 42 % der Fläche der Schweiz, insgesamt mehr als 80 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche in der Schweiz. Bis in die sechziger Jahre des Jahrhunderts gab es⁹⁸ eine große Vielfalt des Grünlands. Dieselben Bewirtschaftungsmethoden⁹⁹ waren über Jahrhunderte hinweg wirksam (vgl. PFADENHAUER 1997:224, STEIDL und RINGLER 1996:40, LÜDI 1941b:20, SCHUBIGER et al. 1998:245).

Seit 1850 findet ein starker Rückgang extremer Standorte wie Magerrasen und deren Arten¹⁰⁰ und Lebensgemeinschaften statt. Zu Beginn dieses Jahrhunderts war für LÜDI und seine Zeitgenossen nicht primär die Vermehrung, sondern vor allem die Verbesserung der bestehenden Alpweiden notwendig, da der Umfang und damit der Ertrag des Graslandes in tieferen Lagen durch die Zunahme des Ackerbaus abnahm. Noch vor 50 Jahren „besetzten“ Magerrasen „platzraubend und bodenzerstörend“ großflächig gutes Weideland. Das Borstgras war der Erzfeind der Gebirgsweidewirtschaft. Während *Nardus stricta* starke Versauerung, Verarmung (Rohhumusanreicherung) und Durchfeuchtungsunterschiede gut verträgt, reagiert es empfindlich auf anhaltende Schonung des Bestandes, Neutralisierung und wiederholtes, gleichmäßiges Abmähen und Abweiden (KLAPP 1944:33). LÜDI beherzigte -bis auf die Beweidung- die meisten der in den dreißiger Jahren publizierten Bekämpfungsvorschläge bei der Planung und Anlage der Versuchsweide (und den Flächen im Alpengarten, vgl. Methode). Seitdem (1960-1990) wurde eine Flächenabnahme um 97 % dokumentiert. Seit Anfang der achtziger Jahre gehen auch die Nardeta außerhalb der alpinen Flächen und damit einst verbreitete Arten zurück. Heute sind die Borstgrasbestände fast überall vom Aussterben bedroht. Ca. 30 % der Magerrasenzeiger sind heute gefährdet. Aus dem Überflußbiotop „bodensaurer Magerrasen“ ist durch gewaltige Kultivierungsmaßnahmen ein Mangelbiotop geworden. Der Grund ist neben der Nutzungsumwidmung (Aufforstung, Umbrechen) nicht nur der Nährstoffeintrag, sondern auch die Nutzungsaufgabe (vgl. KLAPP 1944:32f.¹⁰¹, HUTTER 1993:83, OBERDORFER 1983:434, PFADENHAUER 1997:71ff., STEIDL und RINGLER 1996:17ff., WILMANN 1993:229f., STEIDL und RINGLER 1996:162).

Es wird oft behauptet, daß der Naturschutz (und damit auch die Pflege von Magerwiesen wie dem untersuchten Nardetum) zu teuer ist. Angeblich können wir uns einen Schutz in Form von Pflegemaßnahmen (gerade heute) nicht leisten, so wie sich LÜDI seinerzeit nicht leisten konnte, auf ein Zurückdrängen der Borstgraswiesen zu verzichten. Nachdem LÜDI in Zeiten der Not im wahrsten

⁹⁸ in Abhängigkeit von Wasserhaushalt, Relief, natürlicher Trophie, sowie Nutzungsweise und -intensität

⁹⁹ mit Begleiterscheinungen (Aufreißen der Pflanzendecke durch Klauen, Narbenöffnung durch Wühlmäuse, Abbrennen etc.)

¹⁰⁰ z. B. Glazialrelikte wie *Arnica montana* und *Leontodon helveticus*

¹⁰¹ KLAPP (1944:32f.) berichtet über die „gefährliche Bedeutung“ des Borstgrases und dem Verdienst einzelner, „tatkräftig an seiner Bekämpfung“ mitgearbeitet zu haben. Es sollte mit allen Mitteln bekämpft werden, um es durch bessere Weidepflanzen zu ersetzen. Die Vorschläge zur Bekämpfung wurden auf die Achillesfersen von *Nardus stricta* zugeschnitten¹⁰¹. Als konsequentes Handeln galt Vernichtung mit Stumpf und Stiel oder Verdrängung durch Förderung einer besseren Weideflora!. Borstgrasweiden, lassen sich nur mit großem Aufwand an Dünger und nur sehr langsam verbessern. Dauerhafte Veränderungen finden durch Einleitung besserer Humuszersetzung durch Kalk und organische Dünger (Mist, Rinderkot, Gülle, Jauche) und wässern statt. Dünger allein genügt auf vielbegangenen Weiden nicht zur Vertilgung, wie auch durch die vorliegenden Ergebnisse gezeigt wird (STEIDL und RINGLER 1996:192, KLAPP 1944:36, STEBLER UND SCHOETER 1888:141ff., MARSCHALL 1958:82, STEBLER UND SCHOETER 1888:150),

Sinne des Wortes die Mobilisierung aller verfügbaren Nährstoffe postuliert, ist er sich dennoch bewußt, daß er zu einem unverantwortlichen Raubbau aufruft. „Abgesehen davon, daß es immer noch besser ist, diese (d. h. die Nährstoffvorräte des Bodens) zugänglich zu machen als ungenutzt liegen zu lassen, besitzen wir immer noch die Möglichkeit, die Übernutzung in besseren Zeiten wieder auszugleichen. Schwere Zeiten erfordern auch besondere Mittel“ (LÜDI 1941b:23f.). LÜDI betont in derselben Arbeit aber bereits die Grundprinzipien des Schutzes der Natur in den Alpen. Wenngleich er die Rodung von Alpenrosenbeständen und deren Umwandlung in Fettweiden vorschlägt, sollte man (trotz der angespannten Situation 1941!) charakteristische Bestände als Naturdenkmäler stehenlassen“ (LÜDI 1941b:23f.). LÜDI war sich der Gefahr einer allzu umfassenden Melioration also sehr wohl bewußt. Naturschutz muß aber nicht unwirtschaftlicher sein als intensive Landwirtschaft. Die Frage, ob die Pflege von naturschutzrelevanten Biotopen unwirtschaftlich sei, impliziert, daß „die Aktivitäten, welche (sie) überall von der Fläche verdrängen, profitabel, zumindest aber wirtschaftlich tragbar sind (vgl. LÜDI 1941:20, HAMPICKE 1997:253ff.).

Die Düngeversuche auf der Schynigen Platte zeigen die Ursachen des bis heute aktuellen Dilemmas zwischen Landwirtschaft und Naturschutz. Am Anfang stand der Kampf des Menschen gegen die Unterversorgung. Nach dem 2. Weltkrieg führte der starke Produktionsschub dazu, daß lang ersehnte Ziele in der Urbarmachung der Landschaft erreicht und überschritten werden konnten. Stellvertretend für das Gros der Magerrasen zeigen die Versuche von LÜDI, wie wenig erfolgreich der „Kampf“ gegen die störrische Natur ausfallen kann, obwohl dem Menschen Instrumente zu ihrer Bändigung (hier in Form von Minereraldünger) zur Verfügung stehen. Auch LÜDI war sich bewußt, daß extreme Eingriffe zur Ertragssteigerung unter „normalen“ Umständen, d. h. in Friedenszeiten, unterlassen bleiben sollten. Nachdem aus dem Kampf des Menschen gegen den Hunger ein Kampf gegen die Zerstörung seiner Lebensgrundlagen geworden ist, kann an der Versuchsweide beispielhaft die Frage gestellt werden: Welches Stadium „Natur“ soll geschützt werden? Was wollen wir? Ist ein *Nardetum* besser als ein *Festucetum*? Ist es diverser? Ist es natürlicher, stabiler oder wünschenswerter? Eine Antwort darauf kann die abnehmende Häufigkeit der Borstgrasbestände sein, welche den Wert bestimmt, denn auch Seltenheit verleiht Wert (vgl. LÜDI 1941b:23f, EHRENFELD 1997:140).

Das Ziel der Alpnutzung besteht heute darin, Nutztiere angemessen zu ernähren und die Kulturlandschaft zu pflegen. Extensivbeweidung durch Rinder dürfte das optimale Pflegemanagement für *Arnica montana* darstellen, obwohl deren (sub)alpine Vorkommen auch an anderen Orten durch zeitweiliges Aussetzen der Beweidung gefördert wurden. Wenn eine Dauerpflege durch Beweidung nicht mehr möglich ist, kann als Ersatz i. d. R. nur eine Mahd stattfinden, auch wenn dadurch Veränderungen in der Biozönose hinzunehmen sind, ausgelöst durch Strukturveränderungen und qualitative bzw. quantitative Bestandumschichtungen. Nach Einführung der Beweidung auf Brachen werden in den ersten Jahren gute Futterpflanzen gefördert, danach gehen die Anteile bei Ausbleiben der Düngung zurück, während Borstgrasarten zunehmen. Die Wiederherstellung von Borstgrasweiden ist also nur zum Teil durch Versauerung und Nährstoffverarmung, sondern in weit größerem Maße durch veränderte Weideregulung und Nährstoffentzug möglich. Will man *Arnica montana* (und ähnliche Arten) halten, so müssen die Flächen moderat betreten, leicht beweidet oder gemäht werden (vgl. WEGENER und REICHHOFF 1989:193, STEIDL und RINGLER 1996:134ff., SCHUBIGER et al. 1996:285, BRAUN 1980:98, PEGTEL 1994:109).

6.9 Einordnung der Ergebnisse

Vegetationskundliche Untersuchungsergebnisse sollen sich auf das gesamte untersuchte Gebiet, und nicht nur auf die untersuchten Flächen beziehen, aber selbst bei ähnlichen, eng benachbarten Flächen wie den beiden von LÜDI untersuchten Standorten auf der Schynigen Platte ist die Übertragbarkeit von Ergebnissen nahezu identischer Versuchsreihen heikel (vgl. FISCHER und WACHTER 1993:116ff., KRÜSI 1978:134, WILDI 1986a:18). Können die Ergebnisse aus der Versuchsweide hinsichtlich ihrer botanischen Zusammensetzung nicht einmal für die Schynige Platte verallgemeinert werden, wie bereits LÜDI feststellte, weil die Erkenntnisse für tiefgründigen Dogger mit gebundenen Nährstoffen und damit für „untypische“ Borstgrasbestände gelten (LÜDI 1959:8)? Die Überlegungen zur Stabilität zeigten, daß Aussagen in einer bestimmten ökologischen Situation verankert sein müssen und nicht generalisiert werden soll. Andererseits können Ergebnisse anderer Langzeituntersuchungen mit Hilfe Tabelle 60 auf dasselbe „Koordinatennetz“ geeicht werden, so daß ein Vergleich möglich ist (vgl. GRIMM und WISSEL 1997:330).

Wie gezeigt, eignen sich individuelle populationsbiologische Untersuchungen nur bedingt für die Vorhersage von Produktionsreaktionen alpiner Gesellschaften. Änderungen durch Düngung können in einem System in jede Richtung ausschlagen. Jedes Jahr machen andere Arten unterschiedlichen Gebrauch von dem vorhandenen Platz. Es gibt keine uniforme Regel, um die optimalen Lebensbedingungen herauszufinden. Was für eine Art stimmt, stimmt nicht unbedingt für die Gesellschaft, was an den Daten gezeigt werden konnte. Auch kann eine Art in Abhängigkeit von veränderten Konkurrenzverhältnissen in verschiedenen Vegetationsausbildungen unterschiedlich reagieren (vgl. 6.1.11). Entsprechend ist es selten möglich, die Konkurrenzkraft der Arten lediglich aus der Beobachtung von Dauerquadraten zu erschließen, denn seltene Arten haben kurze Episoden der Dominanzen, dominante der Rarität (vgl. KIRCHNER 1977:1241, KÖRNER 1989:389, TILMAN et al. 1994:289). Damit ist der Vergleich von Deckungswerten einzelner Arten aus verschiedenen Jahren problematisch. Der Nährstoffgehalt kann bei bestimmten Arten steigen, wenn sie verbissen wird, bei anderen, wenn die Konkurrenten reduziert werden (WALLACE und MACKO 1993:326). Die Ergebnisse der populationsbiologischen Untersuchungen sollten also auf Artebene mit anderen Studien verglichen werden, um Unterschiede im Verhalten an verschiedenen Standorten erkennen zu können. Der Rückgang von Nardetumarten in Beständen mit konkurrenzkräftigeren Arten kann dann weitere Hinweise über die Mechanismen ihrer Gefährdung geben.

Anpassungen an veränderte Umweltbedingungen treten in Pflanzengesellschaften darüberhinaus nicht sofort auf, sondern lassen zumindest in großer Höhe oft sehr lange auf sich warten. Vegetation auf > 2500m ist bisweilen nach 70 Jahren noch nicht regeneriert (Pioniervegetation, WIKUS 1987:231). Ursache ist die genetische Variation, welche die Reaktion (Plastizität oder evolutionäre Änderung) von Pflanzen auf veränderte Umwelteinflüsse bestimmt. Die Möglichkeit, aus Kurzzeitexperimenten auf längere Zeiträume zu extrapolieren, hängt von diesen beiden Prozessen ab. Langjährige Einwirkungen gleichartiger Behandlungen (z. B. einseitige und harmonische Düngungseinflüsse) können zu Ergebnissen führen, die nicht den erwarteten Veränderungen hinsichtlich des Artenbestandes, der Ertragsentwicklung oder des Nähr- und Mineralstoffgehaltes entsprechen (vgl. BOWMAN 1993:2095, ELLENBERG 1965:352, SCHMID et al. 1996:48, SHAVER und

CHAPIN III 1986:261f, RUSCH 1992:143, SCHÜTZ et al. 1998:5, AUFHAMMER et al. 1965:259). Aus diesen Gründen bietet es sich an, viele Daten der Versuchsweide eingehend nach gleichen Methoden auszuwerten. Es werden sich immer Daten finden, die in gewisser Hinsicht ideal, in anderer Hinsicht jedoch untauglich sind. Vor allem Unterschiede zwischen kurzzeitiger und langfristiger Einwirkung können an verschiedenen Arten untersucht werden. Es wäre empfehlenswert, vor allem den Zeitraum vor der Aufgabe der Versuche (also 1930-1968) zu wählen. Damit kann verglichen werden, wie wichtig die oben genannten Probleme *tatsächlich* für die Schlußfolgerungen sind.

6.10 Ausblick: Wert und Möglichkeiten der Versuchsanlage

Die Versuchsweide auf der Schynigen Platte ist 70 Jahre alt. In der vorliegenden Arbeit wurde dargestellt, daß das Versuchsdesign leider einige Wünsche offen läßt, aber dennoch brauchbare Daten liefert (s. Tabelle 62). Es bestehen zwar Nullflächen, aber diese sind ebenfalls durch den Nutzungswechsel beeinflusst. Daher existieren keine Daten, die den ursprünglichen Zustand zeigen. Da die Aufnahmen in unterschiedlichen Jahren erhoben wurden, sind zeitliche Entwicklungen mit statistischen Methoden nicht überprüfbar.

Tabelle 62: Vor- und Nachteile der untersuchten Daten

Nachteile	Vorteile
Alte Flächen nicht randomisiert angeordnet	5 resp. 6 Parallelfächen vorhanden
Wiederholter Nutzungswechsel durch Aufgabe und Wiedereinzäunung	Zahlreiche Düngungsvarianten
Zeiträume der „Nutzung“ unterschiedlich lang	Alle Flächen sicher und dauerhaft markiert
Düngungszeiträume unterschiedlich lang (2-12 Jahre)	Wiederholter Nutzungswechsel in allen Flächen nahezu gleich
Viele Düngungsvarianten später nochmals anders gedüngt	
Keine PKCa/PCa- Düngung	
Deckungsschätzung maximal 100 % erfaßt	Einfache, wiederholbare Methode
Dominanzwechsel und Schichten in der canopy nur unzureichend	Deckungsschätzung in % gut zu verrechnen
z. T. optische Rekonstruktion der Flächen zeitlich lückenhafter Datensatz	Weiterführung problemlos möglich
selten Aufnahmen aus denselben Jahren (keine statistische Analyse möglich)	langer überwachter Zeitraum
Keine/ seltene Aufnahmen des ungedüngten Status´ (keine statistische Analyse möglich)	große Datenmengen verschiedenster Parameter
keine echten Kontrollflächen (d. h. ohne jeden Düngungseinfluß und Nutzungswechsel)	Extrem viele verschiedene Parameter in einem einzigen Vegetationkomplex erfaßt
	„Quasi“-Nullfläche (ungedüngt, aber mit denselben Nutzungswechseln)

Aber die zumindest seit 1993 permanente Markierung der Flächen wird weitere Aufnahmen an genau derselben Stelle ermöglichen. Im Regelfall werden nur 13-45% der Flächen im Wiederbegehungsfall als brauchbar akzeptiert (BÜRGER-ARNDT 1994:24). Es ist zu hoffen, daß die Flächen ausreichend genau wiedererkannt wurden, da ein Großteil der Flächen nach dem sichtbaren Vegetationsmuster und der Falllinie rekonstruiert wurde (DÄHLER 1993:8, vgl. 6.1.5).

Umfassende Untersuchungen über Stofftransporte liegen oft nur aus kurzen Zeiträumen vor (BÜRGER-ARNDT 1994:33), daher könnten die durch LÜDI gemachten chemischen Analysen der Vegetation und ihrer Bestandteile bei einer Auswertung im Vergleich mit den neuen Daten weitere Erkenntnisse über Veränderungen (z. B. in Hinblick auf Deposition) im subalpinen Raum geben.

Es wäre wünschenswert, wenn noch mehr alte Daten mit den vorgestellten Methoden untersucht würden (v. a. die angesäten Flächen). Damit könnten weitere Aufschlüsse über Genese und Stabilität von subalpinen Borstgrasrasen gewonnen werden. Es könnten mehr Daten der Versuchsweide auf

Artebene auf einen möglichen Einfluß von Immissionen untersucht werden, wobei eine Überprüfung der Artansprachen in der Datenbank notwendig wäre, um zu verhindern, daß falsch angesprochene „Tiefelandarten“ oder „Nährstoffzeiger“ als Anzeichen für Erwärmung oder Nährstoffeintrag interpretiert werden. Es wäre zu begrüßen, wenn auch noch Nährstoffanalysen von *Gentiana purpurea* gemacht werden könnten, die ein interessantes Verhalten zeigt und zu den selteneren Arten gehört.

Es liegen sowohl von den alten (TB) als auch von den neuen Flächen (unveröff.) phänologische Daten vor, die noch nicht ausgewertet worden sind. Diese können detailliertere Aussagen liefern, wo keine dramatischen Deckungsänderungen beobachtet wurden, denn die Entwicklung des Blühverhaltens folgt nicht unbedingt der Deckung. Viele Pflanzen blühen in lockeren Beständen besser (z. B. blühen *Arnica montana* und *Nardus stricta* besonders gut bei NPK-Düngung, LÜDI TB 1936). Die Reichlichkeit der Blütenbildung ist abhängig von den Witterungsverhältnissen des vorhergehenden Sommers, dem Schnittzeitpunkt (Lichtkonkurrenz) oder der Beweidung (bei artenarmen Borstgrasrasen 10-15 Arten/m²) und unterschiedlichen Feuchtebedingungen verschiedener Jahre ändert sich der spezifische phänologische Rhythmus nicht. (vgl. , STEIDL und RINGLER 1996:40, MAKUSOVA 1993:161, KRÜSI 1978:151, KRÜSI 1986:39, LANGER 1964:205f., BÖTTECHER et al. 1992:277f., SÖYRINKI 1938:83). Obwohl die Deckungsveränderungen in den Flächen der Versuchswaide die Nutzungsänderungen widerspiegeln, könnten die phänologischen Daten weitere Details offenbaren, inwieweit die Änderung des Nährstoffangebotes sowie die Nutzungsänderung Auswirkungen auf das Vorhandensein von Arten¹⁰² haben.

Viele von Lüdi begonnene Untersuchungen, z. B. über die Dynamik ungestörter Flächen, sind bis heute selten durchgeführt worden (GLENN 1990:229f.). Es würde sich lohnen, diese Daten zu analysieren und mit anderen Studien zu vergleichen. Das Entfernen der „Kernarten“ (vgl. 3.5) kann Aufschluß geben (vgl. DITOMMASO und AARSSSEN 1991:513ff.). Solche Versuche sind von LÜDI durchgeführt worden, indem er ca. 1930 500-770g „Magerkeitszeiger“ (und „schlechte Futterpflanzen“ darunter erstaunlich viele Kernarten. Die Satellitenarten haben oft einen indifferenten Futterwert vgl. Tabelle 89 und Tabelle 90 im Anhang) aus Dauerflächen des Alpengartens und der „Gruppe“ XII¹⁰³ durch Ausstechen entfernte. Eine der Flächen wurde gedüngt (NPK). Hier entwickelte sich eine Frischwiese. Bis 1936 kam *Nardus stricta* (1931 und 1994 als Kernart eingestuft) nicht wieder. In den ungedüngten Flächen entwickelte sich das Nardetum schneller wieder zurück (vgl. LÜDI 1936:655ff.). Wenn eine Art vorkommt oder besser wächst, sobald bestimmte andere Arten gejätet werden, bedeutet dies, daß sie durch biotische Faktoren unterdrückt wird. Bleibt sie am Ort, ist sie vom Konkurrenzdruck abhängig und reagiert besonders stark, wenn die dominante Art entfernt wird. Die Mobilität ist vom Konkurrenzdruck abhängig und in verschiedenen Gesellschaften unterschiedlich. In nährstoffreichen und klimatisch bevorzugten artenreichen Flächen sind Arten beweglicher und reagieren nicht auf die Entfernung der dominanten Art, sind also mehr von Nährstoffen abhängig. Die räumliche Dynamik (Unterschiede im Wachstum bei unterschiedlichem Nährstoffstatus oder Unterschiede aufgrund veränderter Konkurrenz) ist kein artstabiles Merkmal und die Richtung der Dynamik ist nicht mit der Behandlung korreliert (vgl. WALLACE und MACKO

¹⁰² Persistenz hängt auch mit der Möglichkeit zusammen, Platz zum Wachsen und Samenproduktion zu finden. Unbeweidete Flächen können weniger Samenproduktion aufweisen als beweidete (RUSCH 1988:113).

¹⁰³ Eine konkrete Analyse dieser Daten steht weiterhin aus.

1993:326, HERBEN et al. 1994:459ff., MATTHIES et al. 1995:199, WILSON und TILMAN 1933:599, vgl. 6.5). Es kann bisher nicht sicher gesagt werden, ob die beobachtete Dynamik per se für den Artenreichtum verantwortlich ist oder ob sie an der Beweidung in Zusammenhang mit niedrigem Nährstoffangebot liegt, oder ob sie überhaupt für alpine Gesellschaften typisch ist. Die vorhandenen Daten könnten unter diesen Gesichtspunkten weiter analysiert werden.

Es ist zu wünschen, daß die vorliegenden Ergebnisse zur Stabilität und damit Erhaltung des Nardetums von anderen Autoren zum Vergleich herangezogen werden. Als Hilfsmittel zum Vergleich können die folgenden Fragen dienen: Welcher Stabilitätsfall wird untersucht? Auf welche ökologische Situation bezieht sich die Stabilitätsaussage? Ist diese generalisiert oder in einem Bezugssystem verankert? (vgl. GRIMM und WISSEL 1997:331).

Der Wert der Versuchsanlage besteht in ihrem Alter. Sie ist unbedingt zu erhalten. Weitere Nutzungswechsel sind zu vermeiden. Die Nullflächen müssen unbedingt erhalten bleiben. Die angewendeten Methoden veranschaulichen die Entwicklung in den Flächen. Es wäre zu begrüßen, wenn die Daten der restlichen Flächen analog ausgewertet werden könnten. Sie sollten noch weiter gesichtet werden, was mit den Angaben aus Tabelle 9 und dem Weideplan nun leichter möglich ist. Zur Prüfung der Frage nach der P-Limitierung sollten in der Nähe der neuen Flächen PKCa-Flächen angelegt werden. Die Daten der neuen PK-Flächen können langfristig mit denen der alten P(Ca)-Flächen verglichen und auf diese Frage hin untersucht werden. Die Datenbank muß vervollständigt werden (Phänologie, Vitalität, Abundanz). Es wäre von Interesse, den Rückgang der Biomassenproduktion in den neuen Flächen mit den Angaben aus den Tagebüchern weiter zu verfolgen. Eine spätere Analyse der neuen, randomisiert angelegten Nullflächen kann die Annahme erhärten, daß die Veränderungen der Basislinie *nicht* durch Nährstoffausschwemmung aus den oberen Flächen hervorgerufen wurde. Auf jeden Fall sollten erneut möglichst viele Vegetationsaufnahmen in den alten Flächen gemacht werden, da die letzten bereits wieder 11-18 Jahre zurückliegen. Derart viele Daten *eines* Vegetationstyps können helfen, Zusammenhänge zwischen den bisherigen Kenntnissen über die gefährdeten Borstgrasrasen, die in immer neuen Versuchen an immer anderen Orten und Pflanzen gewonnen werden, zu erkennen. Dies kann als Aufruf verstanden werden, auch alte Daten trotz gewisser Mängel auszuwerten, statt immer weiter Daten zu sammeln. Oft sind grundlegende Erkenntnisse bereits bekannt. Die Forderung nach weiteren Versuchsreihen seitens der Wissenschaft und der Politik lenkt allzu oft von der Verpflichtung zum Handeln ab.

7 Beantwortung der gestellten Fragen

Die Stabilität des Nardetums als solches wird von den gegebenen Düngermengen nicht beeinflusst. Allerdings sind deutliche Änderungen langfristig zu erkennen. Es findet nur eine vorübergehende Entwicklung zu einer besseren Milchkrautweide, vornehmlich aufgrund der Deckungszunahme entsprechender Arten statt. Besonders deutlich ist die Entwicklung in den ersten drei Jahren nach der NPK- und NPKCa-Düngung. Es ist anzunehmen, daß eine ähnliche Entwicklung in den alten Flächen stattgefunden hat, obwohl die Reaktion heute offenbar aufgrund von Nährstoffimmissionen intensiver ist. Eine sinnvolle Zusammensetzung der beiden Datensätze ist beispielhaft möglich, allerdings werden bestimmte Entwicklungen so vorweggenommen. Die erneute Beweidung scheint einen deutlichen Effekt besonders auf die stärker gedüngten Flächen zu haben. Diese Annahme ist leider statistisch nicht überprüfbar. Die Daten der Basislinie folgen den Nutzungswechseln. Damit stellen sie

–unter Vorbehalt- eine Interpretationsbasis für die ebenfalls Nutzungswechseln unterworfenen gedüngten Flächen dar. Die einzelnen Arten reagieren deutlich anders als die Gesamtvegetation. Während diese auf N-Gaben positiv anspricht, scheinen letztere eher P-Mangel zu leiden. Die Arten reagieren allerdings auch untereinander unterschiedlich. Damit läßt sich eine Entwicklung der Gesamtvegetation nicht vorhersagen. Die verwendeten Methoden eignen sich gut für die Beantwortung der gestellten Fragen und beleuchten unterschiedliche Aspekte Die Ergebnisse sind bedingt übertragbar (Vernetzungen innerhalb eines Vegetationskomplexes). Die Versuchswiese ist als Dauerflächenversuch sehr wertvoll und unbedingt zu erhalten und weiterzubeobachten.

8 Zusammenfassung

Die Arbeit beschreibt vegetationskundliche Untersuchungen in einem subalpinen (1930 mNN) Borstgrasrasen des Berner Oberlandes (CH) und verschiedene Methoden der Datenauswertung. Veränderungen und Stabilität in der Vegetation der 1930 von LÜDI angelegten 360 Dauerflächen („Versuchsweide“) durch Nutzungsänderungen und Düngungen werden an Daten aus 70 Jahren beispielhaft dokumentiert. Lüdi beabsichtigte die „Verbesserung“ des Nardetums durch Düngung. Daher wurden zur Untersuchung der Entwicklungen „Standardgesellschaften“ ausgewählt: Als Ausgangszustand ein Nardetum (N₃₂) und als Endzustand ein Festucetum (F₂₈) der Schynigen Platte. Alle Veränderungen wurden daran gemessen. Die Versuchsweide ist ein meso-β-euhemerobes „potentieller“ Magerrasen, aber aufgrund des reichen feuchten Bodens kein absoluter Magerrasenstandort. Nardeten und Festuceten stehen durch den Einfluß von Nutzung, Düngung und Meereshöhe miteinander in Verbindung. Die Vegetation des Nardetums in der Versuchsweide wird durch Düngungen (NPK, Ca, NPKCa), vor allem aber auch durch Nutzungsänderung beeinflusst. Die Entstehung der Nardeten ist auf der Schynigen Platte bei Saat standortabhängig, bei starker (Weide-) Nutzung jedoch in einem gewissen Rahmen standortunabhängig. Die Ausführungen zeigen eine starke Durchdringung verschiedener Parameter von der Vielfalt der Düngungen, Fragestellungen und Nutzungen rund um die „Versuchsweide Schynige Platte“. Die Fortführung der Untersuchungen spiegelt die von LÜDI bereits um 1940 gezogenen Schlüsse wider: Aus einem Festucetum entsteht durch Beweidung ein Nardetum, in welchem bei Düngung die Milchkrautarten (besonders *Festuca rubra*) an Deckung wieder deutlich zunehmen und das durch erneute Beweidung rasch wieder magerer wird.

Da die Daten des alten Versuches erst mehrere Jahre bis Jahrzehnte nach der ersten Düngung erhoben wurden, sind die anfänglichen Reaktionen der Vegetation unbekannt. Deshalb wurden 1994 in fast demselben Design 42 neue Flächen angelegt, gedüngt und anschließend drei Jahre vegetationskundlich und populationsbiologisch beobachtet. Die neuen Flächen sind gemäß Hauptkomponentenanalyse in einer homogenen Fläche lokalisiert und stellen einen repräsentativen Vegetationsausschnitt dar. Im Zentrum der Neuuntersuchung stand die Frage nach der Stabilität des Nardetums, nach den Ursachen der beobachteten Entwicklungen und ob die kurzfristig (1994 bis 1996) induzierten Veränderungen in die bestehenden Datenreihen der langfristigen Entwicklung (1930 bis 1997) sinnvoll eingefügt werden können, und dann quasi den Beginn der anfänglichen Entwicklung darstellen. Die Einarbeitung der neuen Daten in den alten Datensatz zeigt, daß die neuen Daten a) tatsächlich den Beginn der durch die Düngung einsetzenden Entwicklung reflektieren, und daß man b) aus Kurzzeituntersuchungen in dieser Form nur bedingt auf langfristige Veränderungen in der Vegetation schließen kann, sofern Einflüsse wie die Änderung der Nutzung vorkommen. Änderungen in der Nutzung (mehrfacher Wechsel zwischen Weide und Mahd) führten zu Unterbrechungen resp. Beschleunigung der Entwicklungen. Da die Versuchsweide nur über wenige Kontrollflächen (< 3 % aller Flächen) verfügt und diese außerdem ebenfalls den Nutzungswechseln unterworfen waren, müssen die Entwicklungen der Basislinie gemäß des Datentests von GREEN (1979:72) aus der zeitlichen Veränderung interpretiert werden. Nährstoffauswaschung und Düngereinfluß aus den darüberliegenden Flächen werden ausgeschlossen.

Verschiedene untersuchte Parameter zeigen übereinstimmende Ergebnisse (vgl. Tabelle 63).

Tabelle 63: Auswirkungen von Düngung und Nutzung auf die Flächen der Versuchswaide.

Homogenisierung, bei	Weide
Heterogenisierung, bei	Mahd / Düngung
Entwicklung vom Nardetum weg, bei	Mahd (oder keiner Nutzung) / Düngung
Entwicklung zum Nardetum, bei	Ende der Düngungen / Weide
Kräuterzunahme, bei	Weide (K:50 %: G: 50 %)
Graszunahme, bei	Mahd (G: 70 %: K: 30 %). Grasdeckung reagiert schneller, Leguminosendeckung langsamer als Krautdeckung
Deckung Nardetumarten steigt, wenn	Düngung und anschließend Beweidung
Deckung Festucetumarten steigt, wenn	Düngung von Ca, NPKCa und, etwas geringer, NPK.
Artenzahl steigt	besonders nach längerer Mahd (~ 30 Jahre)
Artenzahl nimmt ab	bei Düngung (NPKCa resp. Ca), besonders in Verbindung mit Beweidung
Steigen der Evenness	bei Düngung / heute höher als in den dreißiger Jahren
Absinken der Evenness bei	Nutzungsextensivierung, abnehmende Intensität von Mahd oder Düngung / Weide

1. Die Unterschiede in den Vegetationstabellen zwischen den Flächen unterschiedlicher Jahre und Behandlungen sind z. T. klein und (wie auch die allgemeinen Entwicklungen) in der Vegetationstabelle nur an wenigen Arten zu erkennen. Die einzelnen Düngungen fördern unterschiedliche Artengruppen, bei NPK- und NPKCa-Düngung werden bestimmte Arten etablierte Arten der Versuchswaide vorübergehend beeinträchtigt.
2. Gewichtete und ungewichtete Fuzzy-Set-Ordinationen zeigen gegensätzliche Entwicklungen. Unter Berücksichtigung der Deckung zeigt sich eine Entwicklung zu einer fetten Milchkrautweide vor allem in den ersten Jahrzehnten nach der Düngung, die vor allem bei NPKCa-Düngung durch Beweidung unterbrochen wird. Die Ähnlichkeit der Flächen im Vergleich zum Ausgangszustand sinkt im Laufe der Jahre negativ korreliert mit Dauer und Stärke des Einflusses und steigt nach Beginn der Rückentwicklung wieder an. Diese beginnt in den NPK-Flächen bereits vor Beginn der Beweidung. Ungewichtete Daten zeigen dagegen vor allem in den NPKCa- und Ca-Flächen eine Änderung in der Artenzusammensetzung Richtung Festucetum.
3. Zugehörigkeitsdiagramme zeigen eine Auseinanderentwicklung der Parallellflächen nach Beginn der Düngungen. Nach der Beweidung ist eine Homogenisierung innerhalb der Flächen gleicher Behandlungen, aber nicht zwischen verschiedenen Behandlungen eingetreten. Weidevieh frisst in gedüngten und ungedüngten Flächen unterschiedlich stark, da die Flächen unterschiedlich schmackhaft sind. Die Beweidung ist in diesen Flächen deutlich intensiver, was zu einer verstärkten Rückentwicklung führt. Eine Homogenisierung *innerhalb* der unterschiedlich gedüngter Flächen durch die Beweidung kann hierdurch erklärt werden.
4. Die Evenness für ein gemähtes (sekundäres) Nardetum mit Frischwiesenarten liegt bei 70 %-80 % und für ein beweidetes Nardetum bei 65 %-70%. Nach Düngungen, die N und P enthalten, steigt E unabhängig von der Nutzung langfristig auf 85 %-90 %. Da die Dominanz von *Nardus stricta* durch Dominanz von *Festuca rubra* ersetzt, sind größere Auswirkungen auf Evenness nicht zu erwarten. Heute liegt die Evenness aufgrund der Artenzunahme bei 80 %-90 %. Die einzelnen Flächen sind heute gleichmäßiger als vorher, obwohl sie *untereinander* unähnlicher geworden sind.
5. Die Artenzahlen steigen in den Flächen aufgrund der düngungsspezifischen Einwanderung von Arten, obwohl die Ansprache der Arten (Gattungen/Sammelarten) sich geändert hat. Die Änderung in den Artenzahlen scheint auch den Nutzungswechseln zu folgen. Auffallend ist der

Rückgang von *Arnica montana* und die Zunahme von *Gentiana purpurea*. Beide Arten sind auffällig und unverwechselbar, die Veränderung unabhängig von den Nutzungen. Möglicherweise ist dies ein Anzeichen für erste immissionsbedingte Veränderungen im Nardetum unabhängig von den Versuchen.

6. Die dokumentierten Arten- und Deckungsverschiebungen können einerseits auf unterschiedliche Witterungsverhältnisse/Aufnahmezeitpunkte, andererseits v. a. auf die Nutzungsänderungen zurückgeführt werden. Die Festucetumgräser reagieren schneller auf die Nährstoffgabe als die Festucetumkräuter. Die Leguminosen erscheinen spät und verharren bei Beweidung (durch Förderung) längere Zeit.
7. Ein eindeutiger Rückgang gefährdeter Arten ist nicht erkennbar, die Arten oszillieren im kleinen Rahmen (small-scale) und hinsichtlich der aktuellen Deckung/Anwesenheit. „Aussterben“ kann durch Änderung der Ansprache (*Luzula silvatica* statt *Luzula multiflora et silvatica*), aber auch durch das Pausieren von Arten (*Nigritella nigra*) erklärt werden. Eine leichte Zuwanderung fand in fast allen Flächen statt.
8. Eine Reaktion der Vegetation auf die Nutzungsänderungen kann bei den Nullflächen angenommen werden und ist bei L- und F-Werten (nach ELLENBERG), in den gedüngten Flächen deutlicher bei N- und R-Werten erkennbar. Die gewichteten Zeigerwerte sind aufgrund des Datenmangels nur unter Vorbehalt zu interpretieren, die ungewichteten beziehen sich nur auf Präsenz-Absenz. Der vorübergehende Anstieg der N-Zeigerwerte ist auf Rückgang oder Nichtfinden vieler Arten mit niedrigen N-Werten zurückzuführen. Die Änderungen der T-Werte sind minimal. Nutzungsänderung kann sich in den F-Werten niederschlagen, sie sind bei Mahd in den Nullflächen tiefer. R-Werte änderten sich v. a. bei Ca-Düngung deutlich, offenbar wurden Arten mit hohen R-Werten bei der folgenden Beweidung bevorzugt gefressen. Die L-Werte in der Versuchsweide legen einen leichten Zusammenhang zu Nutzung oder Düngung nahe. Eine Interpretation von Futter- und Mahdzahlen war aufgrund des Mangels an Daten nicht möglich.
9. Die Biomasse zeigt 1994-1996 einen deutlichen Anstieg $\text{NPKCa} > \text{NPK} > \text{Ca} > \text{NK} > \text{PK} > \text{N} > 0$. (Null: 1800-3200 kg/ha/y, NPKCa: bis zu 7000 kg/ha/y). Die Veränderungen waren 1995 und 1996 signifikant. Möglicherweise haben „moderne“ Dünger bei gleicher Menge des gedüngten Elementes einen größeren Effekt oder Immissionen (oder Temperaturerhöhung) hat einen Einfluß auf die offensichtlich drastischere Reaktion der Flächen auf die Düngung im Jahre 1994. Eine Stickstoff-, aber für Nardetumarten auch Phosphatlimitierung, in den Böden der Versuchsweide wird aufgrund der Ergebnisse der Blattanalyse angenommen.
10. Die pH-Werte (um 4) waren zwischen 1994 und 1995 unverändert.
11. Populationsbiologische Untersuchungen an 5 Arten (*Arnica montana*, *Leontodon helveticus*, *Campanula barbata*, *Geum montanum*, *Gentiana purpurea*) zeigten unterschiedliche Reaktionen. Die Längenzunahme der Arten entspricht oft der Reichlichkeit der Düngung (Mitwachsen mit der canopy, $\text{NPKCa} > \text{NPK/Ca} > 0$). Im kalten Jahr (1995) waren die Unterschiede v. a. in den Nullflächen größer als in einem durchschnittlichen Jahr (1996). Die erste Messung (Juni/Juli) in den Vegetationsperioden erwies sich als nicht repräsentativ. Blattzahl und -gewicht der Arten zeigt spezifische Reaktionen auf die Düngung. Bei *Arnica montana* führte das Mitwachsen in den gedüngten Flächen zu einer Abnahme der Blattzahl, durch die langsame Wirkung bei Ca erst

1996. *Campanula barbata* reagierte bei NPK- und NPKCa- Düngung mit Zunahme der Blattlänge (und nur tw. mit Zunahme der Zahl). Bei PK-Düngung sank die Blattlänge. *Gentiana purpurea* reagierte nur mit kleinen, dafür einheitlichen Änderungen. Bei Ca-, NPK- und NPKCa-Düngung nahmen Blattlänge und Zahl zu, bei PK nahm die Blattlänge ab. *Geum montanum* zeigte eine Zunahme der Blattzahl mit der Düngung. Bei N-Düngung nahmen Blattzahl und –länge besonders 1996 ab, NPKCa führte zu längeren, aber nicht zahlreicheren Blättern. *Leontodon helveticus* zeigte bei allen Düngungen Zunahme der Blattlänge und –zahl, während die ungedüngten Pflanzen kaum variierten. Die Blattzahlen ändern sich mit der Düngung nicht signifikant, die Blattlängen variieren artspezifisch. Es wird angenommen, daß positive Wachstumsantwort bei physiologischer Empfindlichkeit auf einem Mitwachsen mit der Gesamtvegetation (Lichtmangel) beruht (z. B. *Arnica montana*) und die Kapazitäten der Art langfristig erschöpft.

12. Die Nährstoffgehalte von vier Arten (*Arnica montana*, *Leontodon helveticus*, *Campanula barbata*, *Geum montanum*) spiegeln zum Teil Phosphat- (*Arnica montana*, *Geum montanum*) und Stickstoffmangel (*Leontodon helveticus*, *Geum montanum*), aber auch eine Empfindlichkeit gegenüber N-Überdüngung in unterschiedlichem Ausmaß (Toleranz bis Toxizität) vor allem bei Düngungen mit K wider. NPKCa, NPK und Ca führen zu Luxusaufnahme (*Arnica montana*, *Leontodon helveticus*). Aus den Reaktionen kann auf N/P-Antagonismus (*Campanula barbata* bei NPK, *Geum montanum* bei N und NK) und Kolimitierung (*Leontodon helveticus*) geschlossen werden. Die empfindlichere Reaktion mancher Arten auf NK (und PK) als auf N allein könnte an einem K/Mg Antagonismus liegen (*Arnica montana*). Eine Düngung mit PKCa könnte diese Annahme stützen. Die gefundenen N-Konzentrationen liegen für *Arnica montana* 1,5 %-2,1% (Gehalt: 0,7-1,2 mg/g TS) und *Campanula barbata* zwischen 1,3 %-2,1 % mg/g (Gehalt: 0,6-3,6 mg mg/g TS), für *Geum montanum* zwischen 1,4 %-1,6 % (Gehalt: 0,64-2,2 mg/g TS) und für *Leontodon helveticus* zwischen 2,2 %-3,0 % (Gehalt: 0,44-0,74 mg/g TS). Die P-Konzentrationen liegen für *Arnica montana* zwischen 0,15 %-0,25 % (Gehalt: 0,8-1,9 mg/g TS), für *Campanula barbata* zwischen 0,1 %-0,36 % (Gehalt: 0,5-2,6 mg/g TS), für *Geum montanum* bei 0,1 %-0,3 % (Gehalt: 0,5-3,7 mg/g TS) und für *Leontodon helveticus* zwischen 0,17 %-0,46 % mg/g (Gehalt: 0,3-1,5 mg/g TS, Tabelle in Anhang).
13. Die Daten spiegeln in allen Analysen die allgemeine Entwicklung der Vegetation deutlich wider, wobei unterschiedliche Aspekte beleuchtet werden. Die ungedüngten Flächen zeigen regelmäßige Veränderungen, die mit dem zweifachen Wechsel Weide-Mahd in Einklang gebracht werden können, aber auch Unterschiede zwischen 1930 und 1997. In den NPK-Flächen klingen die Veränderungen bereits nach 20 Jahren (vor dem Wiedereinsetzen der Beweidung) ab. Für die Interpretation der Ca-Flächen liegen leider langfristig zu wenig Daten vor, es zeigt sich aber eine (gegenüber der NPKCa-Düngung) allmählichere Entwicklung. Die NPKCa-Flächen entwickeln sich sehr deutlich zu einer besseren Weide. Vor allem NPKCa- und Ca-Düngung erhöht die Deckung sogenannter Frischwiesenarten, was die Flächen für das Weidevieh interessant macht. Auch hier lassen sich die Veränderungen auf den Nutzungswechsel, aber auch auf die natürliche Rückentwicklung zurückführen.

14. Ein allfälliger Zusammenhang zwischen Düngung und Beweidung läßt sich hinsichtlich der Einzelarten wie folgt beschreiben: *Arnica montana* reagiert empfindlich auf Dünger und braucht höchstens P. Bei NPKCa-Düngung geht die Art zurück, bei NPK kann sie sich während der Beweidung erholen, bei Mahd nimmt sie in ungedüngten Flächen deutlich an Deckung zu. *Campanula barbata* reagiert auf Düngung uneinheitlich, ist aber eher P-limitiert. Nur bei NPK- und Ca-Düngung scheint sie so schmackhaft zu werden, daß sie verbissen wird. *Geum montanum* reagiert auf Düngung positiv, leidet aber unter zuviel N. Bei NPKCa-Düngung geht die Art deutlich zurück. *Leontodon helveticus* reagiert positiv auf Düngungen und wird (auch ungedüngt) gerne gefressen.
15. Nutzung und Nährstoffverhältnisse bedingen sich gegenseitig und führen zu deutlichen Reaktionen der Vegetation. Die Einzäunung allein verursacht bereits eine leichte Fortentwicklung vom Nardetum, die sich mit Einsetzen der Mahd verstärkt. Erneute Beweidung führt zu einem Rückgang der Veränderungen. Dieser Effekt ist für alle untersuchten Flächen feststellbar. Je schmackhafter die Flächen durch die Düngung werden, desto größer ist der Beweidungsdruck und damit die rückführende Wirkung. Gestützt wird diese Annahme durch die gegenläufige Entwicklung bei Mahd in den dreißiger und achtziger Jahren.
16. Die Interpretation wird durch die Vielfalt von einander beeinflussenden Parametern erschwert, aber die verwendeten Methoden eignen sich für die Darstellung stattgefundener Veränderungen gut. Das Einsetzen neuer Daten in den bestehenden Datensatz ist mit gewissen Abstrichen möglich und zeigt den möglichen Verlauf der Entwicklungen. Leichte Veränderungen zwischen heute und gestern (z. B. Deckung der Leguminosen, Zunahme neuer Arten) sind gut erkennbar und lassen sich an den Originaldaten erklären. Falsche Eindrücke ergeben sich, wenn die Änderungen in der Artenliste (Ersetzen der Gattungsangaben (*Hieracium diverse*, *Crepis spec.*) durch bestimmte Arten), die darauf folgende Erhöhung der Artenzahlen und die Änderungen in der Stetigkeit als „Entwicklung“ interpretiert werden. Die tatsächliche Zunahme der Leguminosen wird dagegen als vorübergehend gezeigt.
17. Das untersuchte Nardetum entstand aus einer ertragreicheren Wiese und läßt sich durch Düngung - zumindest kurzfristig- wieder rückführen. Die Vegetation der Versuchswaide ist elastisch (bei Nutzungsänderung) und resilient (bei Mahd resp. Weide). Obwohl die großen Abstände zwischen den einzelnen Aufnahmen kleinere Oszillationen nicht erfassen, scheint die innere Dynamik der Versuchswaide nicht sehr ausgeprägt. Ein Großteil der Veränderungen ist durch den Nutzungswechsel zu erklären und wird nicht mit inhärenten Zyklen in Verbindung gebracht. Die Flächen entsprechen heute (1994/1997) nicht mehr dem Ausgangszustand (1930). Möglicherweise hat die Mahd mit der Motorsense stärkere Auswirkungen als die damalige Form der Mahd.
18. Auswirkungen von eutrophierenden und versauernden Nährstoffimmissionen aus der Luft sind unwahrscheinlich, da es in unmittelbarer Nähe (Jungfrau-Joch) eine clean air-Station gibt und die Versuchswaide aufgrund ihrer bestehenden Versauerung unempfindlich ist. Ferner wird durch die Mahd ein Aushagerungseffekt von 30-60 kg N/ha/y allein in ungedüngten Flächen errechnet. Da sukzessive Veränderungen im Grünland entweder immissions- oder nutzungsbedingt sind, ist eine atmogene Eutrophierung nur zu vermuten, kann aber der Grund für eine größere Empfindlichkeit sein. Der kritische Schwellenwert ist nicht bekannt, obwohl angenommen werden kann, daß Versauerung weniger schädlich ist als Nährstoffeintrag.

19. Obwohl die Flächen ziemlich klein sind, es wenig Kontrollflächen gibt und die Zeitabstände zwischen den einzelnen Beobachtungen oft sehr groß sind, wurden die Entwicklungen durch die gewählten Methoden gut sichtbar. Nur unwesentliche Einflüsse auf die Ergebnisse hat die Datenqualität.
20. Aus der unterschiedlichen Genese und Weiterentwicklung der Dauerflächen in Alpengarten und Versuchsweide ist zu erkennen, daß Entstehung von Borstgrasrasen durch Neubesiedlung vom Standort, aber mehr noch von der Nutzung abhängig ist. Das „Untypischsein“ der Borstgrasrasen (LÜDI 1959:8) auf der Schynigen Platte ist nur bedingt die Grundvoraussetzung für den Erfolg der durchgeführten Düngeversuche, denn Veränderungen werden auch durch neu hinzukommende Artengruppen verursacht. Ein Teil der Ergebnisse verallgemeinert werden (Überlagerung der Düngung durch Nutzung, höhere Empfindlichkeit der Nardetumarten gegen Düngung, relative Robustheit gegenüber Versauerung). Die Versuchsweide stellt, trotz der Einschränkungen, einen erhaltenswerten Dauerflächenversuch dar. Die Daten können wertvolle Einblicke in Zusammenhänge bedrohter Vegetationskomplexe geben, weil sie in großer Mannigfaltigkeit und Zahl in ein und demselben Vegetationstyp erhoben wurden.

9 Literatur

WSL: eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, CH

- AMMER U, DETSCH R, SCHULZ U -1995- Konzepte der Landnutzung. Forstw Cbl 114:107-125
- ARENS R -1989- Versuche zur Erhaltung und Wiederherstellung von Extensivwiesen. TELMA Beiheft 2:215-232
- AUFHAMMER G, GÜNZEL G, KNOBLOCH W -1965- Ergebnisse 15-jähriger Wiesendüngungsversuche auf Niedermoorboden. Bayer Landw Jb 42:259-295
- BAHN M, CERNUSCA A, TAPPEINER U, TASSER E -1944- Wachstum krautiger Arten auf einer Mähwiese und einer Almbrache. Verh Ges Ökol 23:23-30
- BAKELAAR RG, ODUM EP, -1978- Community and population level responses to fertilization in an old field ecosystem. Ecology 59:??
- BAKKER JP, DE VRIES Y -1985- Über die Wiederherstellung artenreicher Wiesengesellschaften unter verschiedenen Mahdsystemen in den Niederlanden. Nat Landsch 60:292-296
- BALTENSWEILER W -1996- Kurzzeit- versus Langzeitstudien - Resultate oder Erkenntnisse? Erfahrungen aus der Forschung über Lärchenwickler. Verh dtsh Zool Ges 89:181-188
- BARKMAN JJ -1989- A critical evaluation of minimum area concepts. Vegetatio 85:89-104
- BARTELS R, WATERMANN EA -1981- Einfluß der N-Düngung auf die Trittfestigkeit und Tragfähigkeit von Hochmoorgrünland, Z Kult tech Flurbereinig 22:365-370 Berlin, Hamburg
- BARTNICKI J, ALCAMO J -1989- Calculating nitrogen deposition in europe. Water Air Soil Poll 47:101-123
- BARTSCH -1940- Vegetationskunde des Schwarzwaldes. Kap. 13:49-57
- BÄTZING W -1991- Die Alpen. Entstehung und Gefährdung einer europäischen Kulturlandschaft. Becks 286 S. München
- BISCHOF N -1981- Gemähte Magerrasen in der subalpinen Stufe der Zentralalpen. Bauhinia 7:81-128
- BLAB J, KLEIN M, SSYMANK A -1995- Biodiversität und ihre Bedeutung in der Naturschutzarbeit. Natur und Landschaft 70:11-18
- BLUME H-P -1986- K- und P-Dynamik in schleswig-holsteinischen Böden und Konsequenzen für die Düngung. Schreihe Agrar Fak Kiel 68:52-60
- BOBBINK R, ROEFLOFS JGM -?- Keynote paper – Empirical nitrogen critical loads: update since Løkeberg (1992). ?? : ? 9-19
- BÖCKER R, KOWARIK I, BORNKAMM R -1983- Untersuchungen zur Anwendung der Zeigerwerte nach Ellenberg. Verh Ges Ökol 11:35-56
- BOMME U, RINDER R, VOIT K -1991- Einfluß von Substrat und Düngung auf die Jungpflanzenanzucht von *Arnica montana* L. Gartenbauwissenschaft 56:106-111
- BÖTTECHER H, GERKEN B, HOZAK R, SCHÜTTPELZ E -1992- Pflege und Entwicklung der Kalkmagerrasen in Ostwestfalen. Natur und Landschaft 67:276-282
- BOWLER JM, PRESS MC-1996- Effects of elevated CO₂, nitrogen form and concentration on growth and photosynthesis of a fast- and slow-growing grass. New Phytol 132:391-401
- BOWMAN WD -1994- Accumulation and use of nitrogen and phosphorus following fertilization in two alpine tundra communities. OIKOS 70:261-270
- BOWMAN WD, SCHARDT JC, SCHMIDT SK -1996- Symbiotic N₂-fixation in alpine tundra: ecosystem input and variation in fixation rates among communities. Oecologia 108:345-350
- BOWMAN WD, THEODOSE TT, SCHARDT JC -1993- Constraints of nutrient availability on primary production in two alpine tundra communities. Ecology 74:2085-2097
- BRADSHAW AD, CHADWICK MJ, JOWETT D, SNYDON RW -1964- Experimental investigations into the mineral nutrition of several grass spec.ies. J Ecol 52:665-676
- BRAUN W -1980- Bestandsveränderungen auf Grünlandflächen als Folge von Landschaftspflegemaßnahmen und extensiver Landnutzung, Bayer Landw Jb 57:86-100
- BRAUN-BLANQUET J -1964-Pflanzensoziologie. 3. Auflage Wien-New York
- BRIEMLE G -1986- Vergleich der Stickstoff-Mineralisation mit der N-Zahl Ellenbergs am Beispiel einer Streuwiese im Alpenvorland. Erste Erfahrungen mit zweijährigen N_{min} Untersuchungen. Nat Landsch 61:423-427
- BRIEMLE G -1987- 17 Jahre ungedüngt - gleicher Ertrag. Aulendorfer Versuche belegen: Die natürliche Leistungsfähigkeit vieler Grünlandstandorte ist größer als bisher angenommen. Schwäbischer Bauer 16:32-35
- BRIEMLE G -1988- Erfolge und Mißerfolge bei der Pflege eines Feuchtbiotops -Anwendbarkeit ökologischer Wertzahlen. Telma 18:311-332
- BRIEMLE G, ELLENBERG H -1994- Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen. Möglichkeiten der praktischen Anwendung von Zeigerwerten. Nat Landsch 69:139-147
- BROGGI MF -1995- Huftiere, Walddynamik und Landschaftsentwicklung im Nationalpark. Koreferat zum Beitrag von BO KRÜSI und Mitarbeiter. CRATSCHLA 3/2 26-32
- BÜCKING W -1972- Zur Stickstoffversorgung von südwestdeutschen Waldgesellschaften. Flora 161:383-400
- BUDIG M (1994) Besseres Futter durch richtige Nutzung. Ökologie und Landbau 91:33-41
- BULLOCK JM, CLEAR HB, DALE MP, SILVERTOWN J -1994- An experimental study of the effects of sheep grazing on vegetation change in a spec.ies-poor grassland and the role of seedling recruitment into gaps. J Ecol 31:493-507
- BULLOCK JM, CLEAR HB, DALE MP, SILVERTOWN J -1994- An experimental study of the effects of sheep grazing on vegetation change in a species-poor grassland and the role of seedling recruitment into gaps. J Ecol 31:493-507
- BUNZA G -1984- Oberflächenabfluß und Bodenabtrag in alpinen Graslandökosystemen. Verh Ges Ökol 12:101-109
- BÜRGER-ARNDT R -1994- Zur Bedeutung von Stickstoffeinträgen für naturnahe Vegetationseinheiten in Mitteleuropa. Diss Bot 220:581S
- CAMPBELL BD, GRIME JP -1989- A comparative study of plant responsiveness to the duration of episodes of mineral nutrient enrichment. New Phytol 112:261-267
- CASHER RO -1947-The influence of rainfall on the yield and botanical composition of permanent grass at Rothamsted. J Agric Sci 37:1-10
- CHAMBERS JC, MACMAHON JA, BROWN RW -1987- Germination characteristics of alpine grasses and forbs: a comparison of early and late seral dominants with reclamation potential. Reclamation Revegetation Res 6:235-249
- CHAPIN III FS -1974- Morphological and physiological mechanisms of temperature compensation along a latitudinal gradient. Ecology 55:1180-1198
- CHAPIN III FS -1980- The mineral nutrition of wild plants. Ann Rev Ecol Sys 11:233-260
- CHAPIN III FS, BARSDATE RJ, BAREL D -1978- Phosphorus cycling in Alaskan coastal tundra: a hypothesis for the regulation of nutrient cycling. OIKOS 31:189-199
- CHAPIN III FS, BLOOM A -1976- Phosphate absorption: adaption of tundra graminoids to a low temperature, low phosphorus environment. OIKOS 26:111-121
- CHAPIN III FS, CHAPIN III MC -1981- Ecotypic differentiation of growth processes in *Carex aquatilis* along latitudinal and local gradients. Ecology 62:1000-1009

- CHAPIN III FS, JSON DA, MCKENDRIK JD -1980- Seasonal movement of nutrients in plants of differing growth form in an alaskan tundra ecosystem: Implications for herbivory. *J Ecol* 68:189-209
- CHAPIN III FS, KÖRNER C -1994- Arctic and alpine biodiversity: patterns, causes consequences. *TREE* 9:45-47
- CHAPIN III FS, SHAVER GR -1985- Arctic. In: CHABOT BF, MOONEY HA (eds) *Physiological Ecology of North American Plant Communities*. 16-40 Chapman and Hall NY
- CHAPIN III FS, SHAVER GR, KEDROWSKI RA -1986- Environmental controls over carbon, nitrogen and phosphorus fractions in *Eriophorum vaginatum* in alaskan tussock tundra. *J Ecol* 74:167-195
- CHAPIN III FS, VAN CLEVE K, TIENSZEN LL -1975- Seasonal nutrient dynamics of tundra vegetation at Barrow, Alaska. *Arctic Alpine Res* 7:209-226
- CHAPIN III FS, VITOUSEK PM, VAN CLEVE K -1986- The nature of nutrient limitation in plant communities. *Am Nat* 127:48-58
- COLLINS SL, GLENN SM -1990- A hierarchical analysis of species abundance patterns in grassland vegetation. *Am Nat* 135:633-648
- DÄHLER W -1992a- Long term influence of fertilisation in a Nardetum. The management of great quantities of data from permanent plots. *Vegetatio* 103:135-140
- DÄHLER W -1992b- Long term influence of fertilisation in a Nardetum. Results from the test Flächen of Dr W LÜDI on the Schynige Platte. *Vegetatio* 103:141-150
- DÄHLER W -1993- Langfristige Auswirkungen menschlicher Eingriff in alpine Vegetation. Erhebungem, Aufbau einer Datenbank, erste Auswertungen zur Versuchsweide von W LÜDI auf der Schynigen Platte -1930-1990-. S. 139 Teufen
- DANCAU B -1983- Erfahrungen bei der Anwendung der Feuchtezahlen zur Beurteilung des Bodenwasserhaushaltes. *Verh Ges Ökol* 11:67-70
- DIAMOND JM -1986- Overview: Laboratory experiments, field experiments, and natural experiments. In: DIAMOND JM, Ted J Case (eds) *Community Ecology*. Harper & Row. New York
- DIAMOND JM -1986- Overview: Laboratory experiments, field experiments, and natural experiments. In: Diamond JM, Case JC (eds) *Community Ecology*. Harper & Row. New York
- DICKINSON NM -1984- Seasonal dynamics and compartementation of nutrients in a grassland meadow in Lowland England. *J AS. 1 Ecol* 21:695-701
- DIERSCHKE H -1994- Pflanzensoziologie. Ulmer 683 S Stuttgart
- DIERBEN K -1990- Einführung in die Pflanzensoziologie. Wiss Buchges 236 S Darmstadt
- DIETL W -1982- Schafweiden im Alpsteingebiet. *Ber Geobot Inst ETH* 49:108-117
- DI TOMMASO A, AARSSSEN LW -1991- Effect of nutrient level on competition intensity in the field for three coexisting grass species. *J Veg Sci* 2:513-522
- DURWEN KJ -1982- Zur Nutzung von Zeigerwerten und artspezifischen Merkmalen der Gefäßpflanzen Mitteleuropase für Zwecke der Landschaftökologie und -planung mit Hilfe der EDV-Voraussetzungen, Instrumentarien, Methoden und Möglichkeiten. *Arbeitsber Lehrst Landschaftsökol Münster* 5:138 S.
- EGLOFF T -1987- Gefährdet wirklich der Stickstoff (aus der Luft) die letzten Streuwiesen? *Nat Landsch* 11:476-479
- EHRENFELD D -1997- Das Naturschutzdilemma (Übersetzung nach: -1978- The arrogance of humanism. 176-211. Oxford University Press New York). in: BIRNBACHER D (ed). *Ökophilosophie*. 135-177. Reclam.
- ELBERSE WTH, BERENDSE F -1993- A comparative study of the growth and morphology of eight grass species from habitats with different nutrient availabilities. *Funct Ecol* 7:223-229
- ELLENBERG Heinz -1952- Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. *Ber Deutsch Bot Ges* 65:351-362
- ELLENBERG Heinz -1968- Wege der Geobotanik zum Verständnis der Pflanzendecke. *Naturwissenschaften?* 55:462-470
- ELLENBERG Heinz -1977- Stickstoff als Standortfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. *Oecol Plant* 12:1-22
- ELLENBERG Heinz -1996- *Vegetation Mitteleuropas und den Alpen*. 5. Aufl. Ulmer 1095 S. Stuttgart
- ELLENBERG Heinz, MUELLER-DOMBOIS D -1967- A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. *Veröff Geobot ETH Rübel für 1940* 37:56-73
- ELLENBERG Heinz, WEBER HE, DÜLL R, WIRTH V, WERNER W, PIBEN D (Hrsg.) -1992- *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. *Scripta Geobotanica* 18:S. 258 Göttingen
- ELLENBERG Hermann -1985- Veränderungen der Flora Mitteleuropas unter dem Einfluß von Düngung und Immissionen. *Schweiz Z Forstwes* 136:19-39
- ELLIOTT JM -1990- The need for long-term investigations in ecology and the contribution of the Freshwater Biological Association. *Freshwater Biology* 23:34089
- ERZINGER S -1996- Einfluß von Schottischen Hochlandrindern auf eine montane Weide im Oberen Tössstal. *Bull Geobot Inst ETH* 62:47-60
- FACELLI JM -1988- Response to grazing after nine years of cattle exclusion in a flooding Pampa grassland, Argentina. *Vegetatio* 78:21-25
- FENNEMA FOE -1992- SO₂ and NH₃ deposition as possible causes for the extinction of *Arnica montana* L. *Water Air Soil Poll* 62:325-336
- FEOLI E -1973- Un indice che stima il peso die caratteri per classificazioni monotetiche. *Giornale Botanico Italiano* 107:263-268
- FERM M -1990- Ammonia – a recent atmospheric problem. *Acid Enviro Magazine* 9:12
- FINCK A -1982- Pflanzenernährung in Stichworten. 4. Aufl. Hirts 200 S.
- FINCK A -1989- Dünger und Düngung. Grundlagen und Anleitung zur Düngung von Kulturpflanzen. 1. Korr nachdruck der 1. Aufl. VCH 442S
- FINCK A -1991- Pflanzenernährung in Stichworten. 5. Aufl. Hirts 200 S.
- FINCKH B -1960- Umbruchlose Verbesserung ertragsarmer Streuwiesen. *Bayer Landw Jb* 37:91-119
- FISCHER B und WACHTER M (1993) *Vegetation und Heuschrecken der subalpin-alpinen Stufe: Pflanzensoziologische und biozöologische Studien auf der Schynigen Platte (berner Oberland)*. *Mitt natforsch Ges Bern* 50:99-146
- FRANZ -1979- *Ökologie der Hochgebirge*. Ulmer 495 S.
- GALLINA S -1984- Ecological aspects of the coexploitation of deer *Odocoileus virginianus* and cattle. *Acta Zool Fenn* 172:251-254
- GESSAMANN JA, MACMAHON JA -1984- Mammals in ecosystems: their effects on the composition and production of vegetation. *Acta Zoo Fennica* 172:11-18
- GIGON A -1971- Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und auf Karbonatboden. Konkurrenz- und Stickstoffformenversuche sowie standortkundliche Untersuchungen um Nardetum und im Seslerietum bei Davos. *Diss ETH:S. 159* Zürich
- GIGON A -1983- Typology and Principles of ecological stability and instability. *Mountain Res Development* 3:95-102
- GIGON A -1987- A hierarchic approach in causal ecosystem analysis. The calcifuge-calcicole problem in alpine grasslands. *Ecol Stud* 61:245-244
- GIGON A, LEUTERT A -1996- The dynamic keyhole-key model of coexistence to explain diversity of plants in limestone and other grasslands. *J Veg Sci* 7:29-40
- GIGON A, RORISON IH -1971- The response of some ecologically distinct plant species to nitrate- and ammonium-nitrogen. *J Ecol* 59:93-102
- GIGON W -1984- Skizzen aus der Geologie des Berner Oberlands. *Das Böödeli und seine Umgebung*. ??

- GIGON WO, HEGG O, ZETTEL J, STYNER E, VENANZONI E -1986- Alpengarten Schynige Platte. Führer durch die Ausstellung. 42 S.
- GLEASON HA -1922- On the relation between species and area. Ecology 3:158-162
- GLENN SM, COLLINS SL -1990- Patch structure in tallgrass prairies: dynamics of satellite spec.ies. Oikos 57:229-236
- GOUGH L, GRACE JB -1998- Herbivore effects on plant species diversity at varying productivity levels. Ecology 79:1586-1594
- GOULDING KWT, MCGRATH SP, JASTON AE -1989- Predicting the lime requirement of soils under permanent grassland and arable soils. Soil, use and management 5:54-58
- GRABER WK, SIEGWOLF RTW, NATER W, LEONARDI S -1996- Mapping the impact of anthropogenic depositions on high elevated alpine forests. Environmental Software 11:59-64
- GREEN RH -1979- Sampling design and statistical methods for environmental Biologists. J Wiley Sons, New York, Chicester, Brisbane, Toronto. 257 S
- GRIMM V, WISSEL C -1997- Babel, or the ecological stability discussions. An inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion. Oecologia 109:323-334
- HAAG RW -1974- Nutrient limitations to plant production in two tundra communities. Can J Bot 52:103-116
- HACKETT C -1965- Ecological aspects of the nutrition of *Deschampsia flexuosa* (L). 11. The effects of Al, Ca, Fe, K, Mn, N, P, and pH on the growth of seedlings and established plants. J Ecol 35
- HAEUPLER H (1982) Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation. Untersuchungen zum Diversitäts-Begriff. Diss Bot. 65:268S.
- HAEUPLER H, SCHÖNFELDER P (eds) -1989- Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. 2.Aufl. Ulmer, 768 S.
- HAMPICKE U -1997- Warum ist Landnutzung so unwirtschaftlich? Verh Ges Ökol 27:253-262
- HANSKI I -1982- Dynamics of regional distribution: the core and satellite hypothesis. Oikos 38:210-221
- HARTMANN H -1957- Studien über die vegetative Fortpflanzung in den Hochalpen. Mitt Bot Museum Uni ZH CCVIII:S. 168
- HASELWANDTER K, DJ READ -1982- The significance of a root-fungus association in two *Carex* species of high-alpine plant communities. Oecologia 53:352-354
- HASELWANDTER K, HOFMANN A, HOLZMANN HP, READ DJ -1983- Availability of nitrogen and phosphorus in the nival zone of the alps. Oecologia 57:266-269
- HASSINK J -1995- Prediction of the non-fertilizer N supply of mineral grassland soils. Plant Soil 176:71-79
- HAUNOLD E, GLUDOVATZ A -1977- Stickstoffdynamik von alpinen Böden. Sitz Ber Österr Akad Wiss 186:57-64
- HEGG O -1984a- 50-jährige Dauerbeobachtungen im Nardetum auf der Schynigen Platte ob Interlaken. Verh Ges Ökol 12:159-166
- HEGG O -1984b- 50-jähriger Wiederbesiedlungsversuch in gestörten Nardetum-Flächen auf der Schnynigen Platte ob Interlaken. Diss Bot 72:459-479. Bern
- HEGG O -1984c- Langfristige Auswirkungen von Düngung auf einige Arten des Nardetums auf der Schynigen Platte ob Interlaken. Angew Bot 58:141-146
- HEGG O -1992- Long term influence of fertilisation in a Nardetum The experimental field of Dr W LÜDI on Schynige Platte. Vegetatio 103:133
- HEGG O -1994- In: 68. Alpengarten Schynige Platte Jahresbericht 1994
- HEGG O -1995- In: 69. Alpengarten Schynige Platte Jahresbericht 1995
- HEGG O -1996- In: 70. Alpengarten Schynige Platte Jahresbericht 1996
- HEGG O, DÄHLER W, PINZ S, WENGER D -1994- Die Vegetationskartierung mit Einheitsflächen. Mitt Naturforsch Ges Bern 51:117-154
- HEGG O, FELLER U, DÄHLER W, SCHERRER C -1992- Long term influence of fertilisation in a Nardetum. Phytosociology of the pasture and nutrient contents in leaves. Vegetatio 103:151-158
- HEIL GW -?- LAI of grassland and their roughness length. In: VERHOEVEN JTA, HEIL GW, WERGER MJA (eds) Vegetation structure in relation to carbon and nutrient economy. 149-155 SPB Acad Publ The HagueS
- HEIL GW, DIEMONT WH -1983- Raised nutrient levels change heathland into grassland. Vegetatio 53:113-120
- HERBEN T, KRAHULEC F, HADINCOVA V, KOVAROVA M -1993- Small-scale spatial dynamics of plant species in a grassland community over six years. J Veg Sci 4:171-178
- HERBEN T, KRAHULEC F, HADINCOVA V, PECHACKOVA S -1994- Is a grassland community composed of coexisting species with low and high spatial mobility? Fol Geobot Phytotax 29:459-468
- HERBEN T, KRAHULEC F, HADINCOVA V, SKALOVA H -1993- Small-scale variability as a mechanism for large scale stability in mountain grasslands. J Veg Sci 4:163-170
- HERBEN T, KRAHULEC F, M KOVAROVA, V HADINCOVA -?- Fine scale dynamics in a mountain grassland. :173-184
- HESS HE, LANDOLT E, HIRZEL R (1976) Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. 657 S, Birkhäuser
- HOLZGANG O, ACHERMANN G, GIGON A -1996- Productivity and usage by red deer (*Cervus elaphus* L) of two alpine grasslands in the Swiss National Park. Bull Geobot Inst ETH 62:35-46
- HORNUNG J -1977- Kritik der Signifikanztests. Metamed 1:325-345
- HUNT HW, INGHAM ER, COLEMAN DC, ELLIOTT ET, REID CPP -1988- Nitrogen limitation of production and decomposition in prairie, mountain meadow, and pine forest. Ecology 69:1009-1016
- HUNTLY, INOUE -1988- Pocket gophers in ecosystems: patterns and mechanisms. Bioscience 38: 786-793
- HUTTER CP (ed), BRIEMLE G, FINK C -1993- Wiesen, Weiden und anderes Grünland. Weitbrecht Verlag 152 S. Stuttgart
- ITTEN H -1955- Der Alpengarten Schynige Platte. Berner Heimatbücher 59:4-53.
- JAHN G -1980- Diskussionsbeitrag zur Methode der Erfassung der Bodenvegetation auf Dauerbeobachtungsflächen in Naturwaldreservaten. Nat Landsch 55:149-150
- JENELTEN W, FELLER U -1992- Mineral nutrition of *Arnica montana* L and *Arnica chamissonis* ssp. *foliosa* Meguire: Differences in the cation acquisition. J Plant Nutrition 15:2351-2361
- JENKINSON DS -1991- The Rothamsted long term experiments: are they still of use? Agron J 83:2-10
- JENKINSON DS, BRADBURY NJ, COLEMAN K -1994- How the Rodhamsted classical experiments have been used to develop and test models for the turnover of carbon and nitrogen in soil. In: LEIGH RA, JOHNSTON AE (eds) Long term Experiments in agricultural and ecological sites. 117-138
- JENKINSON DS, POTTS JM, PERRY JN, BARNETT V, COLEMAN K, JASTON AE -1994- Trends in herbage yields over the last century on the Rothamsted long-term continuous hay experiments. J Agricult Sci 122:365-374
- JILG T, BRIEMLE G -1993- Futterwert und Futterakzeptanz von Magerwiesen-Heu im Vergleich zu Fettwiesen-Heu. Natsch Landschplan 25:64-68
- JOHNSON CR, JOINER JN, CREWS CE (1980) Effects of N, K, and Mg on growth and leaf nutrient composition of three container grown woody ornamentals inoculated with mycorrhizae. J Amer Sco Hort Sci 105:286-288
- JOHNSON IR, PARSONS AJ -1985- Use of a model to analyse the effects of continuous grazing managements on seasonal patterns of grass production. Grass and Forage Science 40:449-458
- KELLER F -1998- Klimaerwärmung im Berner Oberland? Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Vegetation der Schynigen Platte. Diplomarbeit Geogr. Inst. Fribourg (CH) und WSL. 60 S.

- KELLER H -1986- Vegetationskundliche Dauerbeobachtungsflächen. Übliche Methoden, Aufwand, Aussagekraft, Erfahrungen, Grenzen. In: SBN (ed) Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz. Dauerbeobachtungsflächen 8:25-33
- KESSLER E -1986- Einführung. In: SBN (ed) Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz. Dauerbeobachtungsflächen 8:7-10
- KIRCHNER TB -1977- The effects of resource enrichment on the diversity of plants and arthropods in shortgrass prairie. *Ecology* 58
- KLAPP E -1944- Überlegungen zur Borstgrasfrage. *J Landwirtsch* 90:32-42
- KLAPP E -1950- Dauerweiden West- und Süddeutschlands; eine soziologisch-ökologische Studie. *Z Acker Pflanzenbau* 91:346; 92 265
- KLAPP E -1951a- Borstgrasweiden der Mittelgebirge *Z Acker Pflanzenbau* 93:400-444
- KLAPP E -1951b- Leistung, Bewurzelung und Nachwuchs einer Grasnarbe unter verschieden häufiger Mahd und Beweidung. *Z Acker Pflanzenbau* 93:269-286
- Klapp E -1956- Grünlandvegetation und Standort. Parey Berlin
- KLAPP E -1971- Wiesen und Weiden. Eine Grünlandlehre. 4. Aufl. Parey 620 S. Berlin
- KLAPP E -1974- Taschenbuch der Gräser. 10. Aufl. Parey S. 260 Berlin
- KLAPP E -1990- Taschenbuch der Gräser. 12. Aufl. Parey S. 282 Berlin
- KLUG-PÜMPPEL B, BURGSTALLER B, SCHIFFER R-1994- Borstgrasweiden im Schattberggebiet (Land Salzburg): Artengarnitur und Phytomasse. *Die Bodenkultur* 45:99-112
- KNAPP AK, SMITH WK -1987- Stomatal and photosynthetic responses during sun/shade transitions in subalpine plants: influence on water use efficiency. *Oecologia* 74:62-67
- KNAPP AK, SMITH WK, YOUNG DR -1989- Importance of intermittent shade to the ecophysiology of subalpine herbs. *Funct Ecol* 3:753-758
- KNAPP R -1953- Pflanzengesellschaften. Hemmende und fördernde Einflüsse unter Pflanzen. *Umschau* 20:624-627
- KNAPP R -1962- Die Vegetation des kleinen Walsertales, Vorarlberg, Nordalpen. *Geobot Mitt* 12. Gießen. 53 S
- KÖHLER W, SCHACHTEL G, VOLESKE P (1996) *Biostatistik*. 282 S. Springer
- KÖNIG H, SIMON U, DÖRSCH P -1996- N-Bilanzen bei extensiver Mähweide- bzw. Schnittnutzung. *Verh Ges Ökol* 26:743-746
- KORNECK D, SUKOPP H -1988- Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten und Biotopschutz. *Schriftenr Veg kde* 19:210S. Bad Godesberg
- KORNECK, D, SCHNITTLER M, VOLLMER I -1996- Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. In: Bundesamt für Naturschutz, Hrsg., *Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands*. *Schriftenr Veg kde* 28:21-187
- KÖRNER C -1984- Auswirkungen von Mineraldünger auf alpine Zwergsträucher. *Verh Ges Ökol* 12:123-136
- KÖRNER C -1989- The nutritional status of plants from high altitudes. A worldwide comparison. *Oecologia* 81:379-391
- KÖRNER C -1995- Alpine plant diversity: a global survey and functional interpretations. In: CHAPIN III FS, KÖRNER C (eds) *Arctic and alpine biodiversity: Patterns, causes and ecosystem consequences*. *Ecol Studies* 113:45-62
- KÖRNER C -1998- A re-assessment of high elevation tree-line positions and their explanation. *Oecologia* 115:445-459
- KÖRNER C, RENHARDT U -1987- Dry matter partitioning and root length/leaf area ratios in herbaceous perennial plants with diverse altitudinal distribution. *Oecologia* 74:411-418
- KOWARIK I, SEIDLING W -1988- Zeigerwertberechnungen nach Elenberg- Zu Problemen und Einschränkungen einer sinnvollen Methode. *Landschaft + Stadt* 20:132-143
- KRAUTZER B -1995- Untersuchungen zur Samenvermehrbarkeit alpiner Pflanzen. *Veröff Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft (BAL) Heft* 24:76S. Gumpenstein
- KRÜSI BO -1978- Grenzen der Aussagekraft von Vegetationsaufnahmen. *Veröff Geobot ETH Rübel* 45:134-155, Zürich
- KRÜSI BO -1986- Phänologische Methoden bei Dauerquadratuntersuchungen und ihre Bedeutung für die Naturschutzpraxis. In: SBN (ed) *Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz*. Dauerbeobachtungsflächen 8:39-50
- KRÜSI BO, SCHÜTZ M, BIGLER HC, GRÄMIGER H, ACHERMANN G 1998- Thema 2: Vegetationsvielfalt und vorhandene Wildtierarten (Wildtiermanagement). Huftiere und Vegetation im Schweizerischen Nationalpark von 1917 bis 1997. In Cornelius R, Hofmann RR (ed) *Extensive Haltung robuster Haustierrassen, Wildtiermanagement. Mult-Species-Projekte*. *Neue Wege in Naturschutz und Landschaftspflege?* Inst Zoo-Wildtierforsch. Berlin 62-74
- KRÜSI BO, SCHÜTZ M, GRÄMIGER H, ACHERMANN G-1996- Was bedeuten Huftiere für den Lebensraum Nationalpark? Eine Studie zu Nahrungsangebot und Waldverfügung. *CRATSCHLA* 4:51-63
- KRÜSI BO, SCHÜTZ M, WILDI O, GRÄMIGER H-1995- Huftiere, Vegetationsdynamik und botanische Vielfalt im Nationalpark. *CRATSCHLA* 3/2 14-25
- KUMMEROW J, MILLS JN, ELLIS BA, HASTINGS SJ, KUMMEROW A -1987- Downslope fertilizer movement in arctic tussock tundra. *Holarctic Ecol* 10:312-319
- LANDOLT -1977- Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröff Geobot ETH Rübel* 64:1-208
- LARCHER W -1984- Ökologie der Pflanzen. UTB 403 S.
- LEIGH RA, PREW RD, JOHNSTON AE -1994- The management of long term agricultural field experiments: procedures and policies evolved from the Rodhamsted classical experiments. *?*:253-268
- LENZIN-HUNZIKER H -1991- Vegetationsuntersuchungen in der ober-subalpinen Stufe der Tessiner Alpen. Folgen der Nutzungsextensivierung und Nutzungsaufgabe eines (un)regelmäßig gemähten Bostgrasrasens (*Geo montani-Nardetum*). *Dissertation in Basel* 144 S
- LERCH G -1991- Pflanzenökologie. Akademie Verlag 535 S.
- LEUPI E -1986- Markierungs- und Suchmethoden im Feld. In: SBN (ed) *Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz*. Dauerbeobachtungsflächen 8:35-37
- LIEBEROTH I -1969- Bodenkunde. Bodenfruchtbarkeit. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag. 336 S. Berlin
- LÜDI W -1923/24- Die Untersuchung und Gliederung der Sukzessionsvorgänge in unserer Vegetation. *Verh natforsch Ges Basel* 35:277-302
- LÜDI W -1928- Untersuchungen in den Pflanzengesellschaften des Alpengartens Schynige Platte. *Jahresber Alpengarten Schynige Platte* 2:10-12
- LÜDI W -1931- Wissenschaftliche Arbeiten Im Alpengarten. In der Versuchswiese. *Jahresber Alpengarten Schynige Platte* 5:7-9
- LÜDI W -1936- Experimentelle Untersuchungen an alpiner Vegetation. *Ber Schweiz Bot Ges* 46:632-681 Bern
- LÜDI W -1940a- Die Veränderungen von Dauerflächen in der Vegetation des Alpengartens Schinigeplatte innerhalb des Jahrzehnts 1928/29-1938/39. *Veröff Geobot ETH Rübel für* 1940:93-148
- LÜDI W -1940b- Experimentelle Untersuchungen im subalpinen Nardetum. *Verh Schweizer Naturforsch Ges*:160-162
- LÜDI W -1941a- Alpweide-Verbesserungsversuche auf der Schynigeplatte bei Interlaken. *Mitt Naturforsch Ges Bern*. 208. Sitzung:17-20 Bern
- LÜDI W -1941b- Förderung der Selbstversorgung unseres Landes durch die Verbesserung der Alpweiden. *Schweiz Landw Monatshefte* 19:20-25
- LÜDI W -1948- Die Pflanzengesellschaften der Schynigeplatte bei Interlaken und ihre Beziehungen zur Umwelt. *Veröff Geobot ETH Rübel*

23:400 S.

- LÜDI W -1959- Versuche zur Alpweiderverbesserung auf der Schynigen Platte bei Interlaken. Beil Jahresber 1958 des Vereins Alpengarten Schynige Platte:
- LÜTTGE U -1988- Ökologische Grenzzustände: Verhungern oder Verdursten - das Dilemma der Pflanzen. ??:359-377
- VAN DER MAAREL E, SYKES MT -1993- Small-scale plant species turnover in a limestone grassland: the carousel model and some comments on the niche concept. J Veg Sci 4:179-188
- MAHDI A, LAW R, WILLIS AJ -1989- Large niche overlaps among coexisting plant species in a limestone grassland community. J Ecol 77:386-400
- MARSCHALL -1958- Pflanzensoziologisch-bodenkundliche Untersuchungen an Schweizerischen Naturwiesen. III. Die Milchkrautweide. Landw Jb Schweiz 72:81-97
- MARTIN C -1995- Ist die Erhaltung der „Biologischen Vielfalt“ eine gesellschaftliche Notwendigkeit? In: WSL Forum für Wissen. 711.
- MATTHIES D, SCHMID B, SCHMID-HEMPEL P -1995- The importance of population processes for the maintenance of biological diversity. GAIA 4:199-209
- MATTSOON JR. WJ -1980- Herbivory in relation to plant nitrogen content. Ann Rev Ecol Sys 11:119-161
- MATTSOON W J -1980- Herbivory in relation to plant nitrogen content. Ann Rev Ecol Sys 11:119-161
- MAY RM -1974- Biological populations with nonoverlapping generations: Stable points, stable cycles and chaos. Science 186:645-647
- MCNAUGHTON SJ, BANYIKWA FF, MCNAUGHTON MM -1997- Promotion of the cycling of diet-enhancing nutrients by African grazers. Science 278:1798-1800
- MENDEL K -1991- Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 7. Aufl. Fischer Jena 466 S.
- MILTON WEJ -1940- The effect of manuring, grazing and cutting on the yield, botanical and chemical composition of natural hill pastures. ??:326-356
- MILTON WEJ, DAVIES -1947- The yield, botanical and chemical composition of natural hill herbage under manuring, controlled grazing and hay conditions. J Ecol 35:326-356
- MÖLLER H -1993- "Pflanzengesellschaft" als Typus und als Gesamtheit von Vegetationsausschnitten. Versuch einer begrifflichen Klärung. Tuexenia 13:11-21
- MORAVEC J -1973- The determination of the minimal area of phytocoenoses. Folia Geobot Phytotax 8:594-598
- MORECROFT MD, WOODWARD FI, MARRS RH -1992- Altitudinal trends in leaf nutrient contents, leaf size and delta 13 of *Alchemilla alpina*. Funct Ecol 6:730-740
- MÜLLER-DOMBOIS D, ELLENBERG H -1974- Aims and methods of vegetation ecology. J Wiley Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto. 547 S
- NAMS VO, FOLKARD NFG, SMITH JNM -1996- Nitrogen fertilisation stimulates herbivory by snowshoe hares in the boreal forest. Can J Zool 74:196-199
- NAMS VO, FOLKARD NFG, SMITH JNM -1996- Nitrogen fertilisation stimulates herbivory by snowshoe hares in the boreal forest. Can J Zool 74:196-199
- NEUGEBOHRN L, HEITMANN M -1986- Untersuchungen zur Beweidungsmöglichkeit des Kalte-Hofe-Hauptdeiches sowie des Billwerder-Inseldeiches. Wasser + Boden 1:28-32
- NILSON J, GRENNEFELD P -1988- Critical loads for Sulphur and Nitrogen. Miljörapport 15:418 S. Stockholm
- NOEST, V, VAN DER MAAREL, E, VAN DER MEULEN F VAN DER LAAN D -1989- Optimum-transformation of plant species cover-abundance values. Vegetatio 83: 167-178
- NOVOZAMSKY I, HOUBA VJG, VAN ECK R, VAN VARK W -1983- A novel technique for multi-element analysis. Commun Soil Sci Plant Anal 14:239-249
- OBERDORFER E -1957- Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 564 S. Jena Fischer.
- OBERDORFER E -1959- Borstgras- und Krummseggenrasen in den Alpen. Beitr naturk Forsch:117-143
- OBERDORFER E -1978- Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II. Gustav Fischer Verlag.
- OBERDORFER E -1983- Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III. Gustav Fischer Verlag.
- OBERDORFER E -1990- Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Ulmer S. 1050 Stuttgart
- ODUM ET -1969- The strategy of ecosystem development. Science 164:262-270
- OLFF HAN, PEGTEL DM -1994- Characterisation of the type and extend of nutrient limitation in grassland vegetation using a bioassay with intact sods. Plant Soil 103:1-8
- OREN R, SCHULZE ED -1989- Nutritional disharmony and forest decline: A conceptual model. Ecol Stud 77:425-443
- PEARSON J, STEWART GR -1993- The deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants. New Phytol 125:283-305
- PEET RK, GLENN-LEWIN DC, WALKER JW -1983- Prediction of man's impact on plant species diversity. In: HOLZNER W, MJA WERJER, I IKISIMA (eds) Man's impact on vegetation. Dr W Junk Publ., The Hague
- PEGTEL DM -1994- Habitat characteristics and the effect of various nutrient solutions on growth and mineral nutrition of *Arnica montana* L. grown on natural soil. Vegetatio 114:109-121
- PETRAK M -1992- Rotwild (*Cervus elaphus* L.) als Pflegefaktor für bäurwurzreiche Magertriften (*Arnica montana* Schw 1944 = *MeoFestucetum*) in der Nordwesteifel. Z Jagdwiss 38:221-234
- PFADENHAUER J -1997-. Vegetationsökologie -ein Skriptum. IHW-Verlag. 448 S
- QUARANTA A, FRIZ P, TAMANINI C, OBEROSLER R -1996- Ethological Observations of cattle on summer alpine pastures of Trentino Alto Adige (Italy). Rivista di Biologica 89:221-232
- RAINER K, ERSCHBAMER B -1996- Das Regenerationsverhalten von vier alpinen Pflanzenarten. Verh Ges Ökol 26:565-568
- RAUSCHERT S -1969- Über einige Probleme der Vegetationsanalyse und Vegetationssystematik. Arch Natgesch Landsch forsch 9:153-174
- REHDER H -1971- Zum Stickstoffhaushalt alpiner Rasengesellschaften. Ber Deutsch Bot Ges 84:759-767
- REHDER H -1976- Nutrient turnover studies in alpine ecosystems. Oecologia 22:411-423
- REISIGL H, KELLER R -1987- Alpenpflanzen im Lebensraum. Alpine Rasen, Schutt- und Felspaltvegetation. FISCHER 148 S. Stuttgart
- RIEBESSELL JF -1974- Paradox of enrichment in competitive systems. Ecology 55:183-187
- ROELOFS JGM -1986- The effect of airborne sulphur and nitrogen deposition on aquatic and terrestrial heathland vegetation. Experientia 42:372-377
- ROOS P -1953- Die Pflanzengesellschaften der Dauerweiden und Hutungen des Westerwaldes und ihre Beziehungen zur Bewirtschaftung und zu den Standortverhältnissen. Z Acker Pflanzenbau 96 (1):111-133
- ROSENZWEIG ML -1971- Paradox of enrichment: destabilization of exploitation systems in ecological time. Science:171
- ROTHMALER W (ed) -1988- Exkursionsflora. S. 640 Berlin
- RUNGE F -1986- Zur Sukzession einiger Pflanzengesellschaften der Alpen. Tuexenia 6:261-269
- RUSCH G -1988- Reproductive regeneration in grazed and ungrazed limestone grassland communities on Öland. Preliminary results. Acta Phytogeogr Suec 76:113-123
- RUSCH G, VAN DER MAAREL E -1992- Species turnover and seedling recruitment in limestone grassland. Oikos 63

- SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL: SCHEFFER P, BLUME HP, HARTGE K-H, SCHWERTMANN -1984- Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Aufl. Enke. Stuttgart.
- SCHEFFRAN J –1998- Biodiversität, Ökosystemdynamik und nachhaltige Nutzung. Komplexität, Konflikt und Kooperation aus der Modellperspektive. Konfliktfeld Biodiversität. Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit. TU Darmstadt IANUS 2/1998 60S.
- SCHIEFFER J –1983- Ergebnisse der Landschaftspflegeversuche in Baden-Württemberg. Wirkungen des Mulchens auf Pflanzenbestand und Streuzersetzung. Natur und Landschaft 58:295-300
- SCHMID B, BIRNER A, LAVIGNE C -1996- Genetic variation in the response of plant populations to elevated CO₂ in a nutrient-poor, calcareous grassland. In: Carbon Dioxide, Populations and Communities:31-50 Academic Press
- SCHMIDT W -1974- Die vegetationskundliche Untersuchung von Dauerprobeflächen. Mitt flor-soz AG 17:103-106
- SCHRÖDER B -1997- Fuzzy Logik und klassische Statistik – ein kombiniertes Habitatsignaturmodell für *Conocephalus dorsalis* (Latreille, 1804, Orthoptera: Tettigoniidae). Verh Ges Ökol 27:219-226
- SCHROEDER D -1983- Bodenkunde in Stichworten. Ferdinand Hirt.
- SCHUBIGER FX, BOSSHARD HR, DIETL W -1998- Nährwert von Alpweidepflanzen. Agrarforschung 5:285-288
- SCHULZE ED, MOONEY HA (eds) -1993- Biodiversity and ecosystem function. Ecol Stud 99:525S
- SCHÜTZ M –1997- Zeitreihenanalyse in der Vegetationskunde. Ein Methodenvergleich am Beispiel des Schweizerischen Nationalparks. unveröff.
- SCHÜTZ M, KRÜSI BO, ACHERMANN G, GRÄMIGER H –1998- Zeitreihenanalyse in der Vegetationskunde. Analyse und Interpretation von Einzelflächen am Beispiel von Daten aus dem Schweizerischen Nationalpark. Bot Helv 108:105-124
- Schütz M, KRÜSI BO, WILDI O –1993- Räumliche und zeitliche Variabilität von Pflanzenbeständen. Inf bl Forsch Bereich Landsch WSL 17:1-2
- SCHÜTZ M, WILDI O, KRÜSI BO, ACHERMANN G, GRÄMIGER H –1998- Sukzession über 585 Jahre. Modell für die subalpinen Weiden im Schweizerischen Nationalpark. Inf bl Forsch Bereich Landsch WSL 40:1-5
- SCHÜTZ M, WILDI O, KRÜSI BO, ACHERMANN G, GRÄMIGER H –1998a- Zeitliches Sukzessionsmodell für die subalpinen Weiden im Schweizerischen Nationalpark. Nationalparkforschung Schweiz, in Press
- SCHÜTZ M, WOHLGEMUTH T, KRÜSI BO, ACHERMANN G, GRÄMIGER H –1998b- Wildäsung und botanische Vielfalt. Entwicklung auf subalpinen Weiden seit der Nationalparkgründung. Nationalparkforschung Schweiz. Nationalparkforschung Schweiz, in Press
- SCHWABE A -1990- Veränderungen in montanen Borstgrasrasen durch Düngung und Brachlegung: *Antennaria dioica* und *Vaccinium vitis-idaea* als Indikatoren. Tuexenia 10:295-310
- SCHWEIGHART O -1963- Zehnjährige Ergebnisse aus zwei Wiesendüngungsversuchen im Alpenvorland. Phosphorsäure 23:16-40
- SHAVER GR, Chapin III FS -1986- Effect of fertilizer on production and biomass of tussock tundra, alaska, USA. Arctic Alpine Res 18:261-268
- SHAVER GR, Chapin III FS -1980- Response to fertilization by various plant growth forms in an alaskan tundra: nutrient accumulation and growth. Ecology 61:662-675
- SIEVERING H, BURTON D, CAINE N-1992- Atmospheric loading of nitrogen to alpine tundra in the Colorado Front Range. Global Biochem Cycl 6:339-346
- SILVERTON J, DODD ME, MCCONWAY K, POTTS J, CRAWLEY M-1994- Rainfall, biomass variation, and community composition in the park grass experiment. Ecology 75:2430-2437
- SILVERTON J, LAW R -1987- Do plants need niches? Some recent developments in plant community ecology. Trends Ecol Evol 2:24-26
- SMITH CT, ELSTON J, BUNTING AH -1971- The effects of cutting and fertilizer treatment on the yield and botanical composition of chalk turfs. J British Grassland Soc 26:213-219
- SMITH, RUSHTON -1994- The effects of grazing management on the vegetation of mesotrophic (meadow) grassland in Northern England. J Appl Ecol 31:13-24
- SPATZ G -1994- Ein vegetationskundlicher Ansatz zur Situationsanalyse von Almen im Bereich der Großglockner-Hochalpen-Straße Verh Ges Ökol 23:243-249
- SPATZ G, FRICKE T, PROCK S-1993- Wirtschaftsbedingte Vegetationsmuster auf Almweiden der Hohen Tauern. Revue Geogr Alpine 3:83-93
- SPATZ G, NEUENDORFF J, PAPE A, SCHRÖDER C-1992- Zur Stickstoffdynamik unter Exkrementflecken bei Weidegang. Z Pflanzenernähr Bodenk 155:301-305
- STEBLER FG, SCHROETER C -1887- Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz. II Untersuchungen über den Einfluss der Düngung auf die Zusammensetzung der Grasnarbe. Landw Jahrb Schweiz 1:77-93
- STEBLER FG, SCHROETER C –1888- Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz. VII Das Borstgras (*Nardus stricta* L.), ein schlimmer Feind unserer Alpwirtschaft. Landw Jahrb Schweiz 2:139-150
- STEIDL I, RINGLER A -1996- Lebensraumtyp Bodensaure Magerrasen. Landschaftspflegekonzept Bayern. Band II.3 (ed: ANL and StMLU) 342 S.
- STEINGER T, KÖRNER C, SCHMID B (1996) Long-term persistence in a changing climate: DNA analysis suggests very old ages of clones of alpine *Carex curvula*. Oecologia (Berlin) 105: 94-99.
- TER BRAAK CJF, BARENDREGT LG-1986- Weighted averaging of species indicator values: its efficiency in environmental calibration. Math Biosci 78:57-72
- TER BRAAK CJF, GREMMEN NJM -1987- Ecological amplitudes of plant species and the internal consistence of Ellenberg's indicator values for moisture. Vegetatio 69:79-87
- TEUFEL J, GAUGER TH, BRAUN B -1994- Einfluß von Immissionen und Depositionen an Luftverunreinigungen auf Borstgrasrasen in der BRD. Forschvorhaben Umweltbundesamt. Uni Stuttgart No. 108
- THEURILLAT JP -1995- Climate change and the alpine flora: Some perspectives. In: GUISAN A, HOLTEN JI, SPICHTIGER R, TESSIER L (eds) Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountains :121-127 Geneve
- THOMET P, BLÄTTLER T –1998- Graswachstum als Grundlage für die Weideplanung. Agrarforsch 5:25-28
- THURSTON JM, WILLIAMS ED, JSTON AE-1976- Modern developments in an experiment on permanent grassland started in 1859. effects of fertilisers and lime on botanical composition and crop and soil analyses. 27:1043-1082
- TILMAN D, DODD ME, SILVERTON J, POULTON RR, JSTON AE, CRAWLEY MJ-1994- The park grass experiment: insights from the most-long term ecological study. :287-303
- TIMMER VR -1985- Response of a hybrid poplar clone to soil acidification and liming. Can J Soil Sci 65:727-735
- TIMMER VR, ARMSTRONG G –1987- Diagnosing nutritional status of containerized tree seedlings: comparative plant analysis. Soil Sci Soc Am 51:1082-1086
- TIMMER VR, MORROW LD -1984- Predicting fertilizer growth response and nutrient status of jack pine by foliar diagnosis. In: Stone EL

- (ed) Forest soils and treatment impact. Proc 6th North Amer Forest Soils Conf June 1983. Univ of Tennessee. Knoxville. Dep of Forestry, Wildlife and Fisheries. 335-351
- TIMMER VR, STONE EL -1978- Comparative foliar analysis of young balsam fir fertilized with nitrogen, phosphorus, potassium, and lime. Soil Sci Soc Am J 42:125-130
- TSCHURR FR -1992- Experimentelle Untersuchungen über das Regenerationsverhalten bei alpinen Pflanzen. Veröff Geobot ETH Rübel 108:S
- UNDERWOOD AJ -1997- Experiments in ecology. Their local design and interpretation using analysis of variance. Cambridge Press
- VAN DAM D, VAN DOBBEN HF, TER BRAAK CFJ, DE WIT T -1986- Air pollution as a possible cause for the decline of some phanerogamic species in The Netherlands. Vegetatio 65:47-52
- VAN DER MAAREL E -1979- Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio 39:97-114
- VAN DER MAAREL E -1989- Ecotones and ecoclines are different. J Veg Sci 1:135-138
- VAN DER MAAREL E, SYKES MT -1993- Small-scale plant species turnover in a limestone grassland: the carousel model and some comments on the niche concept. J Veg Sci 4:179-188
- VAN GOOR CP -1953- The influence of nitrogen on the growth of japanese larch (*Larix leptolepis*). Plant Soil 5:29-35
- WALLACE LL, MACKO SA -1993- Nutrient acquisition by clipped plants as a measure of competitive success: the effect of compensation. Fuct Ecol 7:326-331
- WALLIS de VRIES MF, SCHIPPERS P -1994- Foraging in a landscape mosaic: selection for energy and minerals in free-ranging cattle. Oecologia 100:107-117
- WARING RH, McDONALD AJS, LARSSON S, ERICSSON T, WIREN A, ARWIDSSON E, ERICSSON A, LOHAMMAR T -1985- Differences in chemical composition of plants grown at constant relative growth rates with stable mineral nutrition. Oecologia 66:157-160
- WEBER E -1986- Grundriß der biologischen Statistik. Stuttgart. FISCHER Verlag. S. 652
- WEBER M, KÖRNER C, SCHMID B, ARBER W -1995- Diversity of life in a changing world. GAIA 4:185-190
- WEGENER U -1986- Ökologische Auswirkungen der Beweidung von Feuchtgrünland im Gebirge. Arch Natenschutz Landsch forsch:26 (3- ?)
- WEGENER U, REICHHOFF L -1989- Zustand, Entwicklungstendenzen und Pflege der Bergwiesen. Hercynia 26:190-198
- WERGER MJA, SMEETS PJAM, HELSPER HPG, WESTHOFF V -1978- Ökologie der subalpinen Vegetation des Lausbachtals, Tirol. Verh Zool Bot Ges Österr 116/117:111-125
- WEYEL A -1989- Verbesserung der Domestikationseigenschaften von Wildpflanzenpopulationen und selektierten Genotypen von *Arnica montana* L. Diss Uni Gießen. 135s. Gießen
- WIEGLEB G -1986- Grenzen und Möglichkeiten der Datenanalyse in der Pflanzenökologie. Tuexenia 6:365-377
- WIKUS EP -1987- Alpine grasslands and the effect of grazing. In: MIYAWAKI et al.(eds) Vegetation ecology and creation of new alpine environments. Tokai press Tokyo. 225-234
- WILDI O -1986a- Analyse vegetationskundlicher Daten. Theorie und Einsatz statistischer Methoden. Veröff Geobot ETH Rübel 90:226 S.
- WILDI O -1986b- Konzeption vegetationskundlicher Untersuchungen am Beispiel einer Gradientenanalyse. Tuexenia 6:379-390
- WILDI O -1986c- Vegetationskundliche Dauerbeobachtungsflächen. Planung und Auswertung. In: SBN (ed) Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz. Dauerbeobachtungsflächen 8:12-19+Beil
- WILDI O -1988- Linear trends in multi-species time series. Vegetatio 77:51-56
- WILDI O -1989- A new numerical solution to traditional phytosocial tabular classification. Vegetatio 81:95-106
- WILDI O -1990- Trends in Dauerbeobachtungsflächen. Inf bl Forsch Ber Landsch WSL 6:1-3
- WILDI O -1995-MULVA-5. Unveröff Handbuch WSL
- WILDI O, DUELLI P, KIENAST F -1990- Natur- und Landschaftsschutzprobleme im Gebirge. Schweiz Z Forstwes 141:367-376
- WILDI O, ORLÓCI L -1996- Numerical exploration of community patterns. A guide to the use of MULVA-5. 2. Aufl. SPB Academic Publishing.
- WILLEMS JH -1983- Species composition and above ground phytomass in chalk grassland with different management. Vegetatio 52:171-180
- WILLEMS JH, PEET RK, BIK L -1993- Changes in chalk-grassland structure and species richness resulting from selective nutrient additions. J Veg Sci 4:203-212
- WILMANNS O -1993- Ökologische Pflanzensoziologie. UTB 479 S. Heidelberg
- WILSON JB, GITAY H, AGNEW ADQ -1987- Does niche limitation exist? Funct Ecol:1
- WILSON SD -1994a- Initial size and the competitive responses of two grasses at two levels of soil nitrogen: a field experiment. Can J Bot 72:1349-1354
- WILSON SD -1994b- The contribution of grazing to plant diversity in alpine grassland and heath. Austr J Ecol 19:137-140
- WILSON SD, TILMAN D -1993- Plant competition and resource availability in response to disturbance and fertilization. Ecology 74:599-611
- WUNDERLI S, GEHRING R -1990- Surface ozon in rural, urban and alpine regions of Switzerland. Atm Environm 24a:2641-2646
- ZOPFI HJ -1993- Ecotypic variation in *Rhinanthus alectoprolophus* (Scopoli). Pollich (Scrophulariaceae) in relation to grassland management. I. Morphological delimitations and habitats of seasonal ecotypes. Flora 188: 15-39.

10 Anhang I: Daten

10.1 Weideplan

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV		XV		XVI		XVII		XVIII		XIX		XX		XXI		XXII		XXIII		XXIV		XXV		XXVI		XXVII		XXVIII		XXIX		XXX																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

10.3 Vita Dr. Werner LÜDI † und Entwicklung der Pflanzensoziologie

*1888 Münsingen (BE) †1968

1910 „Geburt“ der Pflanzensoziologie (1. Botanischer Kongreß Brüssel)

1919 LÜDI: „Die Sukzession der Pflanzenvereine“ BE

„Zürich-Montpellier-Schule“ durch Braun-Blanquet (1884-1980)

1921 Braun-Blanquet: „Systematik der Pflanzengesellschaften“ SG

1918 Gründung des Geobotanischen Instituts (ZH) durch Rübel (1876-1960)

1958 dasselbe der ETH angegliedert

1931-1958 LÜDI: Institutsdirektor in Rübel

1930 Privatdozent an der Universität Bern BE

Anlage der „Versuchsweide“

1930 Braun-Blanquet/Stüssi: im Nationalpark

1948 LÜDI: „Pflanzengesellschaften der Schynigeplatte“

10.4 Zugehörigkeitsdiagramme, Evenness

Tabelle 64: Die Daten der Zugehörigkeitsdiagramme

Null	t	plot	E	AZ	Ca	t	plot	E	AZ
F ₂₈			82,83	27,10	32	98,80	81,80	72,62	24,60
N ₃₂	100,00	84,20	73,55	23,70	94	84,30	76,20	71,51	29,50
33	91,70	88,90	65,18	22,60	95	51,20	52,50	75,71	31,00
34	87,70	86,80	65,18	22,60	96	37,60	57,00	75,56	34,00
41	74,20		68,30	26,50	54	58,00	37,30	78,60	38,60
43	51,40	65,20	76,47	32,10	90	89,70	78,10	69,01	37,40
54	64,90	60,20	71,23	34,20					
90	92,20	80,70	64,89	30,10					
94	88,60	79,20	70,16	26,50					
95	83,40	72,00	65,86	27,30					
96	76,70	78,00	68,17	29,70					
97	73,40	49,10	78,76	27,00					
NPK					NPKCa				
94	85,70	80,00	72,26	29,70	31	21,6	87,6	81,80	31,00
95	72,90	59,30	70,12	28,20	94	12,3	81	69,75	27,20
96	58,10	62,50	74,35	27,70	95	16	72,1	69,12	28,80
36	20,20		75,83	26,00	96	17,5	86,9	61,41	28,70
41	57,30	30,00	68,30	26,50	36	57,1		76,20	27,00
46	87,70	23,70	69,40	24,00	41	41,9	65,8	77,70	12,67
82	91,50	83,80	78,30	28,50	46	41,5	52,1	90,20	20,75
89	68,20	47,80	82,70	33,50	54	29,3	48,5	81,70	29,00
					82	56,7	71,3	86,20	35,67
					89	78	74,3	90,50	38,50

t= zeitliche Ähnlichkeit im Vergleich zum „Ausgangspunkt“ N32, plot= Ähnlichkeit der Flächen untereinander

10.5 Artengruppen und Deckungsverhältnisse

Tabelle 65: Einteilung der Arten in Gesellschaftszugehörigkeit und Wuchsform

Festucetum Gräser	<i>Agrostis tenuis</i> , <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>commutata</i> , <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>rhaeticum</i> , <i>Poa alpina</i> ,
Festucetum Kräuter	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l., <i>Campanula scheuchzeri</i> , <i>Cerastium caespitosum</i> , <i>Crepis aurea</i> , <i>Crocus albiflorus</i> , <i>Leontodon hispidus</i> s. l., <i>Plantago atrata</i> HOPPE ssp. <i>atrata</i> (montana), <i>Sagina saginoides</i> , <i>Selaginella selaginoides</i> , <i>Soldanella alpina</i>
Festucetum Leguminosen	<i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>alpinus</i> , <i>Trifolium pratense</i> s. l., <i>Trifolium repens</i>
Nardetum Gräser	<i>Agrostis rupestris</i> , <i>Anthoxanthum alpinum</i> , <i>Luzula multiflora</i> , <i>Nardus stricta</i>

Nardetum Kräuter	<i>Arnica montana</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Campanula barbata</i> , <i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG, <i>Geum montanum</i> , <i>Gymnadenia conopea</i> R BR, <i>Hieracium auricula</i> L, <i>Hieracium pilosella</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Leontodon helveticus</i> , <i>Plantago alpina</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Viola calcarata</i>
Gräser ohne Bindung	<i>Avenella flexuosa</i> , <i>Avena pubescens</i> , <i>Avenula versicolor</i> , <i>Briza media</i> , <i>Carex caryophyllea</i> , <i>Carex ferruginea</i> , <i>Carex ornithopoda</i> , <i>Carex pallescens</i> , <i>Carex pilulifera</i> , <i>Carex sempervirens</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> , <i>Festuca ovina et rubra</i> , <i>Luzula multiflora et silvatica</i> , <i>Luzula silvatica</i> s. l., <i>Luzula spicata</i> , <i>Luzula sudetica</i> , <i>Trisetum flavescens</i>
Kräuter ohne Bindung	<i>Ajuga reptans</i> , <i>Alchemilla xanthochlora</i> , <i>Anemone narcissiflora</i> , <i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i> , <i>Aster bellidiastrum</i> , <i>Astrantia major</i> , <i>Bartsia alpina</i> , <i>Bellidiastrum michelii</i> , <i>Botrychium lunaria</i> , <i>Carduus defloratus</i> s. l., <i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>acaulis</i> , <i>Centaurea montana</i> , <i>Cerastium spec.</i> , <i>Cerastium arvense</i> s. l., <i>Cerastium cerastoides</i> , <i>Cerastium fontanum</i> BAUMG, <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB, <i>Cirsium acaule</i> , <i>Cirsium spinosissimum</i> , <i>Coeloglossum viride</i> , <i>Crepis</i> , <i>Crepis blattaroides</i> VILL, <i>Crepis conyzifolia</i> , <i>Crepis pontana</i> DALLA TORRE, <i>Dactylorhiza</i> sp., <i>Euphrasia minima</i> , <i>Galium pumilum</i> , <i>Gentiana purpurea</i> , <i>Gentiana verna</i> , <i>Gentianella campestris</i> , <i>Geranium silvaticum</i> , <i>Gnaphalium</i> , <i>Gnaphalium sylvaticum</i> , <i>Gymnadenia</i> , <i>Hedysarum obscurum</i> L, <i>Hieracium spec.</i> , <i>Hieracium aurantiacum</i> L, <i>Hieracium auricula</i> , <i>Hieracium diverse</i> , <i>Hippocrepis comosa</i> , <i>Hypericum maculatum</i> s. l., <i>Leontodon autumnalis</i> , <i>Chrysanthemum adustum</i> (KOCH) FRITSCH, <i>Leucorchis albida</i> E MEYER, <i>Ligusticum mutellina</i> , <i>Linum catharticum</i> , <i>Myosotis alpestris</i> , <i>Myosotis alpestris</i> FE SCHMIDT, <i>Nigritella nigra</i> , <i>Orchidaceae</i> , <i>Pedicularis tuberosa</i> , <i>Peucedanum ostruthium</i> , <i>Phyteuma orbiculare</i> ssp. <i>orbiculare</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Polygala alpestris</i> , <i>Polygala chamaebuxus</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Potentilla</i> , <i>Pulsatilla alpina</i> s. l., <i>Pulsatilla apiifolia</i> , <i>Ranunculus aconitifolius</i> , <i>Ranunculus nemorosus</i> DC, <i>Ranunculus montanus</i> s. l., <i>Ranunculus montanus et nemorosus</i> , <i>Rhinanthus alectorolophus</i> , <i>Rumex alpestris</i> , <i>Scabiosa lucida</i> , <i>Silene vulgaris</i> , <i>Solidago virgaurea</i> s. l., <i>Stellaria graminea</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Thesium alpinum</i> , <i>Traunsteinera globosa</i> , <i>Trollius europaeus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> s. l., <i>Veronica alpina</i> ssp. <i>Australis</i>
Leguminosen ohne Bindung	<i>Trifolium alpinum</i> , <i>Trifolium badium</i> , <i>Trifolium medium</i> ssp. <i>medium</i> , <i>Trifolium thalii</i>

Tabelle 66: Einteilung der Arten nach ihrem Futterwert

Unkräuter	<i>Anemone narcissiflora</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Bartsia alpina</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>acaulis</i> , <i>Cirsium acaule</i> , <i>Coeloglossum viride</i> , <i>Crocus albiflorus</i> , <i>GENTIANA KOCHIANA</i> PERR ET SONG, <i>Gentiana purpurea</i> , <i>Gentianella campestris</i> , <i>Geranium silvaticum</i> , <i>Geum montanum</i> , <i>Gymnadenia</i> , <i>Gymnadenia conopea</i> R BR, <i>Hieracium auricula</i> L, <i>Homogyne alpina</i> , <i>Hypericum maculatum</i> s. l., <i>Leucorchis albida</i> E MEYER, <i>Linum catharticum</i> , <i>Luzula silvatica</i> s. l., <i>Nardus stricta</i> , <i>Nigritella nigra</i> , <i>Polygala alpestris</i> , <i>Polygala chamaebuxus</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Potentilla</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Ranunculus aconitifolius</i> , <i>Ranunculus montanus</i> s. l., <i>Ranunculus nemorosus</i> DC, <i>Rumex alpestris</i> , <i>Soldanella alpina</i> , <i>Thesium alpinum</i> , <i>Trollius europaeus</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i>
schlechte Futterpflanzen	<i>Agrostis rupestris</i> , <i>Ajuga reptans</i> , <i>Anthoxanthum alpinum</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Avenula versicolor</i> , <i>Bellidiastrum michelii</i> Cass, <i>Campanula barbata</i> , <i>Carex caryophyllea</i> , <i>Carex pallescens</i> , <i>Carex sempervirens</i> , <i>Centaurea montana</i> , <i>Cerastium caespitosum</i> , <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB, <i>Crepis conyzifolia</i> , <i>Galium pumilum</i> , <i>Gnaphalium sylvaticum</i> , <i>Hieracium aurantiacum</i> L, <i>Luzula sudetica</i> , <i>Peucedanum ostruthium</i> , <i>Phyteuma orbiculare</i> ssp. <i>orbiculare</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Sagina saginoides</i> , <i>Selaginella selaginoides</i> , <i>Silene vulgaris</i> , <i>Solidago virgaurea</i> s. l., <i>Stellaria graminea</i> , <i>Trifolium badium</i> , <i>Viola calcarata</i> ,
gute Futterpflanzen	<i>Agrostis tenuis</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> s. l., <i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i> , <i>Avena pubescens</i> , <i>Briza media</i> , <i>Campanula scheuchzeri</i> , <i>Crepis aurea</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> , <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>commutata</i> , <i>Hippocrepis comosa</i> , <i>Leontodon helveticus</i> , <i>Chrysanthemum adustum</i> (KOCH) FRITSCH, <i>Ligusticum mutellina</i> , <i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>alpinus</i> , <i>Luzula multiflora</i> , <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>rhaeticum</i> , <i>Plantago alpina</i> , <i>Plantago atrata</i> HOPPE, <i>Scabiosa lucida</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Trifolium alpinum</i> , <i>Trifolium pratense</i> s. l., <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium thalii</i>
indifferente	<i>Alchemilla xanthochlora</i> , <i>Aster bellidiastrum</i> , <i>Astrantia major</i> , <i>Botrychium lunaria</i> , <i>Carduus defloratus</i> s. l., <i>Carex ferruginea</i> , <i>Carex ornithopoda</i> , <i>Carex pilulifera</i> , <i>Cerastium spec.</i> , <i>Cerastium arvense</i> s. l., <i>Cerastium cerastoides</i> , <i>Cerastium fontanum</i> BAUMG, <i>Cirsium spinosissimum</i> , <i>Crepis</i> , <i>Crepis blattaroides</i> VILL, <i>Crepis pontana</i> DALLA TORRE, <i>Dactylorhiza</i> sp., <i>Euphrasia minima</i> , <i>Festuca ovina et rubra</i> , <i>Gentiana verna</i> , <i>Gnaphalium</i> , <i>Hedysarum obscurum</i> L, <i>Hieracium spec.</i> , <i>Hieracium auricula</i> , <i>Hieracium diverse</i> , <i>Hieracium pilosella</i> , <i>Leontodon autumnalis</i> , <i>Leontodon hispidus</i> s. l., <i>Luzula multiflora et silvatica</i> , <i>Luzula spicata</i> , <i>Myosotis alpestris</i> , <i>Myosotis alpestris</i> FE SCHMIDT, <i>Orchidaceae</i> , <i>Pedicularis tuberosa</i> , <i>Pulsatilla alpina</i> s. l., <i>Pulsatilla apiifolia</i> , <i>Ranunculus nemorosus</i> DC, <i>Ranunculus montanus et nemorosus</i> , <i>Rhinanthus alectorolophus</i> , <i>Traunsteinera globosa</i> , <i>Trifolium medium</i> ssp. <i>medium</i> , <i>Trisetum flavescens</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> s. l., <i>Veronica alpina</i> ssp. <i>australis</i> ,

Tabelle 67: Einteilung der Arten in LÜDIS Artengruppen (Gesellschaftszugehörigkeit und Futterwert)¹
F=Futterpflanzen

gute F im Festucetum	<i>Agrostis tenuis</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> s. l., <i>Campanula scheuchzeri</i> , <i>Crepis aurea</i> , <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>commutata</i> , <i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>alpinus</i> , <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>rhaeticum</i> , <i>Plantago atrata</i> HOPPE, <i>Trifolium pratense</i> s. l., <i>Trifolium repens</i> ,
gute F im Nardetum	<i>Anthoxanthum alpinum</i> , <i>Leontodon helveticus</i>
gute F ohne Zuordnung	<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i> , <i>Avena pubescens</i> , <i>Briza media</i> , <i>Hippocrepis comosa</i> , <i>Ligusticum mutellina</i> , <i>Scabiosa lucida</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Trifolium alpinum</i> , <i>Trifolium badium</i> , <i>Trifolium thalii</i>
Indifferente	<i>Alchemilla xanthochlora</i> , <i>Anemone narcissiflora</i> , <i>Aster bellidiastrum</i> , <i>Astrantia major</i> , <i>Bartsia alpina</i> , <i>Botrychium lunaria</i> , <i>Carduus defloratus</i> s. l., <i>Carex caryophylla</i> , <i>Carex ferruginea</i> , <i>Carex ornithopoda</i> , <i>Carex pilulifera</i> , <i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>acaulis</i> , <i>Cerastium spec.</i> , <i>Cerastium arvense</i> s. l., <i>Cerastium cerastoides</i> , <i>Cerastium fontanum</i> BAUMG, <i>Cirsium acaule</i> , <i>Cirsium spinosissimum</i> , <i>Coeloglossum viride</i> , <i>Crepis</i> , <i>Crepis blattaroides</i> VILL, <i>Crepis pontana</i> DALLA TORRE, <i>Dactylorhiza</i> sp., <i>Deschampsia caespitosa</i> , <i>Euphrasia minima</i> , <i>Festuca ovina et rubra</i> , <i>Gentiana purpurea</i> , <i>Gentiana verna</i> , <i>Gentianella campestris</i> , <i>Geranium silvaticum</i> , <i>Gnaphalium</i> , <i>Hedysarum obscurum</i> L, <i>Hieracium spec.</i> , <i>Hieracium auricula</i> , <i>Hieracium diverse</i> , <i>Hypericum maculatum</i> s. l., <i>Leontodon autumnalis</i> , <i>Chrysanthemum adustum</i> (KOCH) FRITSCH, <i>Leucorchis albida</i> E MEYER, <i>Linum catharticum</i> , <i>Luzula multiflora et silvatica</i> , <i>Luzula silvatica</i> s. l., <i>Luzula spicata</i> , <i>Myosotis alpestris</i> , <i>Myosotis alpestris</i> FE SCHMIDT, <i>Nigritella nigra</i> , <i>Orchidaceae</i> , <i>Pedicularis tuberosa</i> , <i>Polygala alpestris</i> , <i>Polygala chamaebuxus</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Potentilla</i> , <i>Pulsatilla alpina</i> s. l., <i>Pulsatilla apiifolia</i> , <i>Ranunculus aconitifolius</i> , <i>Ranunculus nemorosus</i> DC, <i>Ranunculus montanus</i> s. l., <i>Ranunculus montanus et nemorosus</i> , <i>Rhinanthus alectorolophus</i> , <i>Rumex alpestris</i> , <i>Thesium alpinum</i> , <i>Traunsteinera globosa</i> , <i>Trifolium medium</i> ssp. <i>medium</i> , <i>Trisetum flavescens</i> , <i>Trollius europaeus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> s. l., <i>Veronica alpina</i> ssp. <i>australis</i>
Schlechte F im Festucetum	<i>Cerastium caespitosum</i> , <i>Crocus albiflorus</i> , <i>Leontodon hispidus</i> s. l., <i>Poa alpina</i> , <i>Sagina saginoides</i> , <i>Selaginella selaginoides</i> , <i>Soldanella alpina</i>
Schlechte F im Nardetum	<i>Agrostis rupestris</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Campanula barbata</i> , <i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG, <i>Geum montanum</i> , <i>Gymnadenia</i> , <i>Gymnadenia conopea</i> R BR, <i>Hieracium auricula</i> L, <i>Hieracium pilosella</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Luzula multiflora</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Plantago alpina</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Viola calcarata</i>
Schlechte F ohne Zuordnung	<i>Ajuga reptans</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Avenula versicolor</i> , <i>Bellidiastrum michelii</i> Cass, <i>Carex pallescens</i> , <i>Carex sempervirens</i> , <i>Centaurea montana</i> , <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB, <i>Crepis conyzifolia</i> , <i>Galium pumilum</i> , <i>Gnaphalium sylvaticum</i> , <i>Hieracium aurantiacum</i> L, <i>Luzula sudetica</i> , <i>Peucedanum ostruthium</i> , <i>Phyteuma orbiculare</i> ssp. <i>orbiculare</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Silene vulgaris</i> , <i>Solidago virgaurea</i> s. l., <i>Stellaria graminea</i>

Tabelle 68: Die Daten der Deckungsverhältnisse, alte Daten

N	10	10	5	5	5	5	10	10	10	5	5	5	1	2	2	2	2	5	1	3	4	5	3	4
	F ₂₈	N ₃₂	0 ₃₃	0 ₃₄	0 ₄₁	0 ₄₃	0 ₅₄	0 ₉₀	0 ₉₇	Ca ₃₂	Ca ₅₄	Ca ₉₀	NPK ₃₆	NPK ₄₁	NPK ₄₆	NPK ₈₂	NPK ₈₉	NPK _{Ca31}	NPK _{Ca36}	NPK _{Ca41}	NPK _{Ca46}	NPK _{Ca54}	NPK _{Ca82}	NPK _{Ca89}
FG	56,8	4,0	0,5	2,0	2,1	2,3	2,1	1,5	3,0	3,3	10,4	2,7	54,0	38,5	9,3	9,5	2,5	3,3	64,0	80,8	35,6	43,0	6,3	2,8
NG	4,4	39,4	46,4	47,2	26,5	15,3	23,9	45,4	30,2	41,4	18,8	38,5	11,5	27,0	39,3	43,0	23,0	37,6	2,5	1,8	1,4	0,6	22,0	32,9
SG	3,1	6,1	2,5	2,8	4,4	2,0	6,8	4,3	8,7	6,0	9,5	4,0	6,0	1,8	1,8	8,5	3,3	2,1	1,0	0,2	0,0	0,5	0,7	2,1
FK	44,1	3,6	2,4	0,5	2,6	3,8	2,7	2,1	4,1	4,0	16,5	9,2	2,0	2,0	11,8	2,0	7,0	2,7	4,5	6,8	32,3	31,3	19,3	16,8
NK	11,3	32,6	38,9	36,1	54,7	58,7	55,2	19,4	30,2	30,5	25,2	13,6	15,0	8,3	12,3	31,0	30,8	41,6	12,0	1,0	3,8	4,6	21,3	24,6
SK	44,2	7,6	6,9	12,8	12,6	18,1	12,5	17,8	32,6	6,5	17,5	20,2	10,5	11,8	14,5	23,0	29,8	10,3	9,5	8,2	12,6	13,3	20,0	16,3
FL	18,2	5,1	1,3	0,0	0,1	1,8	0,5	0,7	2,4	5,7	4,9	8,5	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	2,8	1,0	2,2	8,3	7,5	9,0	1,4
SL	3,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,3	1,1	0,1	1,1	0,9	2,7	0,7	2,0	3,0	1,0	0,0	1,0	0,0	4,0	0,2	3,0	2,8	2,3	1,4
Gr	64,3	49,5	49,4	52,0	33,0	19,6	32,8	51,2	41,9	50,7	38,7	45,2	71,5	67,3	50,3	61,0	28,8	43,0	67,5	82,8	37,0	44,1	29,0	37,8
Kr	99,6	43,8	48,2	49,4	69,9	80,6	70,3	39,3	66,9	41,0	59,2	43,0	27,5	22,0	38,5	56,0	67,5	54,6	26,0	16,0	48,6	49,2	60,7	57,6
leg	21,9	5,4	1,3	0,0	0,1	2,1	1,6	0,7	3,5	6,6	7,6	9,2	2,0	3,0	1,5	1,0	2,0	2,8	5,0	2,3	11,3	10,3	11,3	2,8
GF	101,	11,7	4,0	2,5	4,0	5,5	3,9	2,7	8,1	12,0	21,5	13,7	55,5	39,5	19,8	11,5	7,8	7,5	68,0	86,8	74,9	73,8	28,0	18,0
GN	4,0	0,1	0,4	0,4	1,7	0,8	1,4	2,0	4,9	0,2	0,4	0,8	1,5	1,0	0,0	4,0	0,8	0,7	1,0	0,0	0,3	0,5	2,0	4,6
GO	24,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	0,2	0,7	2,1	5,5	1,9	2,0	3,0	3,8	0,0	5,8	0,0	4,0	0,5	11,4	8,7	2,7	2,1
ind	24,1	5,5	4,6	12,3	8,1	10,6	10,3	9,0	34,1	3,1	8,8	8,6	6,5	4,8	6,3	11,5	21,3	4,5	2,0	2,3	2,3	3,5	9,0	9,4

Artengruppen und Deckungsverhältnisse

SF	17,9	0,9	0,2	0,0	0,8	2,4	1,4	1,5	1,4	1,0	10,3	6,7	0,5	1,0	1,8	1,0	2,8	1,3	1,5	3,0	1,3	8,0	6,7	2,9
SN	11,7	72,0	84,9	82,9	79,5	73,2	77,7	62,8	55,5	71,8	43,7	51,3	25,0	34,3	51,5	70,0	53,0	78,5	13,5	2,8	4,9	4,7	41,3	52,9
SO	2,7	7,6	4,8	3,3	8,9	9,6	9,3	13,0	7,6	8,1	15,3	14,4	10,0	8,8	7,3	20,0	7,0	7,9	8,5	5,7	2,0	4,4	11,3	8,3
g	129,4	12,7	4,4	2,9	5,7	6,5	6,0	4,9	13,7	14,3	27,4	16,4	59,0	43,5	23,5	15,5	14,3	8,2	73,0	87,3	86,5	83,0	32,7	24,8
ind	24,1	5,5	4,6	12,3	8,1	10,6	10,3	9,0	34,1	3,1	8,8	8,6	6,5	4,8	6,3	11,5	21,3	4,5	2,0	2,3	2,3	3,5	9,0	9,4
sch	32,3	80,5	89,9	86,2	89,2	85,2	88,4	77,3	64,5	80,9	69,3	72,4	35,5	44,0	60,5	91,0	62,8	87,7	23,5	11,5	8,1	17,1	59,3	64,0
k ₉₄	54,1	70,8	72,9	70,3	82,8	67,2	82,0	74,4	69,9	66,8	45,9	62,5	64,5	60,8	60,0	95,0	60,8	82,8	64,5	51,3	47,1	39,3	48,3	62,0
m ₉₄	34,8	12,0	17,4	19,3	9,8	18,3	10,6	11,2	21,1	12,9	7,7	6,0	11,5	12,5	10,3	11,5	7,0	6,7	12,5	19,2		13,2	15,3	8,4
s ₉₄	43,2	12,0	6,3	2,7	6,3	10,2	5,1	3,8	11,7	15,1	44,9	24,7	21,0	15,3	11,5	5,0	16,3	7,4	20,5	26,0	21,4	42,4	30,0	24,1
ff ₉₄	53,7	4,0	2,3	9,1	4,1	6,6	7,0	1,8	9,7	3,5	7,0	4,2	4,0	3,8	8,5	6,5	14,3	3,5	1,0	4,7	15,8	8,7	7,3	3,6
k ₃₁	59,6	79,6	86,9	86,9	84,7	77,9	77,9	69,5	60,7	75,2	51,6	61,7	70,0	67,3	61,3	90,5	57,0	85,8	75,5	66,5	31,9	44,3	48,0	54,3
m ₃₁	53,8	16,7	8,8	4,0	7,2	11,0	10,4	6,4	11,7	19,3	32,2	19,5	21,0	14,3	12,3	8,5	14,3	7,8	13,0	27,0	19,4	40,3	27,7	21,6
s ₃₁	41,5	2,5	3,2	10,5	9,6	11,4	14,3	7,5	21,1	3,8	10,2	10,6	9,0	10,0	6,5	14,0	10,5	6,8	9,0	7,3	33,4	9,5	17,0	16,6
ff ₃₁	30,9	0,0	0,0	0,0	1,5	2,0	2,1	7,8	18,8	0,0	11,5	5,6	1,0	0,8	10,3	5,0	16,5	0,0	1,0	0,3	12,3	9,5	8,3	5,6
g	129	13,0	4,0	3,0	6,0	7,0	6,0	5,0	14,0	14,0	27,0	16,0	59,0	44,0	24,0	16,0	14,0	8,0	73,0	87,0	79,0	78,0	33,0	25,0
sch	9,0	12,0	9,0	6,0	19,0	17,0	18,0	17,0	13,0	13,0	21,0	17,0	17,0	11,0	11,0	28,0	16,0	13,0	11,0	7,0	11,0	11,0	19,0	17,0
unkr	21,0	66,0	80,0	80,0	70,0	67,0	72,0	61,0	61,0	64,0	40,0	55,0	19,0	31,0	48,0	66,0	59,0	72,0	11,0	2,0	4,0	5,0	39,0	47,0
ff	27,0	8,0	5,0	12,0	8,0	12,0	9,0	8,0	25,0	7,0	17,0	9,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	7,0	4,0	5,0	3,0	10,0	10,0	10,0

Tabelle 69: Die Daten der Deckungsverhältnisse, neue Daten

N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	0 ₉₄	0 ₉₅	0 ₉₆	Ca ₉₄	Ca ₉₅	Ca ₉₆	N ₉₄	N ₉₅	N ₉₆	NK ₉₄	NK ₉₅	NK ₉₆	NPK ₉₄	NPK ₉₅	NPK ₉₆	NPK ₉₄	NPK ₉₅	NPK ₉₆	PK ₉₄	PK ₉₅	PK ₉₆			
FG	2,5	2,6	1,8	2,4	17,5	19,7	2,8	4,1	6,2	3,3	7,8	8,9	4,4	16,8	12,4	3,5	38,9	55,5	2,3	2,8	4,5			
NG	41,6	41,4	39,7	39,7	24,2	20,0	38,6	47,8	40,4	41,6	39,5	38,3	39,9	36,0	29,8	40,5	17,8	8,7	36,8	40,9	36,8			
SG	4,1	2,2	2,4	4,0	1,3	2,0	5,7	2,0	3,0	3,9	3,5	3,2	3,2	3,3	3,1	4,0	3,1	1,0	3,6	2,4	1,3			
FK	1,4	0,9	0,8	1,7	1,1	1,7	2,7	1,5	1,1	2,7	1,0	1,0	2,1	1,5	1,3	1,2	0,8	1,5	1,7	1,0	1,3			
NK	25,2	23,1	27,2	25,3	30,6	27,1	26,8	23,2	27,9	22,6	23,9	25,1	26,0	21,0	19,4	24,6	20,9	15,3	27,0	26,9	30,5			
SK	23,3	25,9	29,8	23,1	20,3	30,6	22,3	21,6	25,1	21,3	24,7	30,5	24,7	19,3	30,8	24,5	18,2	20,6	21,6	22,3	26,9			
FL	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,5	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	0,5	0,3	1,8	0,7	0,0	0,5	0,6	0,1	0,8	1,4			
SL	0,0	0,1	0,1	0,3	1,8	0,8	0,3	0,7	1,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1			
Gr	48,1	46,2	43,8	46,1	42,9	41,7	47,1	54,0	49,6	48,8	50,8	50,5	47,4	56,1	45,3	48,0	59,7	65,2	42,7	46,1	42,6			
Kr	49,8	50,0	57,8	50,0	51,9	59,3	51,9	46,3	54,1	46,6	49,6	56,6	52,8	41,7	51,6	50,3	39,8	37,4	50,3	50,2	58,7			
leg	0,1	0,2	0,3	0,4	2,0	1,3	0,5	0,8	1,0	0,3	0,1	0,5	0,7	1,9	1,0	0,0	0,6	0,6	0,4	0,8	1,5			
GF	3,4	3,4	2,6	3,8	18,8	21,7	5,3	5,5	7,1	5,1	8,7	10,2	6,3	19,8	14,1	4,2	40,0	57,5	3,9	4,5	6,9			
GN	1,8	4,0	2,0	1,7	4,7	2,1	2,2	3,1	2,4	1,3	3,3	2,5	2,2	2,9	2,0	2,4	3,3	2,3	1,5	3,5	2,7			
GO	0,3	0,2	0,1	0,4	1,8	0,8	0,5	0,8	1,0	0,2	0,2	0,0	0,9	0,3	0,6	0,2	0,1	0,0	0,6	0,3	0,3			
ind	14,5	16,5	22,6	15,2	10,1	21,8	15,4	11,4	16,9	14,0	10,8	18,6	16,5	7,7	17,4	17,1	6,7	14,1	14,7	11,8	19,0			
SF	0,5	0,2	0,2	0,4	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	1,1	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	0,6	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3			
SN	65,0	60,5	64,8	63,3	50,1	45,0	63,3	68,0	65,9	62,9	60,1	61,0	63,8	54,0	47,3	62,7	35,4	21,6	62,3	64,3	64,7			
SO	12,6	11,5	9,5	11,9	11,4	10,7	12,5	12,0	11,2	11,3	17,2	15,1	10,7	14,7	16,3	11,2	14,6	7,5	10,3	12,7	8,9			
g	5,4	7,6	4,7	5,9	25,3	24,6	8,0	9,4	10,5	6,6	12,2	12,7	9,4	23,0	16,6	6,8	43,4	59,9	5,9	8,3	9,9			
ind	14,5	16,5	22,6	15,2	10,1	21,8	15,4	11,4	16,9	14,0	10,8	18,6	16,5	7,7	17,4	17,1	6,7	14,1	14,7	11,8	19,0			
sch	78,1	72,2	74,5	75,5	61,5	56,0	76,0	80,2	77,3	75,2	77,5	76,3	75,0	69,1	63,9	74,5	50,1	29,2	72,8	77,1	73,9			
k ₉₄	84,4	87,4	90,4	85,4	85,9	85,0	85,5	91,5	91,9	84,0	90,1	95,7	88,2	89,0	87,8	89,0	88,7	88,3	80,0	84,1	88,1			
m ₉₄	12,3	6,7	8,6	9,6	7,3	11,2	11,8	6,3	8,4	9,7	8,3	9,0	8,2	5,8	5,3	7,9	9,7	11,4	12,1	10,1	10,0			
s ₉₄	1,3	1,9	2,2	1,5	3,5	5,6	2,1	3,1	4,2	2,0	1,9	2,6	4,5	4,7	4,2	1,4	1,7	2,7	1,4	2,5	4,4			
ff ₉₄	0,0	0,4	0,7	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,3	0,0	0,2	0,6	0,0	0,1	0,7	0,0	0,5	0,3			
K ₃₁	78,0	80,2	83,5	75,5	76,4	77,1	72,8	83,7	83,5	75,3	85,5	90,2	78,3	82,1	79,5	78,7	82,3	86,6	71,2	72,6	79,4			
M ₃₁	6,2	3,7	6,5	7,5	7,0	7,7	8,5	5,3	7,5	6,2	4,2	6,4	6,9	8,7	8,7	5,4	6,6	7,4	6,7	9,2	8,9			
S ₃₁	9,5	9,0	5,9	10,5	10,6	9,7	13,9	8,4	8,2	9,7	7,0	6,6	11,2	6,6	6,3	11,0	7,2	3,9	9,8	9,0	7,4			
Ff ₃₁	4,4	3,4	6,0	3,1	2,9	7,9	4,3	3,6	5,5	4,5	3,7	4,4	4,4	2,4	3,4	3,2	4,1	5,3	5,8	6,3	7,0			
g	5,0	8,0	5,0	6,0	25,0	25,0	8,0	9,0	11,0	7,0	12,0	13,0	9,0	23,0	17,0	7,0	43,0	60,0	6,0	8,0	10,0			
sch	20,0	18,0	16,0	19,0	20,0	22,0	18,0	17,0	18,0	18,0	24,0	19,0	19,0	19,0	19,0	20,0	23,0	15,0	18,0	19,0	15,0			
unkr	67,0	66,0	72,0	65,0	45,0	42,0	67,0	69,0	66,0	66,0	60,0	70,0	69,0	52,0	53,0	67,0	27,0	22,0	62,0	59,0	67,0			
ff	6,0	5,0	9,0	7,0	7,0	14,0	6,0	6,0	10,0	5,0	4,0	7,0	4,0	6,0	9,0	5,0	7,0	7,0	7,0	11,0	11,0			

Tabelle 70: Die Daten der Zahlenverhältnisse, alte Daten

N	10	10	5	5	5	5	10	10	10	5	5	5	1	2	2	2	2	5	1	3	4	5	3	4
	F ₂₈	N ₃₂	O ₃₃	O ₃₄	O ₄₁	O ₄₃	O ₅₄	O ₉₀	O ₉₇	Ca ₃₂	Ca ₅₄	Ca ₉₀	NPK ₃₆	NPK ₄₁	NPK ₄₆	NPK ₈₂	NPK ₈₉	NPK _{Ca31}	NPK _{Ca36}	NPK _{Ca41}	NPK _{Ca46}	NPK _{Ca54}	NPK _{Ca82}	NPK _{Ca89}
FG	3,6	3,2	1,0	2,0	2,4	2,2	2,1	1,7	1,5	3,0	3,0	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,5	3,6	3,0	3,3	3,3	3,2	3,0	3,0
NG	1,2	1,1	2,2	1,4	2,0	2,0	2,9	2,2	2,5	1,4	1,6	1,2	3,0	2,5	2,0	3,0	2,5	2,8	2,0	0,7	0,5	1,2	3,0	3,0
SG	0,9	3,3	2,4	3,4	4,0	2,2	3,1	3,3	3,0	3,2	2,8	1,6	3,0	3,0	1,5	3,0	3,5	1,6	1,0	0,3	0,0	0,8	0,7	1,0
FK	7,2	1,6	2,0	0,4	3,2	2,6	3,3	2,5	1,9	2,4	6,2	5,8	3,0	3,0	4,5	1,5	3,5	3,0	5,0	3,0	4,5	5,8	5,3	6,0
NK	3,5	9,1	9,8	8,0	13,8	13,2	12,6	10,9	8,6	9,2	10,6	10,6	8,0	9,5	7,5	11,0	10,0	9,6	8,0	1,7	4,3	5,4	10,7	9,8
SK	7,3	3,7	4,4	5,8	7,6	8,2	8,8	8,9	8,5	3,6	11,6	13,6	5,0	5,0	4,5	7,5	10,0	5,0	6,0	2,7	6,3	10,0	10,3	13,0
FL	2,3	1,4	0,8	0,0	0,2	0,2	0,5	0,5	0,4	1,4	1,8	2,0	0,0	0,0	0,5	0,5	1,0	0,8	1,0	0,7	1,0	1,6	2,0	1,8
SL	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9	0,1	0,6	0,4	1,0	0,6	1,0	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	1,0	0,3	1,0	1,0	0,7	1,0
Gr	5,7	7,6	5,6	6,8	8,4	6,4	8,1	7,2	7,0	7,6	7,4	4,8	9,0	8,5	6,5	8,0	8,5	8,0	6,0	4,3	3,8	5,2	6,7	7,0
Kr	18,0	14,4	16,2	14,2	24,6	24,0	24,7	22,3	19,0	15,2	28,4	30,0	16,0	17,5	16,5	20,0	23,5	17,6	19,0	7,3	15,0	21,2	26,3	28,8
leg	3,4	1,7	0,8	0,0	0,2	0,6	1,4	0,6	1,0	1,8	2,8	2,6	1,0	0,5	1,0	0,5	1,5	0,8	2,0	1,0	2,0	2,6	2,7	2,8
GF	9,2	5,2	3,4	2,4	4,2	4,2	4,2	3,3	3,2	5,6	8,2	6,6	5,0	4,5	6,0	3,0	5,5	5,2	6,0	6,0	7,0	7,6	7,7	7,5
GN	1,2	0,1	0,8	0,8	2,0	1,2	1,9	1,3	1,6	0,2	0,6	0,8	2,0	1,5	0,0	2,0	1,0	1,4	1,0	0,0	0,5	0,8	1,7	1,8
GO	2,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	0,2	0,5	0,8	2,6	2,0	1,0	0,5	2,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,7	2,5	2,6	1,0	1,8
ind	6,0	2,3	2,6	5,6	5,4	6,0	6,4	6,0	7,7	2,0	8,2	8,6	4,0	4,0	1,5	5,0	7,0	3,0	3,0	1,0	2,3	5,0	6,3	8,8
SF	3,9	1,0	0,4	0,0	1,6	0,8	1,7	1,4	0,6	1,2	2,8	3,2	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,2	3,0	1,0	1,8	3,0	2,7	3,3
SN	3,5	10,3	11,2	8,6	13,8	14,0	13,6	11,8	9,5	10,6	11,8	11,0	9,0	10,5	9,5	12,0	11,5	11,0	9,0	2,3	4,3	5,8	12,0	11,0
SO	0,9	4,1	4,2	3,6	6,2	4,6	5,5	6,1	3,9	4,2	4,4	5,2	4,0	4,0	3,0	5,5	4,0	3,6	4,0	1,7	2,5	4,2	4,3	4,5
g	12,8	6,0	4,2	3,2	6,2	5,6	7,0	4,8	5,3	6,6	11,4	9,4	8,0	6,5	8,0	5,0	9,5	6,6	8,0	6,7	10,0	11,0	10,3	11,0
ind	6,0	2,3	2,6	5,6	5,4	6,0	6,4	6,0	7,7	2,0	8,2	8,6	4,0	4,0	1,5	5,0	7,0	3,0	3,0	1,0	2,3	5,0	6,3	8,8
sch	8,3	15,4	15,8	12,2	21,6	19,4	20,8	19,3	14,0	16,0	19,0	19,4	14,0	16,0	14,5	18,5	17,0	16,8	16,0	5,0	8,5	13,0	19,0	18,8
k ₉₄	4,8	10,5	11,4	9,8	15,6	15,2	15,9	15,6	13,4	10,0	11,8	13,8	14,0	14,5	11,0	15,5	13,5	13,4	13,0	5,7	6,3	7,2	12,3	12,8
m ₉₄	4,6	6,2	5,8	6,8	10,0	7,4	9,2	7,9	7,0	6,2	7,8	7,6	7,0	6,0	3,0	7,0	6,0	6,6	3,0	3,0	3,8	5,6	9,0	8,0
s ₉₄	7,9	4,5	3,8	1,2	4,8	5,6	6,3	4,6	4,1	6,0	13,2	12,0	3,0	3,5	6,5	3,0	8,5	4,2	9,0	2,3	7,5	12,0	10,7	12,8
ff ₉₄	9,8	2,5	1,6	3,2	2,8	2,8	2,8	2,0	2,5	2,4	5,8	4,0	2,0	2,5	3,5	3,0	5,5	2,2	2,0	1,7	3,3	4,2	3,7	5,0
k ₃₁	4,8	13,8	13,4	12,4	15,0	14,0	14,2	12,7	10,9	13,4	12,0	11,6	14,0	13,0	10,0	13,5	12,0	14,0	12,0	5,3	5,8	6,0	10,7	10,0
m ₃₁	6,8	8,0	6,8	3,2	6,2	5,4	6,4	6,0	4,0	9,0	9,6	7,4	4,0	4,0	5,0	5,0	6,5	6,4	5,0	4,0	4,8	8,0	9,7	9,8
s ₃₁	7,1	1,9	2,4	5,4	10,2	8,6	10,1	6,8	6,7	2,2	8,2	12,0	7,0	8,0	5,0	7,5	7,0	6,0	8,0	3,0	5,5	7,6	10,0	11,5
ff ₃₁	8,4	0,0	0,0	0,0	1,8	3,0	3,5	4,6	5,4	0,0	8,8	6,4	1,0	1,5	4,0	2,5	8,0	0,0	2,0	0,3	4,8	7,4	5,3	7,3

Tabelle 71: Die Daten der Zahlenverhältnisse, neue Daten

	O ₉₄	O ₉₅	O ₉₆	Ca ₉₄	Ca ₉₅	Ca ₉₆	N ₉₄	N ₉₅	N ₉₆	NK ₉ ₄	NK ₉ ₅	NK ₉ ₆	NP _{K₉₄}	NP _{K₉₅}	NP _{K₉₆}	NP _{KCa₉₄}	NP _{KCa₉₅}	NP _{KCa₉₆}	PK ₉₄	PK ₉₅	PK ₉₆
FG	1,7	2,2	2,0	2,2	2,8	2,5	2,0	2,3	2,5	2,0	2,8	2,0	1,8	2,5	2,2	1,8	3,0	2,7	1,7	2,7	2,5
NG	2,7	3,0	3,0	2,5	3,0	3,0	2,8	3,0	3,0	2,5	3,0	3,0	2,7	3,0	3,0	2,7	3,0	3,0	2,5	3,0	3,0
SG	2,5	2,8	3,2	2,8	3,0	3,8	3,0	3,7	4,0	2,5	3,8	3,7	2,5	3,0	3,5	2,3	2,7	2,5	2,2	3,0	3,2
FK	1,7	1,5	1,8	2,2	2,2	2,8	2,5	2,2	2,7	2,3	2,0	2,2	2,5	2,3	2,3	1,8	2,0	2,2	1,8	2,2	2,7
NK	9,2	9,5	10,2	9,7	10,0	10,8	10,5	10,8	10,8	10,2	10,8	11,3	10,7	9,3	9,0	9,7	9,3	9,0	9,2	9,8	10,8
SK	8,7	8,0	9,2	9,3	9,8	10,2	9,7	8,8	8,3	9,3	8,7	8,5	9,0	7,5	7,2	8,8	7,7	8,7	9,7	9,8	10,5
FL	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,0	0,8	0,7	0,2	0,5	0,7
SL	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0	0,3	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2
Gr	6,8	8,0	8,2	7,5	8,8	9,3	7,8	9,0	9,5	7,0	9,7	8,7	7,0	8,5	8,7	6,8	8,7	8,2	6,3	8,7	8,7
Kr	19,5	19,0	21,2	21,2	22,0	23,8	22,7	21,8	21,8	21,8	21,5	22,0	22,2	19,2	18,5	20,3	19,0	19,8	20,7	21,8	24,0
leg	0,2	0,3	0,3	0,3	0,7	0,8	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,0	1,0	0,7	0,3	0,7	0,8
GF	2,8	3,3	3,2	3,7	4,7	4,7	4,2	4,0	3,7	3,5	4,3	3,2	3,5	4,0	3,3	2,7	5,0	4,5	3,0	4,7	4,7

Ca	11,39	12,2	9,06	9,94	3,114	3,338	1,430	1,177
NPKCa	9,16	7,5	5,93	6,8	0,748	1,544	0,837	0,540

10.7 Zeigerwerte, gewichtet und ungewichtet

Tabelle 76: Mittlere ungewichtete Zeigerwerte der alten und neuen Flächen

Beh.	F ₂₈	N ₃₂	NPKCa ₃₁	NPKCa ₉₄	NPKCa ₉₅	NPKCa ₉₆	NPKCa ₃₆	NPKCa ₄₁	NPKCa ₄₆	NPKCa ₅₄	NPKCa ₈₂	NPKCa ₈₉
F	5,41	4,85	4,88	5,03	5,07	5,06	5,33	4,86	4,87	4,75	5,17	5,14
L	7,21	7,44	7,44	7,23	7,29	7,24	7,36	7,70	7,58	7,42	7,32	7,46
N	4,22	2,89	3,09	2,45	2,66	2,69	2,86	4,30	3,87	3,52	2,90	2,75
R	5,46	3,28	3,86	3,44	3,51	3,61	4,14	3,88	5,40	5,77	4,48	4,97
T	2,56	2,78	2,75	2,88	2,89	2,94	2,56	2,50	2,45	2,47	2,63	2,56
Beh.	F ₂₈	N ₃₂	O ₃₃	O ₃₄	O ₄₁	O ₄₃	O ₅₄	O ₉₀	O ₉₄	O ₉₅	O ₉₆	O ₉₇
F	5,41	4,85	4,88	5,01	5,08	5,03	5,01	5,04	4,93	4,95	4,98	4,96
L	7,21	7,44	7,38	7,29	7,21	7,21	7,25	7,33	7,26	7,21	7,22	7,22
N	4,22	2,89	2,71	2,39	2,59	2,61	2,64	2,57	2,51	2,49	2,59	2,52
R	5,46	3,28	3,33	2,55	3,51	3,64	3,84	3,82	3,54	3,50	3,61	3,72
T	2,56	2,78	2,76	2,69	2,77	2,81	2,75	2,78	2,90	2,96	2,96	2,80
Beh.	F ₂₈	N ₃₂	Ca ₃₂	Ca ₉₄	Ca ₉₅	Ca ₉₆	Ca ₅₄	Ca ₉₀				
F	5,41	4,85	4,80	5,00	5,02	4,98	4,95	5,00				
L	7,21	7,44	7,52	7,26	7,30	7,29	7,36	7,57				
N	4,22	2,89	2,30	2,56	2,62	2,64	2,62	2,43				
R	5,46	3,28	2,65	3,64	3,77	3,83	4,20	3,40				
T	2,56	2,78	2,75	2,86	2,83	2,86	2,60	2,77				
Beh.	F ₂₈	N ₃₂	NPK ₃₆	NPK ₉₄	NPK ₉₅	NPK ₉₆	NPK ₄₁	NPK ₄₆	NPK ₈₂	NPK ₈₉		
F	5,41	4,85	4,94	4,95	5,04	4,99	4,81	5,25	5,00	4,77		
L	7,21	7,44	7,19	7,28	7,27	7,28	7,32	6,72	7,15	6,90		
N	4,22	2,89	3,00	2,48	2,54	2,57	2,48	2,85	2,15	2,65		
R	5,46	3,28	3,39	3,72	3,52	3,59	2,62	3,05	2,43	3,65		
T	2,56	2,78	2,67	2,88	2,93	2,96	2,70	2,60	2,89	2,73		

Tabelle 77: Zeigerwerte der Wuchsformen- und soziologischen Artengruppen

Gruppe	code	F	L	N	R	T	n
Festucetum Gräser	GF	5	7,3	5	4,3	3	4
Festucetum Kräuter	FK	5,8	6,9	4,7	6,4	2,6	10
Festucetum Leguminosen	FL	4,7	7,3	4,5	6,5		3
Nardetum Gräser	NG	5	7,5	2	2,8	2,5	4
Nardetum Kräuter	NK	5,1	7,2	2	3,3	2,7	16
Sonstige Gräser	SG	4,5	6,7	3	4,9	2,8	17
Sonstige Kräuter	SK	5	7,3	3,7	5,8	3	78
Sonstige Leguminosen	SL	4,8	7,5	2,5	6	3	4

Tabelle 78: Zeigerwerte der in der Vegetationstabelle erarbeiteten soziologischen Gruppen

Gruppe	F	L	N	R	T	n
Ch F	5,5	7,3	3,9	6,2	2,7	18
Ch NPKCaFlächen	5,1	7,3	4	6,3	2	10
D Ca-Flächen	4	7,9	2,3	6,5	3,2	12
D NPK-Flächen	4,6	6,9	4,3	8	3	11
D Nullflächen	4,7	7	3,1	4,9	3,4	11
D VW	4,8	7,4	2,8	5	2,5	5

Zeigerwerte, gewichtet und ungewichtet

D V W F	5,7	7	3,4	5,4	2,8	10
D V W N	5	7	2,2	3,2	3,2	13
Häufig in F, N (VW)	5,5	7,3	4	6,8	2	6
Häufig in N (F, VW)	4,7	7,4	3,4	4	2,6	15
Sonstige	5,2	6,3	4,3	5,1	3,2	19

Tabelle 79: mittlere Zeigerwerte der Artengruppen

Gruppe	Code	F	L	N	R	T	n
Schlechte Futterpfl. Ohne Bindung	SO	5	6,8	3,8	5,2	3	19
Schlechte Futterpfl. Nardetum	SN	5	7,2	2	3,3	2,6	19
Schlechte Futterpfl. Festucetum	SF	5,7	7,1	5	6,4	2,8	7
Gute Futterpfl. Festucetum	GF	5,1	7	4,6	5,6	2,5	10
Gute Futterpfl. Nardetum	Gn	5,5	7,5	2	2,5	3	2
Gute Futterpfl. Ohne Bindung	GO	4,4	7,4	3,4	6,6	2,6	10
Indifferente	Indif	5	7,3	3,5	5,8	3	69

Tabelle 80: gewichtete Zeigerwerte der neuen Flächen mit Differenz 1994-1996

ZW	0	NK	N	PK	NPK	Ca	NPKCa
F ₉₄	2,52	2,42	2,55	2,68	2,56	2,61	2,42
F ₉₅	2,32	2,1	1,96	2,44	2,05	2,52	1,96
F ₉₆	2,45	2,18	2,2	2,4	2,61	2,79	1,89
	-0,08	-0,24	-0,34	-0,29	0,05	0,18	-0,53
L ₉₄	7,37	7,42	7,32	7,32	7,44	7,37	7,28
L ₉₅	7,33	7,36	7,4	7,29	7,38	7,23	7,17
L ₉₆	7,15	7,19	7,18	7,13	7,27	7,15	7,05
	-0,22	-0,23	-0,14	-0,19	-0,2	-0,2	-0,22
N ₉₄	2,14	2,13	2,24	2,11	2,16	2,21	2,14
N ₉₅	2,13	2,12	2,11	2,11	2,14	2,2	2,19
N ₉₆	2,09	2,15	2,15	2,1	2,21	2,27	2,22
	-0,04	0,02	-0,09	-0,01	0,05	0,06	0,07
R ₉₄	2,45	2,53	2,55	2,52	2,63	2,55	2,41
R ₉₅	2,33	2,22	2,24	2,41	2,44	2,55	2,69
R ₉₆	2,31	2,27	2,27	2,32	2,64	2,81	2,93
	-0,14	-0,27	-0,27	-0,19	0,01	0,26	0,52
T ₉₄	1,34	1,29	1,33	1,42	1,39	1,36	1,32
T ₉₅	1,3	1,14	1,07	1,22	1,01	1,3	0,97
T ₉₆	1,31	1,13	1,17	1,22	1,31	1,32	0,94
	-0,03	-0,15	-0,16	-0,2	-0,1	-0	-0,38

Tabelle 81: mittlere Zeigerwerte der Kern- und Satellitenarten 1931 und 1994

Einordnung	Stetigkeit	F	L	N	R	T	n
Kernarten 1931	80 %-100 %	4,9	7,2	2,1	2,4	2,7	15
Mittlere Stetigkeit	30 %-79 %	4,9	7,2	4,2	4,9	3,0	14
Satellitenarten 1931	> 29 %	5,0	7,1	3,2	4,9	2,7	35
Kernarten 1994	80 %-100 %	5,0	6,7	2,3	3,0	3,0	17
Mittlere Stetigkeit	30 %-79 %	4,8	7,7	3,1	4,7	2,6	18
Satellitenarten 1994	> 29 %	4,9	7,7	3,0	6,3	2,6	17

Tabelle 82: Gefährdungsstufen in den Flächen gefundener Arten

in den alten Flächen	F	L	N	R	T	D	Ä	G*	G**	Soz. Verh.
<i>Botrychium lunaria</i>	4	8	2	X	X	2	2	3	3	Nardetalia
<i>Coeloglossum viride</i>	4	8	2	4	X	1	2	3	3	Nardetalia
<i>Gentiana verna</i>	4	8	2	7	x	5	3	3	3	Mesobromion

<i>Gentianella campestris</i>	5	8	2	4	X	3	2	3		Violion caninae
<i>Phyteuma orbiculare ssp. Orbiculare</i>	5	8	3	8	3	3	2	3	3	Molinion caeruleae
<i>Pulsatilla apiifolia</i>	5	9	2	3	2	4	5	4		Nardion
<i>Traunsteinera globosa</i>	5	7	3	8	3	1	2	3		Caricion ferruginae
Mw	4,6	8,0	2,2	5,5	3,0					
Auch in den neuen Flächen	F	L	N	R	T	D	Ä	G*	G**	Soz. Verh.
<i>Arnica montana</i>	5	9	2	3	4	6	2	3	3	Nardetalia
<i>Galium anisophyllum</i>	5	9	3	8	2	4	5	3		Seslerietalia albicantis
<i>Gentiana kochiana PERR ET SONG</i>	5	8	2	2	2	4	5	3	3	Nardion
<i>Gentiana purpurea</i>	5	7	2	3	3	4	2	3	R	Nardion
<i>Hieracium lactucella</i>	6~	8	2	4	X	6	3	3	3	Nardetalia
<i>Leucorchis albida E MEYER</i>	5	8	2	2	4	1	2	2	2	Nardion
<i>Nigritella nigra ssp. Nigra</i>	4	8	2	6	2	1	5	3		Seslerion albicantis
<i>Thesium alpinum</i>	4	8	2	8	3	3	2	3	3	Seslerietalia albicantis
<i>Trollius europeus</i>	7	9	5	6	3	4	2	3	3	Molinetalia
<i>Viola calcarata ssp. Calcarata</i>	6	8	2	8	1	5	5	4		Parietietalia (judicae)
Mw	5,0	8,0	2,4	5,0	3,0					
O ₃₂	4,8	7,4	2,9	3,3	2,8					eigene Daten
O ₉₄	4,9	7,3	2,5	3,5	2,9					eigene Daten

M: 1= äußerst selten, 3 = selten, 5= weder selten noch häufig, 7= häufig, 9= fast überall
 D: 1= sehr vereinzelt, 3= in kleinen Gruppen, 5=in Gruppen, 7= oft herrschend, 9= immer herrschend
 Ä= 1= verschwunden, 3= schwindend, 5= keine Veränderungen, 7= sich ausbreitend, 9= sich stark ausbreitend
 G: 2= stark gefährdet, 3= gefährdet, 4 = potentiell gefährdet (R= in Deutschland: botanische Rarität)

Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992), sowie Meßtischblattfrequenz nach HAEUPLER und SCHÖNFELDER (1989), Dominanz nach Jäger et al. (1987), Änderungstendenz nach HAEUPLER und SCHÖNFELDER (1989) und die Gefährdungseinstufungen nach KORNECK und SUKOPP (1988, *) sowie aus JEDICKE (1997 nach KORNECK et al. 1996, **) der in den alten und außerdem noch in den 42 neuen Flächen gefundenen Arten¹⁰⁴.

Tabelle 83: Die für die populationsbiologischen Untersuchungen ausgewählten Arten mit Zeigerwerten nach ELLENBERG et al. (1992)

Art	F	L	N	R	T	Soz. Verh.
<i>Arnica montana</i>	5	9	2	3	4	Nardetalia
<i>Campanula barbata</i>	5	7	2	1	2	Nardion
<i>Gentiana purpurea</i>	5	7	2	3	3	Nardion
<i>Geum montanum</i>	5	7	2	2	2	Nardion
<i>Leontodon helveticus</i>	5	8	2	3	3	Nardion
N ₃₂	4,8	7,4	2,9	3,3	2,8	
Mw	5	7,6	2	2,4	2,8	

10.8 Artenzahlen

Tabelle 84: Durchschnittliche Artenzahlen in den alten und neuen Flächen

	F₂₈	N₃₂	N'₀33	N'₀34	N'₀41	N'₀43	N'₀54	N'₀' 90	N! O₉₄	N! O₉₅	N! O₉₆	N'₀'₉₇
#	10	10	5	5	5	5	10	10	6	6	6	10
AZ	27,1	23,7	22,6	21,0	33,2	31,0	34,2	30,1	26,5	27,3	29,7	27,0
	F₂₈	N₃₂	N'Ca₃₂	N! Ca₉₄	N! Ca₉₅	N! Ca₉₆	N'Ca₅₄	N'Ca' 90				
#	10	10	5	6	6	6	5	5				
AZ	27,1	23,7	24,6	29,0	31,5	34,0	38,6	37,4				
	F₂₈	N₃₂	N'NPK₃₆	N'NPK₄₁	N! NPK₉₄	N! NPK₉₅	N! NPK₉₆	N'NPK₄₆	N'NPK' 82	N'NPK' 89		
#	10	10	1	2	6	6	6	2	2	2		
AZ	27,1	23,7	26,0	26,5	29,7	28,2	27,7	24,0	28,5	33,5		
	F₂₈	N₃₂	N'NPKCa₃₁	N'NPKCa₃₆	N! NPKCa₉₄	N! NPKCa₉₅	N! NPKCa₉₆	N'NPKCa₄₁	N'NPKCa₄₆	N'NPKCa₅₄	N'NPKCa' 82	N'NPKCa' 89
#	10	10	5	1	6	6	6	3	4	5	3	4
AZ	27,1	23,7	26,4	27,0	27,2	28,7	28,7	12,7	20,8	29,0	35,7	38,5

¹⁰⁴ Von den für die neuen Flächen aufgelisteten Arten kam nur *Leucorchis albida* in den alten Flächen nicht vor.

	F ₂₈	N ₃₂	N! N ₉₄	N! N ₉₅	N! N ₉₆	N! NK ₉₄	N! NK ₉₅	N! NK ₉₆	N! PK ₉₄	N! PK ₉₅	N! PK ₉₆
#	10	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AZ	27,1	23,7	31,0	31,3	31,7	29,2	31,3	30,8	27,3	31,2	33,5

Mittelwerte der Flächen entsprechender Jahre, # = Anzahl der Flächen, AZ= Artenzahl

Tabelle 85: Änderungen in den Artenzahlen vor und nach der Beweidung in den alten Flächen

	vorher	nachher
0	28,4	28,6
Ca	31,5	37,4
NPK	25,5	31,0
NPKCa	23,2	37,1

Tabelle 86: mittlere Deckung und Stetigkeiten in den alten Flächen nach Ende der Mahd- resp. Beweidungsperiode im Vergleich zu N₃₂

Gefördert/limitiert ohne Düngung	mw	<i>Avenella flexuosa</i> (3,3) (2,4). <i>Lotus corniculatus ssp. Alpinus</i> (-5,1) (-2,2), <i>Plantago alpina</i> (-3,4) (-4), <i>Trifolium repens</i> (-2,3) (-2,3).
Abnahme bei Mahd	mw	<i>Arnica montana</i> (15,4), <i>Campanula barbata</i> (4,8), <i>Luzula silvatica</i> s. 1.(12), <i>Pulsatilla apiifolia</i> (6), <i>Trifolium medium ssp. Medium</i> (2,3), <i>Vaccinium myrtillus</i> (3,9).
Förderung bei Mahd	mw	<i>Gentiana purpurea</i> (-2,1), <i>Arnica montana</i> (-6,5), <i>Nardus stricta</i> (-17,3), <i>Crepis aurea</i> (-2,3), <i>Geum montanum</i> (-2, 0).
Abnahme bei Beweidung	mw	<i>Hieracium spec.</i> (3,5), <i>Nardus stricta</i> (4,4), <i>Pulsatilla alpina</i> s. 1.(4,1).
Zunahme bei Beweidung	mw	-
Gefördert/limitiert	stet	<i>Avenella flexuosa</i> (90) (70), <i>Bartsia alpina</i> (70) (50), <i>Campanula scheuchzeri</i> (80) (60), <i>Crocus albiflorus</i> (70) (50), <i>Homogyne alpina</i> (80) (100), <i>Leontodon helveticus</i> (80) (90), <i>Luzula multiflora</i> (80) (80), <i>Soldanella alpina</i> (40) (90), <i>Vaccinium myrtillus</i> (40) (80), <i>Viola calcarata</i> (70) (60).
Abnahme bei Mahd	stet	<i>Hieracium auricula</i> L (-40) (-50), <i>Hieracium diverse</i> (-40) (-50), <i>Luzula multiflora et silvatica</i> (-90) (-50), <i>Poa alpina</i> (-60) (-60).
Förderung bei Mahd	stet	<i>Carex pallescens</i> (-70), <i>Trifolium pratense</i> s. 1.(-50).
	stet	<i>Anthoxanthum alpinum</i> (100), <i>Calluna vulgaris</i> (40), <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB (40), <i>Polygala alpestris</i> (50), <i>Polygala chamaebuxus</i> (80), <i>Pulsatilla apiifolia</i> (70), <i>Ranunculus montanus</i> s. 1.(60), <i>Stellaria graminea</i> (40), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (50).
Abnahme bei Beweidung	stet	<i>Calluna vulgaris</i> (-40), <i>Crepis aurea</i> (-70), <i>Festuca rubra ssp. Commutata</i> (-60), <i>Gymnadenia conopea</i> R BR (-40), <i>Lotus corniculatus ssp. Alpinus</i> (-40), <i>Plantago alpina</i> (-50).
Zunahme bei Beweidung	stet	<i>Crocus albiflorus</i> (50), <i>Hieracium aurantiacum</i> L (80), <i>Soldanella alpina</i> (40).
Gefördert/limitiert durch die NPK-Düngung	mw	<i>Agrostis tenuis</i> (3,3) (4), <i>Festuca rubra ssp. Commutata</i> (2,5) (2,7). <i>Arnica montana</i> (-7,8) (-2,8), <i>Calluna vulgaris</i> (-5,2) (-4,2), <i>Carex pallescens</i> (-2,3) (-2,3), <i>Lotus corniculatus ssp. Alpinus</i> (-6,2) (-6,2), <i>Plantago alpina</i> (-2,9) (-3,6).
Abnahme bei Mahd	mw	<i>Gentiana purpurea</i> (-3,7), <i>Geum montanum</i> (-2,6), <i>Potentilla aurea</i> (-3,3), <i>Trifolium repens</i> (-2,3).
Förderung bei Mahd	mw	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. 1.(5,3), <i>Campanula scheuchzeri</i> (2,8), <i>Crepis aurea</i> (5), <i>Ranunculus montanus et nemorosus</i> (4), <i>Scabiosa lucida</i> (3), <i>Trollius europaeus</i> (8).
Abnahme bei Beweidung	mw	-
Zunahme bei Beweidung	mw	<i>Avenella flexuosa</i> (4), <i>Campanula barbata</i> (2,2), <i>Carex ornithopoda</i> (3), <i>Crepis conyzifolia</i> (6,3), <i>Phleum alpinum ssp. Rhaeticum</i> (3,8), <i>Solidago virgaurea</i> s. 1.(2,5).
Gefördert/limitiert durch die Düngung	stet	<i>Avenella flexuosa</i> (50) (100), <i>Carex ornithopoda</i> (50) (100), <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB (50) (50), <i>Crocus albiflorus</i> (100) (50), <i>Luzula multiflora</i> (90) (90). <i>Carex pallescens</i> (-100) (-100), <i>Carex sempervirens</i> (-60) (-60), <i>Crepis aurea</i> (-50) (-50), <i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG (-90) (-40), <i>Gymnadenia conopea</i> R BR (-40) (-40), <i>Lotus corniculatus ssp. Alpinus</i> (-50) (-50), <i>Luzula multiflora et silvatica</i> (-90) (-90), <i>Poa alpina</i> (-60) (-60).
Abnahme bei Mahd	stet	<i>Gentiana purpurea</i> (-80), <i>Hieracium auricula</i> L (-40), <i>Hieracium diverse</i> (-40), <i>Potentilla erecta</i> (-50), <i>Arnica montana</i> (-50), <i>Avenula versicolor</i> (-70), <i>Calluna vulgaris</i> (-60).
Förderung bei Mahd	stet	<i>Briza media</i> (40), <i>Campanula scheuchzeri</i> (100), <i>Hieracium pilosella</i> (100), <i>Phleum alpinum ssp. Rhaeticum</i> (40), <i>Plantago atrata</i> HOPPE (50), <i>Ranunculus montanus et nemorosus</i> (50), <i>Scabiosa lucida</i> (50), <i>Soldanella alpina</i> (50), <i>Trifolium badium</i> (40), <i>Trollius europaeus</i> (50), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (50).
Abnahme bei Beweidung	stet	<i>Agrostis tenuis</i> (-50), <i>Leontodon hispidus</i> s. 1.(-40), <i>Trifolium pratense</i> s. 1.(-60).

Zunahme bei Beweidung	stet	<i>Ajuga reptans</i> (50), <i>Anthoxanthum alpinum</i> (100), <i>Euphrasia minima</i> (50), <i>Hieracium aurantiacum</i> L (50), <i>Homogyne alpina</i> (100), <i>Leontodon helveticus</i> (90), <i>Polygala alpestris</i> (50), <i>Polygala chamaebuxus</i> (40), <i>Selaginella selaginoides</i> (50), <i>Vaccinium myrtillus</i> (40).
Gefördert/limitiert durch die Ca-Düngung	mw	<i>Arnica montana</i> (-3,1) (-6,3), <i>Calluna vulgaris</i> (-5,2) (-5,2), <i>Gentiana purpurea</i> (-3,2) (-2), <i>Geum montanum</i> (-1,8) (-2,9), <i>Trifolium repens</i> (-2,3) (-2,3). <i>Cirsium acaule</i> (2) (3), <i>Crepis conyzifolia</i> (2,3) (6,4).
Abnahme bei Mahd	mw	<i>Nardus stricta</i> (-20,9)
Förderung bei Mahd	mw	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l.(2,6), <i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i> (2,4), <i>Carex sempervirens</i> (8,3), <i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>Acaulis</i> (2,8), <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>Commutata</i> (3,8), <i>Galium pumilum</i> (2,8), <i>Leontodon hispidus</i> s. l.(7,3), <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>Rhaeticum</i> (2,7), <i>Ranunculus nemorosus</i> DC (5,0).
Abnahme bei Beweidung	mw	<i>Crepis aurea</i> (-2,3), <i>Luzula multiflora et silvatica</i> (-2,1), <i>Plantago alpina</i> (-2,7).
Zunahme bei Beweidung	mw	<i>Leontodon hispidus</i> s. l.(4,1), <i>Luzula silvatica</i> s. l.(4), <i>Plantago atrata</i> HOPPE (2).
Gefördert/limitiert durch die Düngung	stet	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l.(80) (60), <i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i> (80) (60), <i>Bartsia alpina</i> (80) (100), <i>Campanula scheuchzeri</i> (80) (100), <i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>Acaulis</i> (40) (100), <i>Crocus albiflorus</i> (80) (100), <i>Galium pumilum</i> (80) (80), <i>Homogyne alpina</i> (60) (100), <i>Leontodon hispidus</i> s. l.(60) (60), <i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>Alpinus</i> (50) (50), <i>Nigritella nigra</i> (60) (40), <i>Plantago atrata</i> HOPPE (80) (40), <i>Polygala alpestris</i> (60) (60), <i>Polygala chamaebuxus</i> (50) (90), <i>Pulsatilla alpina</i> s. l.(40) (40), <i>Ranunculus nemorosus</i> DC (40) (100), <i>Soldanella alpina</i> (80) (40), <i>Thesium alpinum</i> (60) (50), <i>Trifolium badium</i> (90) (40), <i>Viola calcarata</i> (100) (80).
Abnahme bei Mahd	stet	<i>Calluna vulgaris</i> (-60) (-60), <i>Carex pallescens</i> (-60) (-80), <i>Poa alpina</i> (-40) (-60). <i>Anthoxanthum alpinum</i> (40), <i>Aster bellidiastrum</i> (40), <i>Carex ornithopoda</i> (40), <i>Gentiana verna</i> (40), <i>Hieracium pilosella</i> (40), <i>Hippocrepis comosa</i> (40), <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>Rhaeticum</i> (40).
Förderung bei Mahd	stet	<i>Gentiana purpurea</i> (-40).
Abnahme bei Beweidung	stet	<i>Agrostis tenuis</i> (-60), <i>Avenula versicolor</i> (-50), <i>Crepis aurea</i> (-60), <i>Gymnadenia conopea</i> R BR (-40), <i>Luzula multiflora et silvatica</i> (-90).
Zunahme bei Beweidung	stet	<i>Ajuga reptans</i> (100), <i>Euphrasia minima</i> (80), <i>Leontodon helveticus</i> (70), <i>Ranunculus montanus</i> s. l.(60).
Gefördert/limitiert durch die NPKCa-Düngung	mw	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l.(17,8) (7,6), <i>Leontodon hispidus</i> s. l.(5,9) (2,9), <i>Trifolium repens</i> (5,7) (3,7). <i>Arnica montana</i> (-9,8) (-9,8), <i>Calluna vulgaris</i> (-5,2) (-5,2), <i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>Alpinus</i> (-5,5) (-3,2), <i>Nardus stricta</i> (-39,3) (-19,3), <i>Plantago alpina</i> (-3,4) (-2,9), <i>Potentilla aurea</i> (-3,3) (-2,8).
Abnahme bei Mahd	mw	<i>Carex pallescens</i> (-2,3), <i>Gentiana purpurea</i> (-3,7), <i>Geum montanum</i> (-4,1).
Förderung bei Mahd	mw	<i>Agrostis tenuis</i> (5,3), <i>Bartsia alpina</i> (2), <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>Commutata</i> (32), <i>Taraxacum officinale</i> (5,2), <i>Trifolium pratense</i> s. l.(3,5).
Abnahme bei Beweidung	mw	-
Zunahme bei Beweidung	mw	<i>Crepis conyzifolia</i> (5,8), <i>Soldanella alpina</i> (4).
Gefördert/limitiert durch die Düngung	stet	<i>Ajuga reptans</i> (60) (66), <i>Alchemilla vulgaris</i> s. l.(80) (80), <i>Anthoxanthum alpinum</i> (40) (100), <i>Campanula scheuchzeri</i> (100) (100), <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB (60) (66), <i>Hieracium pilosella</i> (60) (100), <i>Leontodon helveticus</i> (30) (66), <i>Luzula multiflora</i> (70) (90), <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>Rhaeticum</i> (40) (40), <i>Polygala alpestris</i> (80) (66), <i>Soldanella alpina</i> (80) (66), <i>Trifolium badium</i> (90) (66), <i>Viola calcarata</i> (100) (100). <i>Arnica montana</i> (-100) (-100), <i>Avenula versicolor</i> (-70) (-70), <i>Calluna vulgaris</i> (-60) (-60), <i>Campanula barbata</i> (-60) (-33), <i>Carex pallescens</i> (-100) (66), <i>Luzula multiflora et silvatica</i> (-90) (-90), <i>Potentilla erecta</i> (-80) (-33).
Abnahme bei Mahd	stet	<i>Crocus albiflorus</i> (100), <i>Galium pumilum</i> (80), <i>Hieracium spec.</i> (80), <i>Leontodon hispidus</i> s. l.(60), <i>Polygala chamaebuxus</i> (50), <i>Ranunculus nemorosus</i> DC (80), <i>Taraxacum officinale</i> (100), <i>Thesium alpinum</i> (60), <i>Trifolium pratense</i> s. l.(40).
Förderung bei Mahd	stet	<i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG (-90), <i>Gentiana purpurea</i> (-80), <i>Geum montanum</i> (-100), <i>Gymnadenia conopea</i> R BR (-40), <i>Nardus stricta</i> (-100), <i>Poa alpina</i> (-40), <i>Vaccinium myrtillus</i> (-60).
Abnahme bei Beweidung	stet	<i>Agrostis tenuis</i> (-33).
Zunahme bei Beweidung	stet	<i>Euphrasia minima</i> (100), <i>Homogyne alpina</i> (66), <i>Ranunculus montanus</i> s. l.(100), <i>Selaginella selaginoides</i> (100).

Werte in Klammern hinter den entsprechenden Arten nur bei Änderungen um > 3 % Deckung resp. > 40 % Stetigkeit gegenüber N₃₂ aufgeführt.

10.9 Kern- und Satellitenarten

Tabelle 87: Wechsel zwischen Kern- und Satellitenarten zwischen 1930 und 1994

Alte Daten	Stetigkeit	Neue Daten	Stetigkeit	Differenz
<i>Plantago alpina</i>	83	<i>Plantago alpina</i>	5	-78
<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l.	77	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l.	24	-53
<i>Carex sempervirens</i>	57	<i>Carex sempervirens</i>	14	-43
<i>Leontodon hispidus</i> s. l.	53	<i>Leontodon hispidus</i> s. l.	10	-43
<i>Gentiana kochiana</i> HOPPE	87	<i>Gentiana acaulis</i>	45	-42
<i>Luzula multiflora et silvatica</i>	37			-37
<i>Calluna vulgaris</i>	100	<i>Calluna vulgaris</i>	64	-36
<i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>Alpinus</i>	43	<i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>Alpinus</i>	10	-33
<i>Poa alpina</i>	33			-33
<i>Trifolium pratense</i> s. l.	33	<i>Trifolium pratense</i> s. l.	2	-31
<i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>Rhaeticum</i>	37	<i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>Rhaeticum</i>	7	-30
<i>Avenula versicolor</i>	100	<i>Avenula versicolor</i>	71	-29
<i>Ajuga reptans</i>	23			-23
<i>Agrostis tenuis</i>	100	<i>Agrostis tenuis</i>	79	-21
<i>Cerastium arvense</i> s. l.	17			-17
<i>Crepis spec.</i>	17			-17
<i>Hieracium lactucella</i>	53	<i>Hieracium lactucella</i>	38	-15
<i>Festuca ovina et rubra</i>	13			-13
<i>Gymnadenia</i>	13			-13
<i>Gymnadenia conopsea</i>	10			-10
<i>Hieracium spec.</i>	10			-10
<i>Hieracium diverse</i>	10			-10
<i>Leontodon autumnalis</i>	7			-7
<i>Carex pallescens</i>	70	<i>Carex pallescens</i>	64	-6
<i>Cerastium caespitosum</i> GILIB	17	<i>Cerastium caespitosum</i> GILIB	14	-3
<i>Ligusticum mutellina</i>	3			-3
<i>Luzula silvatica</i> s. l.	3			-3
<i>Potentilla spec.</i>	3			-3
<i>Trifolium repens</i>	3			-3
<i>Vaccinium uliginosum</i> s. l.	3			-3
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	3			-3
<i>Trifolium alpinum</i>	3	<i>Trifolium alpinum</i>	2	-1
<i>Trifolium badium</i>	3	<i>Trifolium badium</i>	2	-1
<i>Arnica montana</i>	100	<i>Arnica montana</i>	100	0
<i>Campanula barbata</i>	100	<i>Campanula barbata</i>	100	0
<i>Hypericum maculatum</i> s. l.	10	<i>Hypericum maculatum</i> s. l.	10	0
<i>Pseudorchis albida</i>	3	<i>Pseudorchis albida</i>	5	2
		<i>Stellaria graminea</i>	2	2
		<i>Thesium alpinum</i>	2	2
		<i>Viola calcarata</i>	2	2
<i>Crepis conyzifolia</i>	97	<i>Crepis conyzifolia</i>	100	3
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	70	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	74	4
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i>	20	<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i>	24	4
<i>Briza media</i>	20	<i>Briza media</i>	24	4
<i>Myosotis alpestris</i>	3	<i>Myosotis alpestris</i>	7	4
<i>Nigritella nigra</i>	3	<i>Nigritella nigra</i>	7	4
<i>Crepis aurea</i>	57	<i>Crepis aurea</i>	62	5
		<i>Selaginella selaginoides</i>	5	5
		<i>Silene vulgaris</i>	5	5
		<i>Soldanella alpina</i>	5	5
		<i>Pedicularis tuberosa</i>	7	7
<i>Potentilla erecta</i>	80	<i>Potentilla erecta</i>	88	8

<i>Solidago virgaurea</i> s. l.	80	<i>Solidago virgaurea</i> s. l.	88	8
<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>Commutata</i>	90	<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>Commutata</i>	100	10
		<i>Galium pumilum</i>	10	10
		<i>Hieracium pilosella</i>	10	10
		<i>Dactylorhiza spec.</i>	12	12
<i>Nardus stricta</i>	83	<i>Nardus stricta</i>	95	12
<i>Gentiana purpurea</i>	87	<i>Gentiana purpurea</i>	100	13
<i>Potentilla aurea</i>	80	<i>Potentilla aurea</i>	93	13
		<i>Cirsium acaule</i>	14	14
<i>Geum montanum</i>	83	<i>Geum montanum</i>	100	17
		<i>Carex caryophyllea</i>	19	19
<i>Ranunculus montanus</i> s. l.	3	<i>Ranunculus montanus</i> s. l.	31	28
		<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	31	31
<i>Pulsatilla apiifolia</i>	3	<i>Pulsatilla alpina</i> s. l.	36	33
<i>Euphrasia minima</i>	13	<i>Euphrasia minima</i>	48	35
<i>Leucanthemum vulgare</i> ssp. <i>Adustum</i>	3	<i>Leucanthemum vulgare</i> ssp. <i>Adustum</i>	38	35
		<i>Polygala alpestris</i>	36	36
<i>Crocus albiflorus</i>	13	<i>Crocus albiflorus</i>	52	39
		<i>Hieracium aurantiacum</i>	45	45
<i>Bartsia alpina</i>	20	<i>Bartsia alpina</i>	67	47
<i>Luzula multiflora</i>	40	<i>Luzula multiflora</i>	98	58
<i>Vaccinium myrtillus</i>	30	<i>Vaccinium myrtillus</i>	88	58
		<i>Anemone narcissiflora</i>	74	74
<i>Avenella flexuosa</i>	20	<i>Avenella flexuosa</i>	100	80
<i>Campanula scheuchzeri</i>	17	<i>Campanula scheuchzeri</i>	100	83
<i>Homogyne alpina</i>	10	<i>Homogyne alpina</i>	100	90
<i>Leontodon helveticus</i>	7	<i>Leontodon helveticus</i>	98	91
<i>Polygala chamaebuxus</i>	3	<i>Polygala chamaebuxus</i>	95	92

leere Felder: Art kommt nicht vor

Tabelle 88: Kern- und Satellitenarten in den alten Aufnahmen (1931-34*)

100-80 %	<i>Agrostis tenuis</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Avenula versicolor</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Campanula barbata</i> , <i>Crepis conyzifolia</i> , <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>commutata</i> , <i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG, <i>Gentiana purpurea</i> ., <i>Geum montanum</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Plantago alpina</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Solidago virgaurea</i> s. l.
79-30 %	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l., <i>Anthoxanthum alpinum</i> , <i>Carex pallescens</i> , <i>Carex sempervirens</i> , <i>Crepis aurea</i> , <i>Hieracium auricula</i> L., <i>Leontodon hispidus</i> s. l., <i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>Alpinus</i> , <i>Luzula multiflora</i> ., <i>Luzula multiflora et silvatica</i> , <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>Rhaeticum</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Trifolium pratense</i> s. l., <i>Vaccinium myrtillus</i> .
< 29 %	<i>Ajuga reptans</i> , <i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Bartsia alpina</i> , <i>Briza media</i> , <i>Campanula scheuchzeri</i> , <i>Cerastium arvense</i> s. l., <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB, <i>Crepis spec.</i> , <i>Crocus albiflorus</i> , <i>Euphrasia minima</i> , <i>Festuca ovina et rubra</i> , <i>Gymnadenia conopsea</i> R BR, <i>Hieracium spec.</i> , <i>Hieracium diverse</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Hypericum maculatum</i> s. l., <i>Leontodon autumnalis</i> , <i>Leontodon helveticus</i> , <i>Chrysanthemum adustum</i> (KOCH) FRITSCH, <i>Ligusticum mutellina</i> , <i>Luzula silvatica</i> s. l., <i>Myosotis alpestris</i> , <i>Nigritella nigra</i> , <i>Polygala chamaebuxus</i> , <i>Potentilla</i> , <i>Leucorchis albida</i> E MEYER, <i>Pulsatilla apiifolia</i> , <i>Ranunculus montanus</i> s. l., <i>Trifolium alpinum</i> , <i>Trifolium badium</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> s. l., <i>Vaccinium vitis-idaea</i>

*1933 und 1934 nur Nullflächen

Tabelle 89: Kern (100-80 % Deckung)- und Satellitenarten (> 29 % Deckung) in den neuen Aufnahmen (1994)

100-80 %	<i>Arnica montana</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Campanula barbata</i> , <i>Campanula scheuchzeri</i> ., <i>Crepis conyzifolia</i> , <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>Commutata</i> , <i>Gentiana purpurea</i> , <i>Geum montanum</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Leontodon helveticus</i> , <i>Luzula multiflora</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Polygala chamaebuxus</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Solidago virgaurea</i> s. l., <i>Vaccinium myrtillus</i>
79-30 %	<i>Agrostis tenuis</i> , <i>Anemone narcissiflora</i> , <i>Anthoxanthum alpinum</i> , <i>Avenula versicolor</i> , <i>Bartsia alpina</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Carex pallescens</i> , <i>Crepis aurea</i> , <i>Crocus albiflorus</i> , <i>Euphrasia minima</i> , <i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG, <i>Hieracium aurantiacum</i> L., <i>Hieracium auricula</i> L., <i>Chrysanthemum adustum</i> (KOCH) FRITSCH, <i>Polygala alpestris</i> , <i>Pulsatilla alpina</i> s. l., <i>Ranunculus montanus</i> s. l., <i>Rhinanthus alectorolophus</i>
< 29 %	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l., <i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i> , <i>Briza media</i> , <i>Carex caryophyllea</i> , <i>Carex sempervirens</i> , <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB, <i>Cirsium acaule</i> , <i>Dactylorhiza sp.</i> , <i>Galium pumilum</i> , <i>Hieracium pilosella</i> , <i>Hypericum maculatum</i> s. l., <i>Leontodon hispidus</i> s. l., <i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>Alpinus</i> , <i>Myosotis alpestris</i> , <i>Nigritella nigra</i> , <i>Pedicularis tuberosa</i> , <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>Rhaeticum</i> , <i>Plantago alpina</i> , <i>Leucorchis</i>

Kern- und Satellitenarten

albida E MEYER, *Selaginella selaginoides*, *Silene vulgaris*, *Soldanella alpina*, *Stellaria graminea*, *Thesium alpinum*, *Trifolium alpinum*, *Trifolium badium*, *Trifolium pratense* s. l., *Viola calcarata*,

Tabelle 90: Kern- (100-80 % Deckung)- und Satellitenarten (> 29 % Deckung) 1931

Kernarten	<i>Agrostis tenuis</i> , <i>Arnica montana</i> , <i>Avenula versicolor</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Campanula barbata</i> , <i>Crepis conyzifolia</i> , <i>Festuca rubra</i> ssp. <i>Commutata</i> , <i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG, <i>Gentiana purpurea</i> , <i>Geum montanum</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Plantago alpina</i> , <i>Potentilla aurea</i> , <i>Potentilla erecta</i> , <i>Solidago virgaurea</i> s. l.
Mittelstete Arten	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l., <i>Anthoxanthum alpinum</i> , <i>Carex pallescens</i> , <i>Carex sempervirens</i> , <i>Crepis aurea</i> , <i>Hieracium auricula</i> L, <i>Leontodon hispidus</i> s. l., <i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>Alpinus</i> , <i>Luzula multiflora</i> , <i>Luzula multiflora et silvatica</i> , <i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>Rhaeticum</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Trifolium pratense</i> s. l., <i>Vaccinium myrtillus</i>
Satellitenarten	<i>Ajuga reptans</i> , <i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i> , <i>Avenella flexuosa</i> , <i>Bartsia alpina</i> , <i>Briza media</i> , <i>Campanula scheuchzeri</i> , <i>Cerastium arvense</i> s. l., <i>Cerastium caespitosum</i> GILIB, <i>Crepis spec.</i> , <i>Crocus albiflorus</i> , <i>Euphrasia minima</i> , <i>Festuca ovina et rubra</i> , <i>Gymnadenia</i> , <i>Gymnadenia conopea</i> R BR, <i>Hieracium spec.</i> , <i>Hieracium diverse</i> , <i>Homogyne alpina</i> , <i>Hypericum maculatum</i> s. l., <i>Leontodon autumnalis</i> , <i>Leontodon helveticus</i> , <i>Chrysanthemum adustum</i> (KOCH) FRITSCH, <i>Ligusticum mutellina</i> , <i>Luzula silvatica</i> s. l., <i>Myosotis alpestris</i> , <i>Nigritella nigra</i> , <i>Polygala chamaebuxus</i> , <i>Potentilla</i> , <i>Leucorchis albida</i> E MEYER, <i>Pulsatilla apiifolia</i> , <i>Ranunculus montanus</i> s. l., <i>Trifolium alpinum</i> , <i>Trifolium badium</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> s. l., <i>Vaccinium vitis-idaea</i>
Neue	<i>Agrostis rupestris</i> , <i>Alchemilla xanthochlora</i> , <i>Anemone narcissiflora</i> , <i>Aster bellidiastrum</i> , <i>Astrantia major</i> , <i>Avena pubescens</i> , <i>Bellidiastrum michelii</i> , <i>Botrychium lunaria</i> , <i>Carduus defloratus</i> s. l., <i>Carex caryophyllea</i> , <i>Carex ferruginea</i> , <i>Carex ornithopoda</i> , <i>Carex pilulifera</i> , <i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>Acaulis</i> , <i>Centaurea montana</i> , <i>Cerastium spec.</i> , <i>Cerastium caespitosum</i> , <i>Cerastium cerastoides</i> , <i>Cerastium fontanum</i> BAUMG, <i>Cirsium acaule</i> , <i>Cirsium spinosissimum</i> , <i>Coeloglossum viride</i> , <i>Crepis blattaroides</i> VILL, <i>Crepis pontana</i> DALLA TORRE, <i>Dactylorhiza sp.</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> , <i>Galium pumilum</i> , <i>Gentiana verna</i> , <i>Gentianella campestris</i> , <i>Geranium silvaticum</i> , <i>Gnaphalium</i> , <i>Gnaphalium sylvaticum</i> , <i>Hedysarum obscurum</i> L, <i>Hieracium aurantiacum</i> L, <i>Hieracium auricula</i> , <i>Hieracium pilosella</i> , <i>Hippocrepis comosa</i> , <i>Leucorchis albida</i> E MEYER, <i>Linum catharticum</i> , <i>Luzula spicata</i> , <i>Luzula sudetica</i> , <i>Myosotis alpestris</i> FE SCHMIDT, <i>Orchidaceae</i> , <i>Pedicularis tuberosa</i> , <i>Peucedanum ostruthium</i> , <i>Phyteuma orbiculare</i> ssp. <i>Orbiculare</i> , <i>Plantago atrata</i> HOPPE, <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Polygala alpestris</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Pulsatilla alpina</i> s. l., <i>Ranunculus aconitifolius</i> , <i>Ranunculus nemorosus</i> DC, <i>Ranunculus montanus et nemorosus</i> , <i>Ranunculus nemorosus</i> DC, <i>Rhinanthus alectorolophus</i> , <i>Rumex alpestris</i> , <i>Sagina saginoides</i> , <i>Scabiosa lucida</i> , <i>Selaginella selaginoides</i> , <i>Silene vulgaris</i> , <i>Soldanella alpina</i> , <i>Stellaria graminea</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Thesium alpinum</i> , <i>Traunsteinera globosa</i> , <i>Trifolium medium</i> ssp. <i>Medium</i> , <i>Trifolium thalii</i> , <i>Trisetum flavescens</i> , <i>Trollius europaeus</i> , <i>Veronica alpina</i> ssp. <i>Australis</i> , <i>Viola calcarata</i> ,

Tabelle 91: „ausgestorbene“ resp. „eingewanderte“ Arten in der Versuchswaide

„ausgestorben“		„eingewandert“	
0	<i>Cerastium arvense</i> s. l. ?	<i>Anemone narcissiflora</i>	94 alle ?
0	<i>Crepis spec.</i> X	<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i>	94 alle (32)
0	<i>Hieracium spec.</i> X	<i>Briza media</i>	94 alle !
0	<i>Luzula multiflora et silvatica</i> X	<i>Cerastium caespitosum</i> GILIB	94 alle !(31)
0	<i>Luzula silvatica</i> s. l. ?	<i>Cirsium acaule</i>	94 alle !
0	<i>Potentilla spec.</i> X	<i>Crocus albiflorus</i>	94 alle Q(31)
0	<i>Pulsatilla apiifolia</i> ?	<i>Dactylorhiza spec.</i>	94 alle -
0	<i>Trifolium repens</i> ? (95)	<i>Galium pumilum</i>	94 alle Q
0	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> O	<i>Hieracium aurantiacum</i> L <i>Hieracium pilosella</i>	94 alle - 94 alle !
N ₃₂	<i>Briza media</i> ?	<i>Homogyne alpina</i>	94 alle Q(31)
N ₃₂	<i>Gymnadenia conopea</i> R BR Q (95/96)	<i>Hypericum maculatum</i> s. l.	94 alle Q(31)
N ₃₂	<i>Ligusticum mutellina</i> Q	<i>Nigritella nigra</i>	94 alle P(32)
N ₃₂	<i>Poa alpina</i> ? (95)	<i>Pedicularis tuberosa</i>	94 alle Q
N ₃₂	<i>Trifolium badium</i> ?	<i>Polygala alpestris</i>	94 alle Q
N ₃₂	<i>Trifolium pratense</i> s. l. ? (95/96)	<i>Pulsatilla alpina</i> s. l.	94 alle ?
N ₃₂	<i>Vaccinium uliginosum</i> s. l. o	<i>Ranunculus montanus</i> s. l. <i>Rhinanthus alectorolophus</i> <i>Silene vulgaris</i> <i>Soldanella alpina</i> <i>Thesium alpinum</i>	94 alle (31) 94 alle ! 94 alle ! 94 alle Q 94 alle Q(32)

<i>Traunsteinera globosa</i>	94 alle P (31)
<i>Trifolium badium</i>	94 alle !
<i>Viola calcarata</i>	94 alle Q

x = tatsächlich ausgestorbene Art?, + = Bestimmungsfehler?, - = ungenaue Bestimmung, o = durch Mahd reduziert?, Q = zu unscheinbare Art?, p= pausierende Art, ! = tatsächlich neue Art?, Jahreszahl in Klammern: in entsprechenden Jahren doch gefunden

10.10 Änderung der Vegetation außerhalb der Versuchsweide

Die folgende Tabelle zeigt Standardnardetum und –Festucetum mit einer Vegetationsaufnahme aus LÜDI (1948:35, Crepideto-Festucetum rubrae commutatae südlich des Faulhornweges, umgerechnete Deckungsprozente), sowie in demselben Bereich –zwischen Alpengarten und Versuchsweide- gelegene Aufnahmen (Stetigkeit!) von FISCHER aus dem Jahre 1993. Die anderen Aufnahmen stammen von Fischer (Code: 5 = Crepido-Festucetum rubrae LÜDI 48, 7a = Geo-montani-Nardetum phleetosum alpinae KNAPP 62, mit Anthyllis alpestris, 7b = Geo-montani-Nardetum phleetosum alpinae KNAPP 62, typische Variante, 8 = Rumicetum alpini Beg. 22, 9 = Poetum supinae (AICH 33) BRUN-H 62., aus FISCHER und WACHTER 1993:108ff.)

Tabelle 92: Zusammensetzung der Vegetation außerhalb der Versuchsweide

Quelle	DB	Fischer	Fischer	Lüdi	Lüdi	Fischer	Fischer	Fischer
Gesellschaft	N ₃₂	Geo ant	Geo typ	Weg	F ₂₈	Cre	Rum	Poe
Aufnahmejahr	1932	1993	1993	1948	1928	1993	1993	1993
n Aufnahmen	10	5	10	1	10	17	9	5
Bezeichnung		7a	7b			5	8	9
Parameter	mw	stet	stet	mw	mw	stet	stet	stet
AZ	23,7	85	74	48	27,1	128	55	18
<i>Luzula multiflora et silvatica</i>	2,1							
<i>Solidago virgaurea</i> s. l.	1,5							
<i>Vaccinium uliginosum</i> s. l.	1,5							
<i>Avenula versicolor</i>	1							
<i>Campanula barbata</i>	1,9	5	5			1		
<i>Hieracium lactucella</i>	1,4	5	5			1		
<i>Arnica montana</i>	9,8	4	4			1		
<i>Gentiana purpurea</i>	3,7	3	4			1	2	
<i>Polygala chamaebuxus</i>	1,5	3				1		
<i>Briza media</i>	0,5	3	3			1		
<i>Pseudorchis albida</i>	0,5	3	3					
<i>Crepis conyzifolia</i>	2,2	1					1	
<i>Trifolium alpinum</i>	0,8	1	1					
<i>Calluna vulgaris</i>	5,2		1					
<i>Carex pallescens</i>	2,3	4	4	1		2	1	
<i>Potentilla erecta</i>	3,8	5	5	0,5		3		
<i>Luzula multiflora</i>	1	4	5	0,5		3	2	
<i>Trifolium repens</i>	2,3	3	4		4,8	4	3	3
<i>Gentiana acaulis</i>	0,7	5	5		3	2		
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1,4	4	3		3	2	1	
<i>Leucanthemum vulgare ssp. Adustum</i>	1	3			3	4		
<i>Festuca rubra ssp. Commutata</i>	1,8	5	5	25	41,5	5	3	
<i>Ligusticum mutellina</i>	1,7	2	3	25	19,6	5	5	1
<i>Trifolium pratense</i> s. l.	2,1	5	5	12	17,8	5	2	
<i>Crepis aurea</i>	3	4	5	12	17,7	5	2	
<i>Leontodon hispidus</i> s. l.	1,1	5	4	25	9,2	5	1	1
<i>Agrostis tenuis</i>	1	5	5	25	8,5	5	3	3

Änderung der Vegetation außerhalb der Versuchsweide

<i>Phleum alpinum ssp. Rhaeticum</i>	1,2	4	4	1	5,2	4	5	2
<i>Nardus stricta</i>	39,3	5	5	0,5	4,3	3	1	
<i>Lotus corniculatus ssp. Alpinus</i>	6,2	4	5	0,5	4	5		1
<i>Alchemilla vulgaris s. l.</i>	0,8	5	5	12	3,8	5	5	5
<i>Trifolium badium</i>	2	4	2	12	3,6	5	2	
<i>Leontodon helveticus</i>	1	2	5	0,5	3,5	4	2	
<i>Plantago alpina</i>	4,6	5	5	1	3,4	5	2	5
<i>Poa alpina</i>	0,8	2	5	12	3	5	5	5
<i>Geum montanum</i>	4,1	5	5	0,5	3	1	2	
<i>Potentilla aurea</i>	2,6	5	5	0,5	3	5	3	
<i>Carex sempervirens</i>	2	4	4	0,5	3	5		
<i>Campanula scheuchzeri</i>		5	4	1	3	5	2	
<i>Ranunculus nemorosus s. l.</i>		2	3	12	4	5	5	
<i>Soldanella alpina</i>		3	5	1	3	5	2	
<i>Ranunculus montanus s. l.</i>		3	2	1	3,4	4	3	
<i>Luzula spicata</i>		2	4	1	3	4	2	
<i>Homogyne alpina</i>		2	3	1	3	5	1	
<i>Viola calcarata</i>		2	1	1	3	3		
<i>Anthoxanthum alpinum</i>		5	5	0,5	3	5	2	
<i>Phyteuma orbiculare ssp. Orbiculare</i>		4		0,5	3	4		
<i>Cerastium holosteoides</i>		2	3	0,5	3	1	2	
<i>Galium anisophyllum</i>		5	1	0,5	3	5	2	
<i>Plantago atrata HOPPE</i>		3	3	0,5	3,8	5	2	3
<i>Selaginella selaginoides</i>		1	3	0,5	3	5		
<i>Leontodon autumnalis</i>			2	0,5	4,3	1		2
<i>Deschampsia caespitosa</i>			1	0,5	3	2	5	
<i>Polygala alpestris</i>		5	4	0,5		3		
<i>Prunella vulgaris</i>		3	2	0,5		2	1	
<i>Coeloglossum viride</i>		1	3	0,5		2		
<i>Gentiana bavarica</i>			1	0,5		2	1	
<i>Trifolium thalii</i>				25	3			
<i>Agrostis rupestris</i>				0,5	3	2		
<i>Aster bellidiastrum</i>				0,5	3			
<i>Cerastium caespitosum</i>				0,5	3			
<i>Veronica alpina ssp. Australis</i>				0,5	3			
<i>Ranunculus aconitifolius</i>					21,5			
<i>Trisetum flavescens</i>					7			
<i>Hedysarum obscurum</i>					3			
<i>Cirsium spinosissimum</i>					3	1	2	
<i>Myosotis pyrenaica</i>					3			
<i>Sagina saginoides</i>					3			
<i>Rumex alpestris</i>		2			3	1	5	
<i>Carex ferruginea</i>		1			3	5		
<i>Trollius europaeus</i>		1			3	3	1	
<i>Taraxacum officinale</i>		1			3	1	4	
<i>Euphrasia minima</i>		1	4		3	3		
<i>Bartsia alpina</i>		5	2		5	5		
<i>Polygonum viviparum</i>		3	2		3	5	1	
<i>Crocus albiflorus</i>		3	2		3	3	2	
<i>Gymnadenia conopea</i>		3	1		3	2		
<i>Silene vulgaris</i>		1	1		3	1		
<i>Botrychium lunaria</i>		1	1		3	1	1	
<i>Carlina acaulis ssp. Acaulis</i>		4	1			2		
<i>Vaccinium gaultheroides</i>		4	1			1		
<i>Euphrasia hirtella</i>		3	2			3		
<i>Ajuga reptans</i>		3	1			2		

<i>Nigritella nigra</i>	2	2	1			
<i>Ranunculus grenierianus</i>	2	1	3		1	
<i>Cirsium acaule</i>	2	1	2			
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	2	1	1			
<i>Gentianella campestris</i>	1	3	3			
<i>Salix retusa</i>	1	2	4			
<i>Luzula silvatica</i> s. l.	1	2	2			
<i>Hippocrepis comosa</i>	1	1	2			
<i>Gentiana lutea</i>		1	2	1		
<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>Alpestris</i>	4		5		1	
<i>Geranium silvaticum</i>	1		1	1		
<i>Gentiana verna</i>		1	4			
<i>Primula farinosa</i>		1	1			
<i>Solidago minuta</i>		1	1			
<i>Viola biflora</i>		1	1			
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	3		3			
<i>Globularia nudicaulis</i>	3		2			
<i>Aster bellidiastrum</i>	2		4			
<i>Scabiosa lucida</i>	2		4			
<i>Cerastium strictum</i>	2		2			
<i>Pulsatilla alpina</i> s. l.	1		2			
<i>Thesium alpinum</i>	1		2			
<i>Thymus serpyllum</i>	1		1			
<i>Traunsteinera globosa</i>	1		1			
<i>Gnaphalium supunim</i> var. <i>Fusca</i>			0,5	1		
<i>Primula elatior</i>				3	2	
<i>Festuca rupicaprina</i>			1	3		
<i>Myosotis alpestris</i>				2	1	
<i>Ranunculus aconitifolius</i>				1	4	
<i>Hypericum maculatum</i> s. l.				1	1	
<i>Astrantia major</i>				3	1	
<i>Veronica humifusa</i>					4	5
<i>Poa supina</i>					3	5

2-3 maliges Vorkommen: *Aster bellidiastrum*, *Astrantia major*, *Cerastium strictum*, *Festuca rupicaprina*, *Gentiana lutea*, *Gentiana verna*, *Geranium silvaticum*, *Globularia nudicaulis*, *Gnaphalium supunim* var. *Fusca*, *Helianthemum grandiflorum*, *Hypericum maculatum* s. l., *Myosotis alpestris*, *Poa supina*, *Primula elatior*, *Primula farinosa*, *Pulsatilla alpina* s. l., *Scabiosa lucida*, *Solidago minuta*, *Thesium alpinum*, *Thymus serpyllum*, *Traunsteinera globosa*, *Veronica humifusa*, *Viola biflora*.

Einmaliges Vorkommen: *Adenostyles alliariae*, *Alchemilla conjuncta*, *Alchemilla pentaphylla*, *Androsace chamaejasme*, *Anemone narcissiflora*, *Carduus defloratus* s. l., *Carex atrata*, *Carex capillaris*, *Carex flacca*, *Carex nigra*, *Carex ornithopoda*, *Dactylis glomerata*, *Dryas octopetala*, *Erigeron uniflorus*, *Euphrasia drosocalyx*, *Festuca pulchella*, *Festuca quadifolia*, *Gentianella ciliata*, *Globularia cordifolia*, *Hedysarum obscurum* L, *Hieracium bifidum*, *Hieracium pilosella*, *Hieracium villosum*, *Laserpitium latifolium*, *Parnassia palustris*, *Pedicularis verticillata*, *Phleum hirsutum*, *Phyteuma spicatum*, *Pimpinella major*, *Potentilla crantzii*, *Prunella grandiflora*, *Ranunculus acris* ssp. *Acris*, *Ranunculus alpestris*, *Ranunculus repens*, *Rumex alpinus*, *Salix hastata*, *Salix reticulata*, *Sempervivum tectorum*, *Sesleria varia*, *Silene acaulis*, *Silene nutans*, *Veronica fruticans*.

10.11 Populationsbiologie und Nährstoffgehalte

Tabelle 93: Reihenfolge der Blattlängen, -zahlen und -gewichte der populationsbiologisch untersuchten Arten.

1	Am 95	Lt	NPKCa	NPK	NK	PK	○	Ca	N	Am 95	#	NPKCa	NPK	NK	Ca	○	N	PK
2	Am 95	lt	PK	NK	Ca	N	NPK	○	NPKCa	Am 95	#	N	NPKCa	Ca	NK	PK	NPK	○
3	Am 95	lt	N	PK	NK	○	Ca	NPK	NPKCa	Am 95	#	NPKCa	PK	NK	○	NPK	N	Ca
4	Am 95	lt	PK	N	○	NK	Ca	NPK	NPKCa	Am 95	#	Ca	NPKCa	PK	NPK	NK	N	○
1	Am 96	lt	NK	PK	NPKCa	NPK	N	○	Ca	Am 96	#	NPKCa	Ca	NK	○	PK	NPK	N
2	Am 96	lt	NK	○	PK	N	NPK	NPKCa	Ca	Am 96	#	PK	NK	NPK	NPKCa	○	Ca	N
3	Am 96	lt	NK	○	PK	N	NPK	NPKCa	Ca	Am 96	#	NPKCa	PK	NK	○	NPK	N	Ca

Populationsbiologie und Nährstoffgehalte

4	<i>Am 96</i>	lt	NK	PK	O	N	NPKCa	NPK	Ca	<i>Am 96</i>	#	NPKCa	NPK	PK	Ca	O	NK	N
5	<i>Am 96</i>	lt	NK	O	N	PK	NPK	Ca	NPKCa	<i>Am 96</i>	#	Ca	NPKCa	NPK	N	NK	O	PK
1	<i>Cb 96</i>	lt	PK	NK	O	NPK	N	Ca	NPKCa	<i>Cb 96</i>	#	NK	O	N	PK	NPK	Ca	NPKCa
2	<i>Cb 96</i>	lt	PK	NK	N	O	NPK	Ca	NPKCa	<i>Cb 96</i>	#	NPK	N	NK	Ca	O	PK	NPKCa
3	<i>Cb 96</i>	lt	PK	O	NK	N	NPK	Ca	NPKCa	<i>Cb 96</i>	#	NPK	NK	N	O	PK	Ca	NPKCa
4	<i>Cb 96</i>	lt	N	PK	NK	O	NPK	Ca	NPKCa	<i>Cb 96</i>	#	NPK	O	NK	PK	N	Ca	NPKCa
5	<i>Cb 96</i>	lt	PK	O	NK	Ca	N	NPK	NPKCa	<i>Cb 96</i>	#	NPK	NK	N	NPKCa	PK	Ca	O
1	<i>Gm 95</i>	lt	O	N	PK	NPK	NK	Ca	NPKCa	<i>Gm 95</i>	#	NK	N	PK	O	NPKCa	NPK	Ca
2	<i>Gm 95</i>	lt	O	PK	N	Ca	NK	NPK	NPKCa	<i>Gm 95</i>	#	N	O	Ca	PK	NPK	NK	NPKCa
3	<i>Gm 95</i>	lt	N	PK	O	NK	NPK	Ca	NPKCa	<i>Gm 95</i>	#	N	NK	O	PK	Ca	NPKCa	NPK
4	<i>Gm 95</i>	lt	N	O	PK	NK	NPKCa	Ca	NPK	<i>Gm 95</i>	#	PK	O	NK	N	NPK	NPKCa	Ca
1	<i>Gm 96</i>	lt	O	N	NK	PK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Gm 96</i>	#	O	NK	Ca	N	NPKCa	NPK	PK
2	<i>Gm 96</i>	lt	O	N	NK	PK	Ca	NPK	NPKCa	<i>Gm 96</i>	#	O	NK	Ca	N	PK	NPK	NPKCa
3	<i>Gm 96</i>	lt	O	N	NK	PK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Gm 96</i>	#	NK	O	Ca	N	NPK	PK	NPKCa
4	<i>Gm 96</i>	lt	O	N	PK	NK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Gm 96</i>	#	O	NK	PK	Ca	N	NPKCa	NPK
5	<i>Gm 96</i>	lt	N	O	NK	PK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Gm 96</i>	#	NK	Ca	O	N	NPK	NPKCa	PK
1	<i>Gp 96</i>	lt	PK	N	NK	O	NPK	Ca	NPKCa	<i>Gp 96</i>	#	PK	NPK	N	NK	O	Ca	NPKCa
2	<i>Gp 96</i>	lt	PK	O	N	NK	NPK	Ca	NPKCa	<i>Gp 96</i>	#	Ca	NK	N	PK	NPK	O	NPKCa
3	<i>Gp 96</i>	lt	PK	O	NK	N	Ca	NPK	NPKCa	<i>Gp 96</i>	#	Ca	NK	NPK	N	PK	O	NPKCa
4	<i>Gp 96</i>	lt	O	N	PK	Ca	NK	NPK	NPKCa	<i>Gp 96</i>	#	NK	Ca	N	O	PK	NPK	NPKCa
5	<i>Gp 96</i>	lt	PK	N	NK	Ca	O	NPK	NPKCa	<i>Gp 96</i>	#	Ca	NK	N	PK	NPK	O	NPKCa
1	<i>Lh 95</i>	lt	O	N	PK	NPKCa	NK	NPK	Ca	<i>Lh 95</i>	#	O	NPKCa	Ca	PK	NK	NPK	N
2	<i>Lh 95</i>	lt	O	PK	NK	N	Ca	NPK	NPKCa	<i>Lh 95</i>	#	O	Ca	NK	NPKCa	PK	N	NPK
3	<i>Lh 95</i>	lt	O	NK	N	PK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Lh 95</i>	#	Ca	O	NPKCa	NK	PK	N	NPK
4	<i>Lh 95</i>	lt	O	N	PK	NK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Lh 95</i>	#	Ca	O	NK	N	NPKCa	PK	NPK
1	<i>Lh 96</i>	lt	O	N	NK	PK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Lh 96</i>	#	O	NK	Ca	N	NPKCa	NPK	PK
2	<i>Lh 96</i>	lt	O	N	NK	PK	Ca	NPK	NPKCa	<i>Lh 96</i>	#	O	NK	Ca	N	PK	NPK	NPKCa
3	<i>Lh 96</i>	lt	O	N	NK	PK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Lh 96</i>	#	NK	O	Ca	N	NPK	PK	NPKCa
4	<i>Lh 96</i>	lt	O	N	PK	NK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Lh 96</i>	#	O	NK	PK	Ca	N	NPKCa	NPK
5	<i>Lh 96</i>	lt	N	O	NK	PK	Ca	NPKCa	NPK	<i>Lh 96</i>	#	NK	O	Ca	N	NPK	NPKCa	PK
6	<i>Am 96</i>	mg N	PK	O	NPKCa	Ca	NPK	N	NK									
6	<i>Cb 96</i>	mg N	NPKCa	Ca	PK	NPK	NK	O	N									
6	<i>Gm 96</i>	mg N	PK	O	Ca	NPK	NK	NPKCa	N									
6	<i>Lh 96</i>	mg N	NPK	Ca	O	PK	NPKCa	NK	N									
6	<i>Am 96</i>	mg P	N	O	Ca	NK	NPKCa	NPK	PK									
6	<i>Cb 96</i>	mg P	N	Ca	NK	O	NPKCa	NPK	PK									
6	<i>Gm 96</i>	mg P	NK	N	O	Ca	NPKCa	NPK	PK									
6	<i>Lh 96</i>	mg P	NK	N	O	Ca	NPKCa	NPK	PK									
6	<i>Am 96</i>	N*wt	NPK	NK	N	O	NPKCa	Ca	PK									
6	<i>Cb 96</i>	N*wt	PK	O	NPK	N	NK	Ca	NPKCa									
6	<i>Gm 96</i>	N*wt	N	NK	O	NPK	PK	Ca	NPKCa									
6	<i>Lh 96</i>	N*wt	O	N	NK	NPK	Ca	PK	NPKCa									
6	<i>Am 96</i>	p*wt	N	NK	O	NPK	Ca	NPKCa	PK									
6	<i>Cb 96</i>	p*wt	N	O	NK	NPK	Ca	PK	NPKCa									
6	<i>Gm 96</i>	p*wt	N	NK	O	NPK	Ca	PK	NPKCa									
6	<i>Lh 96</i>	p*wt	N	O	NK	Ca	NPKCa	NPK	PK									
4	<i>Am 95</i>	wt	NK	O	NPKCa	PK	Ca	N	NPK									
4	<i>Gm 95</i>	wt	NK	PK	O	NPK	Ca	N	NPKCa									
4	<i>Lh 95</i>	wt	O	NK	Ca	NPKCa	PK	N	NPK									
5	<i>Am 96</i>	wt	NK	O	N	NPKCa	NPK	Ca	PK									
5	<i>Cb 96</i>	wt	NPK	NK	PK	O	N	Ca	NPKCa									
5	<i>Gm 96</i>	wt	N	NK	O	PK	NPK	Ca	NPKCa									
5	<i>Gp 96</i>	wt	PK	NPKCa	N	O	NPK	NK	Ca									
5	<i>Lh 96</i>	wt	O	N	NK	Ca	NPKCa	NPK	PK									

#= durchschnittliche Anzahl der Blätter pro Individuum, lt= durchschnittliche Länge des längsten Blattes, wt= durchschnittliches Gewicht der einzelnen Pflanze, 5 resp. 6 nach dem Kürzel der Art: Messung im Jahre 1995 resp. 1996, 1-5

am Ende der Zeile= jeweilige Einzelmessung, mg N resp. P = Konzentration, N resp. P*wt = Gehalt des jeweiligen Nährstoffes

Tabelle 94: Mittlere Blattlängen (lt) und –anzahlen (#) der beobachteten Individuen bei unterschiedlichen Behandlungen 1995 (N= Anzahl der Wiederholungen)

meas		Beh	Am 95			Lh 95			Gm 95		
			N	mw	stabw	N	mw	stabw	N	Mw	stabw
1	lt	O	5	5,70	1,79	5	4,80	1,10	5	7,20	1,92
1	lt	N	5	6,70	1,10	3	5,00	1,73	5	8,20	3,27
1	lt	NK	5	5,20	1,04	5	6,80	2,49	5	10,00	3,08
1	lt	PK	4	5,63	0,75	4	5,50	2,65	4	8,75	2,63
1	lt	NPK	5	4,90	1,34	5	7,60	1,82	5	9,00	2,00
1	lt	Ca	5	6,00	0,71	4	9,00	4,08	5	10,00	3,24
1	lt	NPKCa	4	4,75	1,04	5	6,80	1,30	5	12,60	3,29
1	#	O	5	6,20	2,95	5	4,60	1,14	5	5,40	1,14
1	#	N	5	7,00	1,00	3	12,67	9,87	5	4,60	1,52
1	#	NK	5	5,20	1,30	5	7,00	1,58	5	4,20	1,10
1	#	PK	4	7,25	2,22	4	6,00	3,37	4	4,75	0,96
1	#	NPK	5	5,00	2,00	5	11,20	7,40	5	5,60	1,14
1	#	Ca	5	6,00	2,45	4	6,00	1,41	5	6,60	3,65
1	#	NPKCa	4	4,50	1,73	5	5,20	1,92	5	5,40	3,05
2	lt	O	4	7,63	0,85	5	6,20	2,39	6	4,17	1,60
2	lt	N	6	6,92	2,69	4	9,50	2,08	6	4,33	0,82
2	lt	NK	6	6,42	1,32	6	9,50	2,07	6	5,08	1,43
2	lt	PK	5	6,10	2,19	5	9,20	3,96	5	4,20	1,20
2	lt	NPK	6	7,00	1,87	6	12,17	2,79	6	5,25	1,21
2	lt	Ca	6	6,75	0,94	6	10,17	3,06	6	4,83	1,83
2	lt	NPKCa	5	8,30	1,79	6	12,33	3,83	6	6,33	1,86
2	#	O	4	6,75	0,96	5	4,80	2,49	6	5,17	1,47
2	#	N	6	5,17	0,98	4	11,50	8,58	6	4,83	0,75
2	#	NK	6	6,00	1,41	6	6,00	2,19	6	5,83	1,72
2	#	PK	5	6,00	1,41	5	6,60	3,29	5	5,60	1,52
2	#	NPK	6	6,33	1,86	6	13,33	7,37	6	5,67	2,25
2	#	Ca	6	6,00	2,10	6	5,17	1,47	6	5,17	0,75
2	#	NPKCa	5	5,80	1,30	6	6,33	3,50	6	6,00	2,28
3	lt	O	5	7,70	0,84	5	8,40	2,88	6	8,83	2,32
3	lt	N	5	6,80	2,93	4	10,25	2,50	6	8,33	1,37
3	lt	NK	6	7,42	1,53	6	10,17	3,49	6	9,17	2,64
3	lt	PK	5	7,00	1,94	5	10,80	2,68	5	8,60	2,70
3	lt	NPK	6	9,25	2,12	6	13,83	3,76	6	10,50	3,33
3	lt	Ca	6	8,08	1,46	4	12,50	5,26	6	11,00	3,29
3	lt	NPKCa	5	10,70	2,08	5	12,60	5,81	6	13,50	3,67
3	#	O	5	5,20	0,84	5	6,00	4,58	6	5,67	1,75
3	#	N	5	5,80	2,05	4	9,25	5,56	6	4,67	1,03
3	#	NK	6	5,17	0,75	5	7,40	3,05	6	4,83	1,33
3	#	PK	5	5,00	1,00	5	9,20	3,70	5	5,80	1,64
3	#	NPK	6	5,33	1,75	6	11,33	8,29	6	6,67	1,37
3	#	Ca	6	5,83	1,72	4	5,50	3,11	6	6,00	2,97
3	#	NPKCa	5	4,80	1,10	5	6,40	5,22	6	6,67	2,73
4	lt	O	5	7,40	0,96	5	7,20	2,77	6	8,00	2,10
4	lt	N	5	6,70	2,89	3	9,33	0,58	6	7,33	2,16
4	lt	NK	6	7,50	1,10	6	10,83	2,86	6	8,67	3,08
4	lt	PK	5	5,70	1,99	5	10,20	3,03	5	8,20	2,77
4	lt	NPK	6	10,25	2,86	6	15,17	3,37	6	10,17	3,13

4	lt	Ca	6	8,00	1,05	5	11,20	3,35	7	10,14	3,67
4	lt	NPKCa	5	10,90	2,61	4	14,75	2,87	5	10,00	1,58
4	#	O	5	5,00	0,71	5	4,40	1,82	6	4,83	1,17
4	#	N	5	5,00	1,58	3	8,00	4,58	6	5,50	2,43
4	#	NK	6	4,83	1,47	6	6,83	4,12	6	5,17	1,94
4	#	PK	5	4,40	1,67	5	10,20	4,82	5	4,60	1,34
4	#	NPK	6	4,67	1,21	6	13,33	7,61	6	5,83	1,17
4	#	Ca	6	4,17	0,75	5	4,00	2,55	7	6,71	2,36
4	#	NPKCa	5	4,20	1,48	4	10,00	4,24	5	6,00	2,35
4	wt	O	5	0,59	0,14	6	0,15	0,09	6	0,92	0,48
4	wt	N	6	0,83	0,71	4	0,43	0,36	6	0,76	0,15
4	wt	NK	6	0,56	0,19	6	0,22	0,08	6	0,72	0,40
4	wt	PK	5	0,65	0,42	4	0,31	0,21	6	0,81	0,45
4	wt	NPK	6	0,89	0,68	6	0,50	0,32	6	1,17	0,45
4	wt	Ca	6	0,71	0,50	7	0,24	0,19	6	1,40	0,89
4	wt	NPKCa	5	0,62	0,19	5	0,29	0,20	6	1,38	0,34

Tabelle 95: Mittlere Blattlängen (lt) und –anzahlen (#) der beobachteten Individuen bei unterschiedlichen Behandlungen 1996 (N= Anzahl der Wiederholungen)

<i>Meas 96</i>		<i>Am 96</i>			<i>Cb 96</i>			<i>Gp 96</i>			<i>Gm 96</i>		<i>Lh 96</i>				
	Beh	N	mw	Stabw	N	mw	stabw										
1	lt	O	5	5,6	0,55	5	7,1	1,14	6	15	2,37	5	6,40	1,14	5	6,4	1,14
1	lt	N	5	5,6	1,52	5	7,7	1,48	6	14,67	2,16	5	6,50	0,87	5	6,5	0,87
1	lt	NK	6	4,33	1,51	6	6,58	1,91	6	15	1,55	6	6,92	1,02	6	6,92	1,02
1	lt	PK	6	5,17	1,83	6	6,33	0,82	6	11,92	1,36	6	7,25	2,68	6	7,25	2,68
1	lt	NPK	6	5,5	1,64	3	7,67	1,53	6	15,67	1,86	6	8,50	1,97	6	8,5	1,97
1	lt	Ca	6	6,33	1,21	5	8,3	0,97	6	15,67	1,75	6	7,67	3,16	6	7,67	3,16
1	lt	NPKCa	5	5,2	0,84	4	8,5	1	6	16,83	1,94	5	8,50	0,87	5	8,5	0,87
1	#	O	5	5,6	0,89	5	7,8	1,1	6	8	1,79	5	4,20	2,77	5	4,2	2,77
1	#	N	5	6,8	2,28	5	7,8	3,27	6	7,67	1,51	5	7,80	4,92	5	7,8	4,92
1	#	NK	6	5,5	1,64	6	7,67	1,86	6	8	1,79	6	4,83	1,83	6	4,83	1,83
1	#	PK	6	5,67	1,51	6	8	1,1	6	6,67	1,03	6	10,17	7,63	6	10,17	7,63
1	#	NPK	6	5,83	1,33	3	9,33	0,58	6	7,5	1,22	6	9,67	4,18	6	9,67	4,18
1	#	Ca	6	5,33	1,03	5	10	2,45	6	8,33	2,34	6	5,33	1,75	6	5,33	1,75
1	#	NPKCa	5	4,6	1,34	4	10,5	3,11	6	9	2,1	5	9,20	5,54	5	9,2	5,54
2	lt	O	5	6,2	0,91	5	9	1,41	6	17,67	0,82	5	6,70	1,92	5	6,7	1,92
2	lt	N	4	7,63	1,8	5	8,3	0,97	6	18,08	2,54	5	7,20	1,79	5	7,2	1,79
2	lt	NK	6	6,17	2,04	6	8,25	2,4	6	18,42	3,67	6	8,08	1,16	6	8,08	1,16
2	lt	PK	6	7,25	1,64	6	7,75	0,82	6	16	2,45	6	8,33	1,78	6	8,33	1,78
2	lt	NPK	6	7,75	0,88	3	10	1	6	18,67	1,86	6	11,75	2,09	6	11,75	2,09
2	lt	Ca	6	9,17	1,51	6	10,5	1,14	6	18,75	1,41	6	11,08	3,07	6	11,08	3,07
2	lt	NPKCa	5	8,2	1,52	4	12,75	1,32	6	21,67	3,2	5	12,80	3,56	5	12,8	3,56
2	#	O	5	6	1,41	5	8	1,58	6	7	1,67	5	4,20	1,79	5	4,2	1,79
2	#	N	4	6,25	1,26	5	7	4,3	6	6,33	1,51	5	6,80	3,77	5	6,8	3,77
2	#	NK	6	5,33	0,82	6	7,17	0,75	6	6	2,19	6	5,17	2,48	6	5,17	2,48
2	#	PK	6	5,33	1,03	6	9,83	2,23	6	6,67	1,63	6	9,33	5,99	6	9,33	5,99
2	#	NPK	6	5,5	0,84	3	6,33	1,53	6	7	2,45	6	9,67	5,13	6	9,67	5,13
2	#	Ca	6	6	1,1	6	7,17	2,14	6	5,67	2,34	6	6,00	3,16	6	6	3,16
2	#	NPKCa	5	5,6	1,14	4	10	4,97	6	8,17	0,41	5	11,40	8,65	5	11,4	8,65

3	lt	O	5	6,2	0,91	6	8,67	1,37	6	16,92	4,45	4	7,50	2,68	4	7,5	2,68
3	lt	N	4	7,63	1,8	5	9,36	1,6	6	17,75	2,49	4	7,88	1,03	4	7,88	1,03
3	lt	NK	6	6,17	2,04	6	9,25	2,3	6	16,92	3,32	4	9,38	1,11	4	9,38	1,11
3	lt	PK	6	7,25	1,64	6	7,83	0,52	6	16,5	2,63	6	10,33	3,46	6	10,33	3,46
3	lt	NPK	6	7,75	0,88	4	10	1,22	6	19	2,45	5	13,50	1,87	5	13,5	1,87
3	lt	Ca	6	9,17	1,51	6	10,75	1,47	6	18,42	0,97	5	11,30	2,77	5	11,3	2,77
3	lt	NPKCa	5	8,2	1,52	5	13,2	1,15	6	22	3,1	4	12,75	2,22	4	12,75	2,22
3	#	O	5	5,2	0,84	6	6,33	1,97	6	6,33	1,03	4	4,25	1,89	4	4,25	1,89
3	#	N	5	5,8	2,05	5	5,8	3,96	6	5,67	1,97	4	7,75	3,10	4	7,75	3,1
3	#	NK	6	5,17	0,75	6	5,67	1,21	6	5,17	1,6	4	4,25	2,06	4	4,25	2,06
3	#	PK	5	5	1	6	6,33	1,97	6	6	1,41	6	10,83	6,11	6	10,83	6,11
3	#	NPK	6	5,33	1,75	4	4,25	1,71	6	5,5	3,08	5	10,80	4,32	5	10,8	4,32
3	#	Ca	6	5,83	1,72	6	6,83	1,72	6	4,67	1,21	5	5,80	2,49	5	5,8	2,49
3	#	NPKCa	5	4,8	1,1	5	7,2	3,42	6	7,67	1,51	4	12,50	12,01	4	12,5	12,01
4	lt	O	5	7,3	1,35	6	9,25	1,21	6	16,25	4,64	5	7,20	2,56	5	7,2	2,56
4	lt	N	4	8,25	1,19	5	8,4	2,86	6	16,83	4,41	5	8,00	2,47	5	8	2,47
4	lt	NK	6	6,67	1,4	6	9	2,37	6	18,58	2,99	4	10,13	1,65	4	10,13	1,65
4	lt	PK	6	7,25	2,12	6	8,58	0,74	6	17,75	2,96	6	8,83	2,38	6	8,83	2,38
4	lt	NPK	6	8,5	1,84	4	10,38	1,7	5	19,2	2,25	4	15,00	0,71	4	15	0,71
4	lt	NPKCa	5	8,4	1,92	4	14,13	0,85	6	21,75	3,4	5	13,80	2,68	5	13,8	2,68
4	lt	Ca	6	9	1,76	6	11,33	2,07	6	18,33	0,98	5	12,00	3,14	5	12	3,14
4	#	O	5	4,8	0,84	6	5,67	1,37	6	4,83	2,4	5	5,00	2,55	5	5	2,55
4	#	N	4	5	0,82	5	6,4	3,78	6	4,67	2,16	5	8,20	5,85	5	8,2	5,85
4	#	NK	6	5	1,67	6	5,67	1,37	6	3,5	1,52	4	5,00	0,82	4	5	0,82
4	#	PK	6	4,67	1,75	6	6,17	1,6	6	5	2,45	6	7,50	5,82	6	7,5	5,82
4	#	NPK	6	4,5	1,05	4	3,5	2,38	5	6	1,41	4	12,75	4,27	4	12,75	4,27
4	#	NPKCa	5	4,2	1,48	4	6,75	4,5	6	6,33	1,37	5	12,40	9,81	5	12,4	9,81
4	#	Ca	6	4,67	1,21	6	6,58	2,8	6	4	1,41	5	7,80	3,96	5	7,8	3,96
5	lt	O	5	7,1	0,82	6	8,67	1,94	6	18,42	0,92	6	8,75	2,96	5	8,3	3,07
5	lt	N	6	7,33	1,63	3	12,17	2,47	6	17,33	2,42	6	8,50	2,81	5	7,8	2,49
5	lt	NK	5	6	0,79	6	9	3,02	6	17,75	3,03	5	9,30	2,05	5	9,3	2,05
5	lt	PK	4	7,5	1,35	6	7,83	2,66	6	16,58	2,44	6	10,17	1,17	6	10,17	1,17
5	lt	NPK	6	8,08	2,31	2	13	0	6	19,5	1,9	6	13,83	2,07	6	13,83	2,07
5	lt	Ca	6	9,67	4,12	6	9,5	1,67	6	18,33	2,73	5	12,00	4,12	5	12	4,12
5	lt	NPKCa	6	9,75	1,6	5	13,4	1,19	6	22,08	3,35	5	12,50	4,44	5	12,5	4,44
5	#	O	5	5	1	6	5,67	2,5	6	7,33	1,63	6	7,83	6,43	4	6,5	6,46
5	#	N	6	4,5	1,22	3	4,33	2,31	6	5,67	1,51	6	10,00	3,35	5	9,8	3,7
5	#	NK	5	4,6	1,67	6	3,83	2,56	6	5,33	1,63	5	5,80	3,42	5	5,8	3,42
5	#	PK	4	5,75	2,63	6	4,67	2,66	6	6,33	1,51	6	14,50	9,71	6	14,5	9,71
5	#	NPK	6	4,17	1,47	2	2	0	6	7	2,76	6	10,50	7,09	6	10,5	7,09
5	#	Ca	6	3,67	1,03	6	4,83	1,72	6	5	2,1	5	7,80	3,70	5	7,8	3,7
5	#	NPKCa	6	4	1,79	5	4,4	2,51	6	7,5	0,84	5	14,20	11,63	5	14,2	11,63
wt	O		4	0,55	0,13	6	0,64	0,52	6	3,31	1,75				5	0,17	0,08
wt	N		6	0,58	0,37	3	0,76	0,4	6	3,26	1,55				5	0,2	0,12
wt	NK		6	0,34	0,21	6	0,5	0,24	6	4,32	2,27				5	0,2	0,2
wt	PK		6	0,8	0,46	6	0,54	0,22	6	2,12	1				6	0,3	0,08
wt	NPK		5	0,64	0,52	2	0,46	0,42	6	3,44	0,88				6	0,27	0,16
wt	Ca		6	0,67	0,25	6	0,93	0,45	6	4,51	1,77				6	0,23	0,17
wt	NPKCa		6	0,61	0,32	5	1,31	0,78	6	3,1	1,45				6	0,26	0,19

10.12 Gewicht der Einzelblätter

Tabelle 96: Durchschnittliches Einzelblattgewicht der Einzelindividuen 1996

	<i>Arnica montana</i>	<i>Cambanula barbata</i>	<i>Gentiana purpurea</i>	<i>Geum montanum</i>	<i>Leontodon helveticus</i>
--	-----------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------	-----------------------------

Blattnährstoffanalyse

O	0,11	0,11	0,45	0,09	0,03
N	0,13	0,18	0,57	0,05	0,02
NK	0,07	0,13	0,81	0,11	0,03
PK	0,14	0,12	0,33	0,06	0,02
NPK	0,15	0,23	0,49	0,09	0,03
Ca	0,18	0,19	0,90	0,14	0,03
NPKCa	0,15	0,30	0,41	0,08	0,02

10.13 Blattnährstoffanalyse

Tabelle 97: mittlere Nährstoffkonzentrationen (%N resp. %P) und –gehalt (N resp. P*wt) der untersuchten Arten

Beh	Meas		Am 96			Cb 96			Gm 96			Lh 96		
	96		n	mw	stabw									
O	5	%N	3	1,59	0,04	4	1,94	0,68	4	1,43	0,13	3	2,31	0,27
N	5	%N	4	1,77	0,1	1	2,06	0	4	1,62	0,29	2	3,04	1,27
NK	5	%N	3	2,06	0,1	3	1,80	0,36	4	1,60	0,35	3	2,75	0,48
PK	5	%N	4	1,51	0,16	4	1,61	0,25	4	1,41	0,16	4	2,35	0,32
NPK	5	%N	4	1,76	0,12	2	1,68	0,16	4	1,49	0,13	4	2,20	0,25
Ca	5	%N	4	1,71	0,07	4	1,50	0,27	4	1,46	0,15	3	2,25	0,31
NPKCa	5	%N	4	1,60	0,14	3	1,29	0,36	4	1,60	0,18	4	2,43	0,17
O	5	%P	3	0,15	0,02	4	0,16	0,05	4	0,13	0,01	3	0,19	0,03
N	5	%P	4	0,14	0,02	1	0,13	0	4	0,13	0,02	2	0,18	0,03
NK	5	%P	3	0,17	0,02	3	0,16	0,03	4	0,11	0,02	3	0,17	0,02
PK	5	%P	4	0,25	0,06	4	0,36	0,14	4	0,32	0,04	4	0,46	0,16
NPK	5	%P	4	0,23	0,08	2	0,25	0,03	4	0,29	0,08	4	0,40	0,07
Ca	5	%P	4	0,16	0,04	4	0,15	0,01	4	0,16	0,02	3	0,20	0,07
NPKCa	5	%P	4	0,18	0,02	3	0,19	0,04	4	0,27	0,05	4	0,34	0,08
O	5	N*wt	3	0,80	0,05	4	0,73	0,36	4	1,01	0,2	3	0,44	0,23
N	5	N*wt	4	0,80	0,69	1	0,73	0	4	0,64	0,09	2	0,48	0,06
NK	5	N*wt	3	0,74	0,53	3	1,07	0,17	4	0,79	0,45	3	0,61	0,59
PK	5	N*wt	4	1,22	0,68	4	0,64	0,06	4	1,48	0,51	4	0,71	0,21
NPK	5	N*wt	4	0,72	0,2	2	0,73	0,63	4	1,05	0,13	4	0,66	0,52
Ca	5	N*wt	4	1,15	0,52	4	1,27	0,61	4	2,03	1,17	3	0,71	0,3
NPKCa	5	N*wt	4	1,00	0,37	3	1,71	1,21	4	2,24	0,61	4	0,74	0,54
O	5	P*wt	3	0,08	0,01	4	0,07	0,04	4	0,09	0,02	3	0,04	0,02
N	5	P*wt	4	0,06	0,05	1	0,05	0	4	0,05	0,01	2	0,03	0,01
NK	5	P*wt	3	0,06	0,05	3	0,10	0,02	4	0,06	0,05	3	0,04	0,05
PK	5	P*wt	4	0,19	0,11	4	0,14	0,04	4	0,33	0,12	4	0,15	0,09
NPK	5	P*wt	4	0,09	0,03	2	0,12	0,12	4	0,20	0,02	4	0,12	0,1
Ca	5	P*wt	4	0,10	0,05	4	0,13	0,07	4	0,23	0,15	3	0,07	0,04
NPKCa	5	P*wt	4	0,11	0,05	3	0,26	0,18	4	0,37	0,05	4	0,11	0,1

(n= Anzahl der Wiederholungen)

Tabelle 98: Elementkonzentrationen der ungedüngten Pflanzen 1996*** im Vergleich zu Literaturangaben

Art	N***	P***	MJ/kg TS NEL	g/ kg TS Roh- protein	N	P	K	Ca	Quelle
<i>Campanula barbata</i>	1,8	0,15	6,8	140	2,2	0,4	0,26	1,21	SCHUBIGER et al. 1998:287*
<i>Geum montanum</i>	1,4	0,13	4,7	100	1,6	0,2	0,19	0,79	SCHUBIGER et al. 1998:287*
<i>Arnica montana</i>	1,6	0,15	-	-	1,4	0,1	1,59	1,02	GIGON et al. 1986:12**
<i>Leontodon helveticus</i>	2,3	0,19	6	104	1,7	0,2	0,21	0,86	SCHUBIGER et al. 1998:287*
<i>Gentiana purpurea</i>	-	-	-	-	0,6	0,04	0,48	0,44	GIGON et al. 1986:12**

in %, tw. ungerechnet, **Schynige Platte, *Graubünden

Tabelle 99: Elementkonzentrationen in der gesamten Vegetation unterschiedlich gedüngter Flächen

	N	Rohprotein	P ₂ O ₅	Rohfaser	K ₂ O	CaO
O	2	6,8	0,41	22,6	1,91	1,92
N	1,7	4,5	0,31	29,9	1,15	0,57

NK	1,6	4,2	0,34	31,2	1,61	0,58
PK	1,6	5,5	0,87	27,1	2,31	1,53
NPK	1,5	3,9	0,87	30,8	1,95	2,64
Ca	1,8	5,4	0,49	25,6	1,51	0,94
NPKCa	1,7	4,7	0,84	28,3	2,02	1,81

in %. Quelle: TB 1945

Tabelle 100: Das Verhältnis von N/P in den Blättern ausgewählter Individuen

	<i>Arnica montana</i>	<i>Campanula barbata</i>	<i>Geum montanum</i>	<i>Leontodon helveticus</i>
O	10,5	11,1	12,7	12,2
N	12,4	13,0	12,3	16,5
NK	12,0	14,4	11,0	16,3
NPK	7,7	5,1	6,6	5,5
PK	6,1	4,5	4,4	5,1
Ca	10,8	9,0	10,0	11,4
NPKCa	9,1	5,9	6,9	7,2

Verhältnis N/P =x:1

Tabelle 101: Verhältnisse von Elementgehalt und –konzentration, sowie Blattgewichte

Element	Beh	wt	mg/g N	N/P*wt	Code	Interpretation	Diagnose	
Am	n	ca	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Am	n	n	0	+	0	E	Exzeßaufn. (toxisch)	Toxisch
Am	n	nk	-	+	-	E	Exzeßaufn. (toxisch)	Toxisch
Am	n	npk	0	+	-	E	Exzeßaufn. (toxisch)	Toxisch
Am	n	pk	+	-	+	A	Verdünnung	Nichtlimitierend
Am	n	voll	0	+	+	D	Luxusversorgung	Nichttoxisch
Am	p	ca	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Am	p	n	0	-	-	F?	Exzeß (antagonism.)?	Antagonismus
Am	p	nk	-	+	-	E	Exzeßaufn. (toxisch)	Toxisch
Am	p	npk	0	+	+	D	Luxusversorgung	Nichttoxisch
Am	p	pk	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Am	p	voll	0	+	+	D	Luxusversorgung	Nichttoxisch
Cb	n	ca	+	-	+	A	Verdünnung	Nichtlimitierend
Cb	n	n	+	+	0	C?	Mangel?	Limitierung
Cb	n	nk	-	-	+	A	Verdünnung	Nichtlimitierend
Cb	n	npk	-	-	0	F?	Exzeß (antagonism.)?	Antagonismus
Cb	n	pk	-	-	-	F	Exzeß (antagonism.)	Antagonismus
Cb	n	voll	+	-	+	A	Verdünnung	Nichtlimitierend
Cb	p	ca	+	-	+	A	Verdünnung	Nichtlimitierend
Cb	p	n	+	-	-	f?	Exzeß (antagonism.)?	Antagonismus
Cb	p	nk	-	0	+	B?	opt. Versorgung?	optimale Versorgung
Cb	p	npk	-	+	+	E	Exzeßaufn. (toxisch)	Toxisch
Cb	p	pk	-	+	+	E	Exzeßaufn. (toxisch)	Toxisch
Cb	p	voll	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Gm	n	ca	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Gm	n	n	-	+	-	E	Exzeßaufn. (toxisch)	Toxisch
Gm	n	nk	-	+	-	E	Exzeßaufn. (toxisch)	Toxisch
Gm	n	npk	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Gm	n	pk	+	-	+	A	Verdünnung	Nichtlimitierend
Gm	n	voll	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Gm	p	ca	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Gm	p	n	-	-	-	F	Exzeß (antagonism.)	Antagonismus

Signifikanzen

Gm	p	nk	-	0	-	F	Exzeß (antagonism.)	Antagonismus
Gm	p	npk	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Gm	p	pk	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Gm	p	voll	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Lh	n	ca	+	-	+	A	Verdünnung	Nichtlimitierend
Lh	n	n	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Lh	n	nk	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Lh	n	npk	+	-	+	A	Verdünnung	Nichtlimitierend
Lh	n	pk	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Lh	n	voll	0	+	+	D	Luxusversorgung	Nichttoxisch
Lh	p	ca	0	+	+	D	Luxusversorgung	Nichttoxisch
Lh	p	n	0	-	-	F?	Exzeß (antagonism.)?	Antagonismus
Lh	p	nk	0	-	+	D	Luxusversorgung	Nichttoxisch
Lh	p	npk	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Lh	p	pk	+	+	+	C	Mangel	Limitierung
Lh	p	voll	0	+	+	D	Luxusversorgung	Nichttoxisch

Art: untersuchte Art (vgl. Abkürzungsverzeichnis) Element = untersuchter Nährstoff, Beh. = Düngung der Flächen, von denen die entnommenen Pflanzen stammen, wt = Veränderungen des Pflanzengewichtes, mg/g N = Nährstoffkonzentration, n*wt = Nährstoffgehalt, code, Interpretation, Diagnose = Auswertung entsprechend TIMMER und ARMSTRONG 1987 (0 = keine Änderung, + = Zunahme, - = Abnahme, ? = Interpretation unklar).

10.14 Signifikanzen

Tabelle 102: Statistische Auswertung der populationsbiologischen Erhebungen

Legende: Anzahl (n) Behandlung Mittelwert Standardabweichung
Artkürzel:
Messung/Jahr:
Parameter:
F-Wert:
Varianzhomogenität:
Transformation (ln, $\sqrt{\quad}$):
Signifikanzniveau:

Gm	4	bc	Ca	1,62	0,19	Lh	6	ab	Ca	10,17	3,06	Gm	6	a	Ca	4,83	1,83
5//96	4	ab	N	1,25	0,19	2//95	4	ab	N	9,50	2,08	2//95	6	a	N	4,33	0,82
mg P/g	4	a	NK	1,11	0,19	Blattläng	6	ab	NK	9,50	2,07	Blattläng	6	a	NK	5,08	1,43
0	4	c	PK	3,16	0,37	0,039	5	ab	PK	9,20	3,96	0,00003	5	a	PK	4,20	1,20
0,159	4	c	NPK	2,91	0,75	0,12	6	a	NPK	12,17	2,79	0,422	6	a	NPK	5,25	1,21
ln	4	c	NPKCa	2,73	0,46		6	a	NPKCa	12,33	3,83		6	b	NPKCa	6,33	1,86
***	4	ab	o	1,29	0,08	*	5	b	o	6,20	2,39	***	6	a	o	4,17	1,60
Am	4	b	Ca	17,05	0,70	Lh	5	ab	Ca	11,20	3,35	Gm	7	b	Ca	10,14	3,67
5//96	4	ab	N	17,73	1,01	4//95	3	b	N	9,33	0,58	4//95	6	a	N	7,33	2,16
mg N/g	3	a	NK	20,60	1,04	Blattläng	6	ab	NK	10,83	2,86	Blattläng	6	a	NK	8,67	3,08
0	4	b	PK	15,08	1,60	0,003	5	ab	PK	10,20	3,03	0,0001	5	a	PK	8,20	2,77
0,607	4	b	NPK	17,58	1,21	0,551	6	a	NPK	15,17	3,37	0,163	6	b	NPK	10,17	3,13
	4	b	NPKCa	16,00	1,41		4	a	NPKCa	14,75	2,87		5	b	NPKCa	10,00	1,58
***	3	b	o	15,90	0,35	**	5	b	o	7,20	2,77	***	6	a	o	8,00	2,10
Cb	4	b	Ca	1,50	0,14	Lh	6	bc	Ca	11,08	3,07	Gm	6	abc	Ca	11,08	3,07
5//96	1	b	N	1,29		2//96	5	ab	N	7,20	1,79	2//96	5	ab	N	7,20	1,79
mg P/g	3	b	NK	1,63	0,26	Blattläng	6	abc	NK	8,08	1,16	Blattläng	6	abc	NK	8,08	1,16
0,009	4	a	PK	3,64	1,38	0	6	abc	PK	8,33	1,78	0,0005	6	c	PK	8,33	1,78
0,054	2	ab	NPK	2,53	0,27	0,422	6	c	NPK	11,75	2,09	0,452	6	bc	NPK	11,75	2,09
	3	ab	NPKCa	1,88	0,40	ln	5	c	NPKCa	12,80	3,56	ln	5	ab	NPKCa	12,80	3,56
**	4	ab	o	1,64	0,46	***	5	a	o	6,70	1,92	***	5	a	o	6,70	1,92
Lh	3	ab	Ca	1,96	0,71	Lh	5	ab	Ca	11,30	2,77	Gm	5	ab	Ca	11,30	2,77
5//96	2	ab	N	1,84	0,28	3//96	4	b	N	7,88	1,03	3//96	4	a	N	7,88	1,03

mg P/g	3 a	NK	1,68	0,18	Blattlänge	4 ab	NK	9,38	1,11	Blattlänge	4 a	NK	9,38	1,11
0	4 c	PK	4,60	1,60	0,007	6 ab	PK	10,33	3,46	0,0003	6 b	PK	10,33	3,46
0,056	4 c	NPK	4,01	0,72	0,558	5 a	NPK	13,50	1,87	0,557	5 a	NPK	13,50	1,87
ln	4 bc	NPKCa	3,35	0,81		4 ab	NPKCa	12,75	2,22	ln	4 ab	NPKCa	12,75	2,22
***	3 ab	o	1,88	0,25	**	4 b	o	7,50	2,68	***	4 a	o	7,50	2,68
Cs	5 ab	Ca	0,13	0,04	Lh	5 ab	Ca	12,00	3,14	Gm	5 ab	Ca	12,00	3,14
4//95	6 ab	N	0,14	0,06	4//96	5 b	N	8,00	2,47	4//96	5 a	N	8,00	2,47
Biomasse	4 b	NK	0,05	0,02	Blattlänge	4 ab	NK	10,13	1,65	Blattlänge	4 ab	NK	10,13	1,65
0,026	4 Ab	PK	0,09	0,05	0	6 b	PK	8,83	2,38	0,0003	6 b	PK	8,83	2,38
0,248	5 Ab	NPK	0,13	0,06	0,163	4 a	NPK	15,00	0,71	0,336	4 ab	NPK	15,00	0,71
ln	4 A	NPKCa	0,23	0,15		5 a	NPKCa	13,80	2,68	ln	5 b	NPKCa	13,80	2,68
*	3 Ab	o	0,12	0,07	***	5 b	o	7,20	2,56	***	5 a	o	7,20	2,56
Am	4 a	Ca	11,39	3,11	Lh	5 Ca	ab	12,00	4,12					
5//96	4 a	N	12,45	1,17	5//96	5 N	b	7,80	2,49					
N/P-Verh.	3 a	NK	12,05	0,73	Blattlänge	5 NK	ab	9,30	2,05					
0,0066	4 b	PK	6,36	1,37	0,0002	6 PK	ab	10,17	1,17					
0,065	4 ab	NPK	8,88	4,69	0,061	6 NPK	a	13,83	2,07					
Ln	4 ab	NPKCa	9,16	0,75	ln	5 NPKCa	a	12,50	4,44					
**	3 ab	O	10,61	1,03	*	5 o	ab	8,30	3,07					
Lh	3 A	Ca	12,18	3,34			Ca							
5//96	2 A	N	16,18	4,43			N							
N/P Verh	3 Ab	NK	16,56	4,29			NK							
0	4 Bc	PK	5,45	1,39			PK							
0,322	4 Bc	NPK	5,58	0,96			NPK							
Ln	4 C	NPKCa	7,50	1,54			NPKCa							
***	3 C	O	12,26	0,52			o							
Cb	4 B	Ca	9,94	1,18										
5//96	1 Bcd	N	15,97											
N/P Verh	3 Bc	NK	10,98	0,54										
0	4 A	PK	4,81	1,54										
0,227	2 A	NPK	6,69	1,35										
√	3 A	NPKCa	6,80	0,54										
***	4 Bcd	O	11,73	2,14										
Am	6 A	Ca	9,17	1,51	Gp	6 b	Ca	15,67	1,75	Cb	6 bc	Ca	10,75	1,47
2//96	4 ab	N	7,63	1,80	1//96	6 ab	N	14,67	2,16	3//96	5 ab	N	9,36	1,60
Blattlänge	6 b	NK	6,17	2,04	Blattlänge	6 b	NK	15,00	1,55	Blattlänge	6 ab	NK	9,25	2,30
0,027	6 ab	PK	7,25	1,64	0,002	6 a	PK	11,92	1,36	0	6 a	PK	7,83	0,52
0,535	6 ab	NPK	7,75	0,88	0,933	6 b	NPK	15,67	1,86	0,147	4 ab	NPK	10,00	1,22
	5 ab	NPKCa	8,20	1,52	ln	6 b	NPKCa	16,83	1,94		5 c	NPKCa	13,20	1,15
*	5 b	O	6,20	0,91	**	6 b	o	15,00	2,37	***	6 ab	o	8,67	1,37
Am	6 a	Ca	9,17	1,51	Gp	6 ab	Ca	18,75	1,41	Cb	6 ab	Ca	11,33	2,07
3//96	4 ab	N	7,63	1,80	2//96	6 ab	N	18,08	2,54	4//96	5 b	N	8,40	2,86
Blattlänge	6 b	NK	6,17	2,04	Blattlänge	6 ab	NK	18,42	3,67	Blattlänge	6 b	NK	9,00	2,37
0,027	6 ab	PK	7,25	1,64	0,032	6 b	PK	16,00	2,45	0,001	6 b	PK	8,58	0,74
0,535	6 ab	NPK	7,75	0,88	0,075	6 ab	NPK	18,67	1,86	0,204	4 ab	NPK	10,38	1,70
	5 ab	NPKCa	8,20	1,52	√	6 a	NPKCa	21,67	3,20		4 a	NPKCa	14,13	0,85
*	5 b	o	6,20	0,91	*	6 ab	O	17,67	0,82	***	6 b	o	9,25	1,21
Am	6 ab	Ca	9,67	4,12	Gp	6 Ca	ab	18,42	0,97	Cb	6 ab	Ca	9,50	1,67
5//96	6 ab	N	7,33	1,63	3//96	6 N	ab	17,75	2,49	5//96	3 ab	N	12,17	2,47
Blattlänge	5 b	NK	6,00	0,79	Blattlänge	6 NK	ab	16,92	3,32	Blattlänge	6 b	NK	9,00	3,02
0,024	4 ab	PK	7,50	1,35	0,041	6 PK	b	16,50	2,63	0,002	6 b	PK	7,83	2,66
0,415	6 ab	NPK	8,08	2,31	0,415	6 NPK	ab	19,00	2,45	0,2	2 ab	NPK	13,00	0,00
ln	6 a	NPKCa	9,75	1,60		6 NPKCa	a	22,00	3,10		5 a	NPKCa	13,40	1,19
*	5 ab	O	7,10	0,82	*	6 o	ab	16,92	4,45	**	6 b	o	8,67	1,94

Zu den Vegetationstabellen

	Gp	6	Ca	ab	18,33	2,73
	5//96	6	N	b	17,33	2,42
	Blattläng	6	NK	ab	17,75	3,03
	0,021	6	PK	b	16,58	2,44
	0,262	6	NPK	ab	19,50	1,90
	✓	6	NPKCa	a	22,08	3,35
	*	6	o	ab	18,42	0,92

Biom	6	a	Ca	1831,24	810,05	Biom	6	a	Ca	5136,10	1298,52	ZW	6	a	Ca	1,0635	,0153
4/95	6	a	N	1584,74	372,42	4/96	6	a	N	3749,65	679,131	96	6	ab	NPK	1,0987	,0509
	6	bc	NK	1797,16	351,89		6	a	NK	4578,54	757,793	N	6	b	NPK	1,1295	,0437
															Ca		
0,000	6	c	PK	1392,08	248,49	0,000	6	bc	PK	2797,98	663,974	0,0341	6	ab	O	1,0861	,0215
0,311	6	cd	NPK	2039,78	224,45	0,371	6	bc	NPK	6006,08	672,396	0,174					
✓	6	d	NPK	2418,01	576,39	ln	6	c	NPK	7251,96	488,702	ln					
			Ca						Ca								
***	6	E	o	1819,06	645,96	***	6	d	o	3222,05	686,338	*					

nur signifikante Ergebnisse aufgeführt, verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikant unterschiedliche Werte ($p < 0,05$, Tukey-Test, HSD)

10.15 Zu den Vegetationstabellen

Tabelle 103: Übersicht über die Synonyme (oberer Teil) und Übergänge (unten) beider Gesellschaften (Literaturangaben)

Synonym:	Synonym:	Synonym:	Quelle
Nardo-Trifolium PRSG 49	Eu-Nardion OBERD 49	Nardion BR-BL 26	OBERDORFER 1978:209
Geo-montani-Nardetum maianthemethosum bifoliae PRSG 49	Geo-montani-Nardetum LÜDI 48	Nardetum alpinum BR-BL 49 emend. OBERD pro parte	BISCHOF 1981:98ff.**
Trifolietum repentis GUYOT 20	Prunella vulgaris-Poa alpina ass.	Crepido-Festucetum rubrae commutatae LÜDI 48	MARSCHALL 58:83
Poion alpinae OBERD 50	Prunello-Poetum alpinae OBERD 50	Crepido-Festucetum rubrae commutatae LÜDI 48	OBERDORFER 1990:38f.
Poo alpinum-Prunellteum OBERD 50	Poetum alpinae WAGNER 65	Crepido-Festucetum rubrae commutatae LÜDI 48	WERGER et al. 1978:114f
Übergang:	Übergang:	Übergang:	
Aveno-Nardetum OBERD 50	<i>verwandt mit:</i> Nardetum alpinum BR-BL 1949 emend. OBERD pro parte	<i>Schwer abzugrenzen gegen:</i> Crepido-Festucetum rubrae commutatae LÜDI 48	WERGER et al. 1978:114f
<i>durch N-Düngung wird aus dem Nardetum alpinum BR-BL 49 emend. OBERD pro parte</i>	<i>das</i> Aveno Nardetum trifolietosum OBERD 50	<i>Und dieses entspricht dem</i> Poion alpinae OBERD 50*	OBERDORFER 1983:429
	Nardetum alpinum		MARSCHALL 1958:83?

Milchkrautweide	trifolietosum BR-BL 49		
	Subass. <i>Prunella vulgaris</i> - <i>Poa alpina</i>	mit Frischwiesenarten: Subass. Phleetosum alpinae-	KNAPP 1962
Nardetum alpigenum	<i>Austrocknung/ ext. Weide zu wird bei Calluna-Vaccinium-Heiden</i>	<i>Durch Beweidung aus Crepido-Festucetum LÜDI 48</i>	WERGER et al. 1978:114f
**BISCHOF möchte die Borstgras-Rasen dem V. Violion caninae zuordnen (BISCHOF 1981:98).			
*Das Poion alpinae ist ein Aveno-Nardetum mit Stickstoffzeigern wie <i>Poa alpina</i> , <i>Crepis aurea</i> , <i>Trifolium pratense</i> etc. (OBERDORFER 1978:215). Das Aveno-Nardetum selber hat hingegen auch Arten wie <i>Gentiana punctata</i> und <i>Phyteuma betonicifolia</i> (OBERDORFER 1978:210).			

Tabelle 104: Zeigerwerte und Soziologie der in den Flächen gefundenen Arten nach ELLENBERG 1992

soz. VW	Art	Soz Verh. nach Ellenberg 1992
Ch F	<i>Ranunculus aconitifolius</i>	Calthion
	<i>Trisetum flavescens</i>	Arrhenatheretalia
	<i>Leontodon autumnalis</i>	Cynosurion
	<i>Rumex alpestris</i>	Adenostyletalia
	<i>Polygonum viviparum</i>	Steinfluren und alpine Rasen
	<i>Cerastium cerastoides</i>	Salicion herbaceae
	<i>Sagina saginoides</i>	Salicetea herbaceae
	<i>Cirsium spinosissimum</i>	Rumicion alpini
	<i>Trifolium thalii</i>	Poion alpinae
	<i>Deschampsia caespitosa</i>	X
	<i>Bellidiastrum michelii</i>	Seslerietea albicantis
	<i>Agrostis rupestris</i>	Caricetalia curvulae
	<i>Phyteuma orbiculare ssp. orbiculare</i>	Molinion caeruleae
	<i>Veronica alpina ssp. australis</i>	Salicetea herbaceae
	<i>Hedysarum obscurum L</i>	Seslerietea albicantis
	<i>Carex ferruginea</i>	Caricion ferruginae
<i>Astrantia major</i>	X	
<i>Luzula spicata</i>	Juncetea trifidi	
D VW F	<i>Bartsia alpina</i>	Tofieldietalia
	<i>Ranunculus montanus s. l.</i>	Poion alpinae
	<i>Homogyne alpina</i>	Vaccinio-Picenion
	<i>Campanula scheuchzeri</i>	X
	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	X
	<i>Crocus albiflorus</i>	Polygolo-Trisetion
	<i>Soldanella alpina</i>	X
	<i>Euphrasia minima</i>	Caricion curvulae
	<i>Cerastium caespitosum GILIB</i>	Molinio-Arrhenatheretea
<i>Selaginella selaginoides</i>	Tofieldietea	
D VW N	<i>Potentilla erecta</i>	Nardo-Callunetea
	<i>Luzula multiflora</i>	Nardo-Callunetea
	<i>Crepis conyzifolia</i>	Nardion
	<i>Campanula barbata</i>	Nardion
	<i>Solidago virgaurea s. l.</i>	Nardion
	<i>Polygala chamaebuxus</i>	Erico-Pinion
	<i>Hieracium auricula L</i>	Nardetalia
	<i>Gentiana purpurea</i>	Nardion
	<i>Avenula versicolor</i>	Caricetalia curvulae
	<i>Arnica montana</i>	Nardetalia
	<i>Calluna vulgaris</i>	Nardo-Callunetea
	<i>Leucorchis albida E MEYER</i>	Nardion
	<i>Carex pallescens</i>	Nardetalia
häufig in N (F, VW)	<i>Nardus stricta</i>	Nardetalia
	<i>Lotus corniculatus ssp. alpinus</i>	Anthropogene Rasen

Zu den Vegetationstabellen

	<i>Plantago alpina</i>	Nardion
	<i>Geum montanum</i>	Nardion
	<i>Crepis aurea</i>	Poion alpinae
	<i>Potentilla aurea</i>	Nardion
	<i>Carex sempervirens</i>	Seslerietea albicantis
	<i>Festuca rubra ssp. commutata</i>	Nardetalia
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	X
	<i>Phleum alpinum ssp. rhaeticum</i>	Poion alpinae
	<i>Leontodon hispidus</i> s. l.	Anthropogene Rasen
	<i>Agrostis tenuis</i>	Anthropogene Rasen
	<i>Leontodon helveticus</i>	Nardion
	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l.	
	<i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG	Nardion
häufig in F, N (VW)	<i>Ligusticum mutellina</i>	Salicetea herbaceae
	<i>Trifolium pratense</i> s. l.	Molinio-Arrhenatheretea
	<i>Trifolium repens</i>	Cynosurion
	<i>Trifolium badium</i>	Poion alpinae
	<i>Gymnadenia conopea</i> R BR	Molinietalia
	<i>Chrysanthemum adustum</i> (KOCH) FRITSCH	Arrhenatheretalia
D VW	<i>Hieracium aurantiacum</i> L	Nardion
	<i>Avenella flexuosa</i>	X
	<i>Pulsatilla alpina</i> s. l.	Seslerietea albicantis
	<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	X
	<i>Stellaria graminea</i>	x
D Nullflächen	<i>Potentilla spec.</i>	
	<i>Luzula multiflora et silvatica</i>	
	<i>Luzula silvatica</i> s. l.	Clematido-Corylenion
	<i>Briza media</i>	Anthropogene Rasen
	<i>Gentianella campestris</i>	Violion caninae
	<i>Trifolium medium ssp. medium</i>	Origanetalia vulgaris
	<i>Crepis blattaroides</i> VILL	Adenostyletalia
	<i>Crepis pontana</i> DALLA TORRE	Caricion ferruginae
	<i>Pedicularis tuberosa</i>	
	<i>Pulsatilla apiifolia</i>	Nardion
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Piceetalia abietis
D NPK-Flächen	<i>Carex ornithopoda</i>	x
	<i>Silene vulgaris</i>	X
	<i>Trollius europaeus</i>	Molinietalia
	<i>Traunsteinera globosa</i>	Caricion ferruginae
	<i>Scabiosa lucida</i>	Seslerion albicantis
	<i>Geranium silvaticum</i>	Betulo-Adynostyletea
	<i>Plantago lanceolata</i>	Molinio-Arrhenatheretea
	<i>Avenula pubescens</i>	Arrhenatheretalia
	<i>Luzula sudetica</i>	Nardetalia
	<i>Myosotis alpestris</i> FE SCHMIDT	Seslerietalia albicantis
	<i>Ranunculus montanus et nemorosus</i>	
D Ca-Flächen	<i>Anthyllis vulneraria ssp. alpestris</i>	Seslerietalia albicantis
	<i>Nigritella nigra</i>	Seslerion albicantis
	<i>Anemone narcissiflora</i>	Seslerietalia albicantis
	<i>Trifolium alpinum</i>	Nardion
	<i>Thesium alpinum</i>	Seslerietalia albicantis
	<i>Carex caryophyllea</i>	Brometalia
	<i>Hippocrepis comosa</i>	Brometalia (erecti)
	<i>Carlina acaulis ssp. acaulis</i>	Violion caninae
	<i>Linum catharticum</i>	Molinietalia
	<i>Gentiana verna</i>	Mesobromion

	<i>Aster bellidiastrum</i>	Seslerietea albicantis
	<i>Cirsium acaule</i>	Mesobromion
Ch NPKCa-Flächen	<i>Hieracium pilosella</i>	Anthropogene Rasen
	<i>Polygala alpestris</i>	Seslerietalia albicantis
	<i>Galium pumilum</i>	Seslerietalia albicantis
	<i>Ajuga reptans</i>	x
	<i>Poa alpina</i>	Poion alpinae
	<i>Taraxacum officinale</i>	X
	<i>Hieracium diverse</i>	
	<i>Ranunculus nemorosus</i> DC	X
	<i>Viola calcarata</i>	Parietarietalia (judaicae)
	<i>Hypericum maculatum</i> s. l.	Nardo-Callunetea
sonstige	<i>Cerastium spec.</i>	
	<i>Dactylorhiza spec.</i>	
	<i>Festuca ovina et rubra</i>	
	<i>Centaurea montana</i>	Tilio-Acerion pseudoplatani
	<i>Carex pilulifera</i>	Nardo-Callunetea
	<i>Hieracium spec.</i>	
	<i>Coeloglossum viride</i>	Nardetalia
	<i>Crepis spec.</i>	
	Orchidaceae	
	<i>Plantago atrata</i> HOPPE	Arabidion caeruleae
	<i>Botrychium lunaria</i>	Nardetalia
	<i>Carduus defloratus</i> s. l.	Seslerietea albicantis
	<i>Gnaphalium sylvaticum</i>	Atropetalia
	<i>Gnaphalium spec.</i>	
	<i>Cerastium arvense</i> s. l.	Agropyretalia intermediae-repentis
	<i>Alchemilla xanthochlora</i>	Molinio-Arrhenatheretea
	<i>Vaccinium uliginosum</i> s. l.	Vaccinio-Piceetea
	<i>Cerastium fontanum</i> BAUMG	Poion alpinae
	<i>Peucedanum ostruthium</i>	Adenostylen (alliareae)

Tabelle 105: Übersicht über die Einteilung der Arten in Gruppen und ökologische Parameter

soz. VW	Art	Kern 31	Kern 94	soz. Grupp	Futter	L	T	K	F	R	N
Ch F	<i>Ranunculus aconitifolius</i>			indif	SK	6	4	2	8	5	6
	<i>Trisetum flavescens</i>			indif	SG	7	X	5	X	X	5
	<i>Leontodon autumnalis</i>	s		indif	SK	7	X	3	5	5	5
	<i>Rumex alpestris</i>			indif	SK	7	3	5	6	8	6
	<i>Polygonum viviparum</i>			indif	SK	7	2	X	5	4	2
	<i>Cerastium cerastoides</i>			indif	SK	8	1	?	8	4	7
	<i>Sagina saginoides</i>			SF	FK	7	3	3	6	5	4
	<i>Cirsium spinosissimum</i>			indif	SK	7	2	5	6	7	8
	<i>Trifolium thalii</i>			GO	SL	7	2	2	5	8	X
	<i>Deschampsia caespitosa</i>			indif	SG	6	X	X	7	X	3
	<i>Bellidiastrum michelii</i>			SO	SK	7	3	4	5	8	4
	<i>Agrostis rupestris</i>			SN	NG	8	2	2	4	2	1
	<i>Phyteuma orbiculare</i> ssp. orbiculare			SO	SK	8	3	4	5	8	3
	<i>Veronica alpina</i> ssp. australis			indif	SK	7	2	2	6	X	3
	<i>Hedysarum obscurum</i> L			indif	SK	8	2	7	5	8	2
	<i>Carex ferruginea</i>			indif	SG	8	2	4	5	8	4

Zu den Vegetationstabellen

	<i>Astrantia major</i>			indif	SK	6	4	4	6	8	5
	<i>Luzula spicata</i>			indif	SG	8	2	3	4	4	1
D VWF	<i>Bartsia alpina</i>	s	m	indif	SK	8	3	3	8~	7	3
	<i>Ranunculus montanus</i> s. l.	s	m	indif	SK	6	3	4	5	8	6
	<i>Homogyne alpina</i>	s	k	SN	NK	6	4	2	6	4	2
	<i>Campanula scheuchzeri</i>	s	k	GF	FK	8	2	4	5	X	3
	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	m	m	GN	NG	7	3	?	6	2	2
	<i>Crocus albiflorus</i>	s	m	SF	FK	7	3	4	5	5	X
	<i>Soldanella alpina</i>		s	SF	FK	7	2	4	7	8	X
	<i>Euphrasia minima</i>	s	m	indif	SK	7	2	X	5	2	3
	<i>Cerastium caespitosum</i> GILIB	s	s	SF	FK	6	X	X	5	X	5
	<i>Selaginella selaginoides</i>		s	SF	FK	8	3	3	7	7	3
D VW N	<i>Potentilla erecta</i>	k	k	SN	NK	6	X	3	X	X	2
	<i>Luzula multiflora</i>	m	k	SN	NG	7	X	4	5~	5	3
	<i>Crepis conyzifolia</i>	k	k	SO	SK	9	3	4	5~	2	2
	<i>Campanula barbata</i>	k	k	SN	NK	7	2	4	5	1	2
	<i>Solidago virgaurea</i> s. l.	k	k	SO	SK	0	3	X	5	2	3
	<i>Polygala chamaebuxus</i>	s	k	indif	SK	6	4	4	3~	8	2
	<i>Hieracium auricula</i> L	m	m	SN	NK	8	X	3	6~	4	2
	<i>Gentiana purpurea</i>	k	k	indif	SK	7	3	4	5	3	2
	<i>Avenula versicolor</i>	k	m	SO	SG	9	2	3	5	3	2
	<i>Arnica montana</i>	k	k	SN	NK	9	4	4	5	3	2
	<i>Calluna vulgaris</i>	k	m	SN	NK	8	X	3	X	1	1
	<i>Leucorchis albida</i> E MEYER	s	s	indif	SK	8	4	2	5	2	2
	<i>Carex pallescens</i>	m	m	SO	SG	7	4	3	6~	4	3
hfg in N (F, VW)	<i>Nardus stricta</i>	k	k	SN	NG	8	X	3	X~	2	2
	<i>Lotus corniculatus</i> ssp. <i>alpinus</i>	m	s	GF	FL	7	X	3	4	7	3
	<i>Plantago alpina</i>	k	s	SN	NK	8	3	2	5~	3	2
	<i>Geum montanum</i>	k	k	SN	NK	7	2	2	5	2	2
	<i>Crepis aurea</i>	m	m	GF	FK	8	2	4	5	5	7
	<i>Potentilla aurea</i>	k	k	SN	NK	8	3	4	4	3	2
	<i>Carex sempervirens</i>	m	s	SO	SG	7	X	2	4	7	3
	<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>commutata</i>	k	k	GF	FG	7	X	4	x	3	2
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	m	k	SN	NK	5	X	5	X	2	3
	<i>Phleum alpinum</i> ssp. <i>rhaeticum</i>	m	s	GF	FG	8	3	3	5	6	7
	<i>Leontodon hispidus</i> s. l.	m	s	SF	FK	8	X	3	5	7	6
	<i>Agrostis tenuis</i>	k	m	GF	FG	7	X	3	X	4	4
	<i>Leontodon helveticus</i>	s	k	GN	NK	8	3	4	5	3	2
	<i>Alchemilla vulgaris</i> s. l.	m	s	GF	FK						
	<i>Gentiana kochiana</i> PERR ET SONG	k	m	SN	NK	8	2	4	5	2	2
hfg in F, N (VW)	<i>Ligusticum mutellina</i>	s		GO	SK	7	2	4	6	5	4
	<i>Trifolium pratense</i> s. l.	m	s	GF	FL	7	X	3	5	X	X
	<i>Trifolium repens</i>	s		GF	FL	8	X	X	5	6	6
	<i>Trifolium badium</i>	s	s	GO	SL	8	2	5	6	8	X
	<i>Gymnadenia conopea</i> R BR	s		SN	NK	7	X	2	7	8	3
	<i>Chrysanthemum adustum</i> (KOCH) FRITSCH	s	m	indif	SK	7	X	3	4	X	3
D VW	<i>Hieracium aurantiacum</i> L		m	SO	SK	8	3	5	5	4	2
	<i>Avenella flexuosa</i>	s	k	SO	SG	6	X	2	X	2	3
	<i>Pulsatilla alpina</i> s. l.		m	indif	SK	9	2	2	5	8	3
	<i>Rhinanthus alectorolophus</i>		m	indif	SK	8	X	2	4	7	3
	<i>Stellaria graminea</i>		s	SO	SK	6	X	X	5	4	3
D Nullflächen	<i>Potentilla spec.</i>	s		indif	SK						
	<i>Luzula multiflora et silvatica</i>	m		indif	SG						
	<i>Luzula silvatica</i> s. l.	s		indif	SG	4	4	2	5	4	4
	<i>Briza media</i>	s	s	GO	SG	8	X	3	X	X	2
	<i>Gentianella campestris</i>			indif	SK	8	X	2	5	4	2

	<i>Trifolium medium</i> ssp. <i>medium</i>			indif	SL	7	6	4	4	6	3
	<i>Crepis blattaroides</i> VILL			indif	SK	7	3	4	5	7	6
	<i>Crepis pontana</i> DALLA TORRE			indif	SK	8	2	4	5	8	5
	<i>Pedicularis tuberosa</i>		s	indif	SK						
	<i>Pulsatilla apiifolia</i>	s		indif	SK	9	2	2	5	3	2
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	s		SN	NK	5	X	5	4	2	1
D NPK-Flächen	<i>Carex ornithopoda</i>			indif	SG	6	X	4	3	9	3
	<i>Silene vulgaris</i>		s	SO	SK	8	X	X	4~	7	4
	<i>Trollius europaeus</i>			indif	SK	9	3	5	7	6	5
	<i>Traunsteinera globosa</i>			indif	SK	7	3	4	5	8	3
	<i>Scabiosa lucida</i>			GO	SK	9	3	4	4	8	3
	<i>Geranium silvaticum</i>			indif	SK	6	4	4	6	6	7
	<i>Plantago lanceolata</i>			SO	SK	6	x	3	x	x	x
	<i>Avenula pubescens</i>			GO	SG	5	x	3	3	x	4
	<i>Luzula sudetica</i>			SO	SG	8	3	4	5~	3	2
	<i>Myosotis alpestris</i> FE SCHMIDT	s	s	indif	SK	8	2	4	5	9	4
	<i>Ranunculus montanus et nemorosus</i>			indif	SK						
D Ca-Flächen	<i>Anthyllis vulneraria</i> ssp. <i>alpestris</i>	s	s	GO	SK	8	2	4	4	8	2
	<i>Nigritella nigra</i>	s	s	indif	SK	8	2	4	4	6	2
	<i>Anemone narcissiflora</i>		m	indif	SK	8	3	2	5	7	4
	<i>Trifolium alpinum</i>	s	s	GO	SL	8	2	4	4	2	2
	<i>Thesium alpinum</i>		s	indif	SK	8	3	4	4	8	2
	<i>Carex caryophyllea</i>		s	indif	SG	8	X	3	4	X	2
	<i>Hippocrepis comosa</i>			GO	SK	7	5	2	3	7	2
	<i>Carlina acaulis</i> ssp. <i>acaulis</i>			indif	SK	9	4	5	4	3	2
	<i>Linum catharticum</i>			indif	SK	7	x	3	x	7	2
	<i>Gentiana verna</i>			indif	SK	8	x	4	4	7	2
	<i>Aster bellidiastrum</i>			indif	SK	7	3	4	5	8	4
	<i>Cirsium acaule</i>		s	indif	SK	9	5	4	3	8	2
Ch NPKCa-Fl.	<i>Hieracium pilosella</i>		s	SN	NK	7	X	3	4	X	2
	<i>Polygala alpestris</i>		m	indif	SK	8	2	4	4	7	2
	<i>Galium pumilum</i>		s	SO	SK	9	2	4	5	8	3
	<i>Ajuga reptans</i>	s		SO	SK	6	X	2	6	6	6
	<i>Poa alpina</i>	m		SF	FG	7	3	5	5	X	7
	<i>Taraxacum officinale</i>			GO	SK	7	X	X	5	X	8
	<i>Hieracium diverse</i>	s		indif	SK						
	<i>Ranunculus nemorosus</i> DC			indif	SK	6	X	4	5	6	X
	<i>Viola calcarata</i>		s	SN	NK	8	1	4	6	8	2
	<i>Hypericum maculatum</i> s. l.	s	s	indif	SK	8	X	3	6	3	2
sonstige	<i>Cerastium spec.</i>			indif	SK						
	<i>Dactylorhiza spec.</i>		s	indif	SK						
	<i>Festuca ovina et rubra</i>	s		indif	SG						
	<i>Centaurea montana</i>			SO	SK	6	4	4	5	7	6
	<i>Carex pilulifera</i>			indif	SG	5	X	2	5	3	3
	<i>Hieracium spec.</i>	s		indif	SK						
	<i>Coeloglossum viride</i>			indif	SK	8	X	X	4	4	2
	<i>Crepis spec.</i>	s		indif	SK						
	<i>Orchidaceae</i>			indif	SK						
	<i>Plantago atrata</i> HOPPE			GF	FK	3	3	4	7	8	5
	<i>Botrychium lunaria</i>			indif	SK	8	X	3	4	X	2
	<i>Carduus defloratus</i> s. l.			indif	SK	7	x	4	4~	8	4
	<i>Gnaphalium sylvaticum</i>			SO	SK	8	X	3	5	4	6
	<i>Gnaphalium spec.</i>			indif	SK						
	<i>Cerastium arvense</i> s. l.	S		indif	SK	8	X	5	4	6	4

<i>Alchemilla xanthochlora</i>	S	indif	SK	6	4	2	7	7	?
<i>Vaccinium uliginosum</i> s. l.		indif	SK	6	X	5	X	1	3
<i>Cerastium fontanum</i> BAUMG		indif	SK	6	3	4	5	5	5
<i>Peucedanum ostruthium</i>		SO	SK	6	3	2	5	7	7

Kern: Kernarten des jeweiligen Jahres, soz. Gruppe: Kräuter (K), Gräser (G) und Leguminosen (L) des Nardetums (N), Festucetums (F) oder sonstiger Gesellschaften (S) nach div. Quellen (vgl. 3.4.5). Futter= gute, schlechte, indifferente Futterpflanzen (G, S, indif) des Nardetums (N), des Festucetums (F) und ohne (O) Gesellschaftzugehörigkeit nach div. Quellen (vgl. 3.4.5). Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992).

11 Anhang II: Vegetationstabellen

Der genaue Aufbau der Vegetationstabellen wird im Ergebnisteil erklärt.

Tabelle 1:	Alle Vegetationsaufnahmen	$F_{28} \rightarrow N_{32} \rightarrow \text{Null}$
Tabelle 2:	Alle Vegetationsaufnahmen	$\rightarrow \text{NPK} \rightarrow \text{Ca}$
Tabelle 3:	Alle Vegetationsaufnahmen	$\rightarrow \text{NPKCa}$
Tabelle 4:	Alle Vegetationsaufnahmen	$\text{PK} \rightarrow \text{N} \rightarrow \text{NK}$
Tabelle 5:	Mittelwerte	$F_{28} \rightarrow N_{32} \rightarrow \text{Null} \rightarrow \text{NPK} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{NPKCa}$
Tabelle 6:	Stetigkeiten in %	$F_{28} \rightarrow N_{32} \rightarrow \text{Null} \rightarrow \text{NPK} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{NPKCa}$
Tabelle 7:	Stetigkeiten, verschlüsselt	$F_{28} \rightarrow N_{32} \rightarrow \text{Null} \rightarrow \text{NPK} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{NPKCa}$
Tabelle 8:	Mittelwerte, Stetigkeiten absolut	$\text{PK} \rightarrow \text{N} \rightarrow \text{NK}$
Tabelle 9:	Stetigkeiten in %/ verschlüsselt	$\text{PK} \rightarrow \text{N} \rightarrow \text{NK}$
Tabelle 10:	Histogramm Mittelwert/ Stetigkeiten	$\text{PK} \rightarrow \text{N} \rightarrow \text{NK}$
Tabelle 11:	Histogramm Mittelwert	$F_{28} \rightarrow N_{32} \rightarrow \text{Null} \rightarrow \text{NPK} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{NPKCa}$
Tabelle 12:	Histogramm Stetigkeit	$F_{28} \rightarrow N_{32} \rightarrow \text{Null} \rightarrow \text{NPK} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{NPKCa}$

N° 90	N° 94	N° 95	N° 96	N° 96	N° 96																
37	24	30	35	29	31	29	24	28	27	24	27	29	24	37	24	24	26	31	29	36	
90	92	84	93	95	91	99	89	99	101	100	100	94	96	93	101	97	98	104	100	107	
320	321	325	329	333	337	403	416	447	452	461	473	403	416	447	452	461	473	403	416	447	

0,5		0,5		0,5		2	1	1				0,1		1				0,1		1
0,5		0,5	0,5																	
0,5	1	3	0,5	1	2	1	2	4	2	3	6	2	2	3	0,5	1	1	1	1	0,5
0,5			0,5	0,5	0,5	1	0,5				1	2	0,5	0,5			0,5	1	1	0,5
0,5			0,5	0,5	0,5	2			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,5						1			1		0,1	0,1						0,1	0,1	0,5
			0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5			0,5					0,1	0,1	0,5
						0,5												0,5		

1	6	4	5	7	3	2	2	1	3	8	6	4	2	3	6	6	11	7	8	10
0,5	2	6	0,5	1	1	2	3	6	1	3	4	5	1	1	0,5	2	1	5	1	4
4	7	5	1	2	2	4	1	5	3	3	3	6	4	2	3	1	7	7	3	0,5
1	2	1	2	2	3	3	5	5	5	3	3	6	2	2	1	2	3	5	1	4
2	1	2	2	4	0,5			1	8	8	5	4	3	2	9	6	5	1	3	
0,5	1	2	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,5		0,5	0,5	1,5	1	2														0,5
2	3	2	3	2	2	12	10		18	10	6	12	9	7	22	20	5	16	14	10
2	1	3	1	1	1		5	2	0,1	5			1	0,1	0,1	0,1	0,1	1	1	0,1
	1	7	1	5	5	5	6	5	1	0,5	7	7	2	2	1	1	5	6	7	5
				6	0,1							2						1		
				0,5	0,5			0,5			0,5	1	0,5	1			0,5	0,5	0,5	0,5

0,5	0,5	0,5	0,5	0,5					1	1	0,1				0,1	0,5	0,1			
34	53	32	54	55	46	40	29	38	45	35	40	20	53	38	46	38	40	37	39	37
4								0,5						0,5						1
1	2	2	2	2	2	3	2	3	1	3	3	4	1	1	2	1	0,5	3	0,5	0,5
2	3	2	2	1	0,5	1	4	1	4	5	4	5	1	3	2	8	3	1	2	7
0,5											0,5				0,5	1	1			
0,5	1					2	3		0,5	2		1	3	0,5	0,5	0,5	0,5	2	2	0,5
0,5	1	1	1	0,5	1	2	2	1	1	1	2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,5	0,5		0,5																	0,1
7		1			1						1			0,5						0,5
5	0,5	0,5	1				1	0,5	0,5	3	0,5	0,5	1	2	0,5	5	0,5		1	1
4	0,5	0,5	0,5	1	1	1	2	2	1		1	2	2	8	0,5	0,5	8	3	1	2
0,5		0,5															0,5			
	1	0,5	0,5	1	1	2	0,5	7	1	1		0,5		0,5	1	0,5		0,5		

1		0,5	0,5																	
0,5																0,5				0,5
																0,5				0,5
																0,5				0,5

8	2	2	1	1	3	4	2	5	5	0,1	1	1	3	2	2	0,1	0,1	1	1	1
		2	4	1	3								2	3	5			1	8	11

N° 0 96	N° 0 96	N° 0 96	N° 0 97										
26	26	30	25	30	26	23	31	26	31	26	24	28	
99	95	106	100	122	110	134	115	108	110	99	112	114	
452	461	473	316	317	318	319	320	321	325	329	333	337	

				2			1	0,5	2		1	
1	2	1	2	2	3		1	2	1	2	5	3
		0,5	2	4	1	3	1		2	3	2	3
0,5	0,5	0,5	1	4	4	1	1	1	5	2	6	2
0,1				1		8	1					
			1	3	2		1		4	2	2	2
				1		1						
9	11	15	8	6	4		1	6	10	5	5	6
5	7	4				2	2	2		5	2	2
3	0,5	4	2				3				3	4
2	1	3	4	3	2	1	2	8	4	2	2	2
3	6	7	2	2	2	1	5	2	5	1	8	
0,5	0,5	1	1	2				5	4	1	3	
27	22	9	10		8		2	15	4	5	10	8
0,1	2	2	3	2	3	1	1	1	2	1	3	1
3	1	3	8	10	4	4	2		4	1	6	8
									2	1		5
0,5	0,5		1	1		3,5			1			1
0,1	0,1	1										
30	31	35	30	40	15		10	30	30	35	30	40
							8					4
	0,5				2		1	2				
3	1	3	2	8	3		2	2	2	5	5	2
				3								
5	4	4	1	2	2	8		2	1		2	2
		1					1					
1	0,5	1	1		3		8	1	2	1	3	2
0,5	0,5		4	2	5		4	5	2	10	2	2
		0,1										
		0,5	3	2	1	1		1	1			1
0,5	0,5	2	2	8			6	2	2		2	
		0,5					1		1	1		
1	1	0,5				3			1			1
							2					
					2	10	2			1		
1	0,1	1	2	1	1	1		1		1		0,5
					30		40		6	5		4

code	NI NPK 94	NI NPK 94	NI NPK 94	NI NPK 94	NI NPK 94	NI NPK 94	NI NPK 94	NI NPK 95				
Artenzahl	25	42	30	27	27	27	27	25	44	24	25	24
Deckungssumme	99	100	97	98	105	105	102	95	99	98	98	98
Flächennummer (F28=Aufnahmenummer)	405	421	432	441	463	471	405	421	432	441	463	463
Ch F	<i>Ranunculus aconitifolius</i> <i>Trisetum flavescens</i> <i>Leontodon autumnalis</i> <i>Rumex alpestris</i> <i>Polygonum viviparum</i> <i>Cerastium cerastoides</i> <i>Sagina saginoides</i> <i>Cirsium spinosissimum</i> <i>Trifolium thalii</i> <i>Deschampsia caespitosa</i> <i>Bellidiastrum michelii</i> <i>Agrostis rupestris</i> <i>Phyteuma orbiculare ssp. orbiculare</i> <i>Veronica alpina ssp. australis</i> <i>Hedysarum obscurum L.</i> <i>Carex ferruginea</i> <i>Astrantia major</i> <i>Luzula spicata</i>											
D VW F	<i>Bartsia alpina</i> 1 0,1 0,1 1 0,1 <i>Ranunculus montanus s.l.</i> <i>Homogyne alpina</i> 1 2 5 2 6 3 1 0,5 1 0,5 0,5 <i>Campanula scheuchzeri</i> 1 2 1 1 0,5 1 1 0,5 0,5 0,5 <i>Anthoxanthum alpinum</i> 1 1 1 1 2 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 <i>Crocus albitlorus</i> 1 0,1 0,1 1 0,5 0,1 0,1 <i>Soldanella alpina</i> 0,1 0,5 <i>Euphrasia minima</i> 0,1 <i>Cerastium caespitosum GILIB</i> <i>Selaginella selaginoides</i>											
D VW N	<i>Potentilla erecta</i> 2 2 4 2 5 5 5 0,5 7 17 11 <i>Luzula multiflora</i> 5 2 3 2 2 3 6 1 5 9 3 <i>Crepis conyzifolia</i> 2 1 3 3 5 3 4 8 6 8 <i>Campanula barbata</i> 7 2 4 2 3 6 2 0,5 2 1 0,5 <i>Solidago virgaurea s.l.</i> 3 3 8 4 4 2 1 2 10 4 <i>Polygala chamaebuxus</i> 2 1 1 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 <i>Hieracium auricula L.</i> 2 1 2 0,5 0,5 <i>Gentiana purpurea</i> 9 4 10 19 16 11 1 0,5 8 12 7 <i>Avenula versicolor</i> 1 1 3 0,1 4 4 0,1 0,1 3 1 <i>Arnica montana</i> 6 3 4 5 1 2 7 0,5 3 1 0,5 <i>Calluna vulgaris</i> 0,1 <i>Leucorchis albida E MEYER</i> 0,5 <i>Carex pallescens</i> 0,1 0,1 0,1 0,5 0,1 0,1											
häufig in N (F, VW)	<i>Nardus stricta</i> 36 31 31 38 44 38 42 25 46 26 20 <i>Lotus corniculatus ssp. alpinus</i> 2 <i>Plantago alpina</i> 1 0,5 <i>Geum montanum</i> 3 2 3 2 4 5 5 1 1 1 <i>Crepis aurea</i> 1 1 0,5 <i>Potentilla aurea</i> 3 2 5 3 4 5 4 0,5 5 3 4 <i>Carex sempervirens</i> <i>Festuca rubra ssp. commutata</i> 1 10 4 0,5 1 5 4 24 4 1 30 <i>Vaccinium myrtillus</i> 2 2 0,5 1 1 0,5 0,5 0,5 0,5 <i>Phleum alpinum ssp. rhaeticum</i> 0,1 0,1 <i>Leontodon hispidus s.l.</i> 0,5 <i>Agrostis tenuis</i> 2 1 0,5 1 1 2 2 1 1 <i>Leontodon helveticus</i> 1 1 0,5 1 5 5 2 0,5 1 1 <i>Alchemilla vulgaris s.l.</i> 1 1 3 <i>Gentiana kochiana PERR ET SONG</i> 1 2 1 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5											
häufig in F, N (VW)	<i>Ligusticum mutellina</i> <i>Trifolium pratense s.l.</i> 10 <i>Trifolium repens</i> <i>Trifolium badium</i> 0,5 <i>Gymnadenia conopea R Br</i> 0,5 <i>Chrysanthemum adustum (KÖCH) FRITSCH</i> 1 1 0,5											
D VW	<i>Hieracium aurantiacum L.</i> <i>Avenella flexuosa</i> 3 2 2 3 1 1 3 1 1 3 2 <i>Pulsatilla alpina s.l.</i> <i>Rhinanthus alectorolophus</i> 2 0,5 <i>Stellaria graminea</i> 0,5											
D Nullflächen	<i>Potentilla spec.</i>											

Ca'0 32	Ca'0 32	Ca'0 32	NI Ca 94	NI Ca 95	NI Ca 96	NI Ca 96	NI Ca 96											
26	26	24	34	29	27	27	29	28	37	32	32	29	26	33	42	35	35	
94	97	97	88	106	98	93	97	98	97	95	99	97	97	96	105	101	94	
240	244	248	401	414	423	435	462	472	401	414	423	435	462	472	401	414	423	

			1	1	1	0,1			0,1	0,1	0,1	0,1			1	0,1	0,1
			1	10	1	3	3	4	3	3	0,5	2	0,5	1	2	1	0,5
1			1	1	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	2	0,5
			1			0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
			0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
			1	0,5		0,5			0,5	0,5		0,5		0,5	0,5	0,5	0,5
4	3	4	1	5	7	6	4	4	5	7	5	20	3	9	1	0,5	1
2	2	2	5	2	5	5	4	5	5	2	10	5	2	5	3	6	7
3	1,5	2	2	3	3	3	3	4	3	3	4	5	5	6	3	2	1
1	1	1	5	1	2	3	2	6	5	2	2	3	2	3	5	6	1
			0,5	2	3	3	9	5	5	4	5	5	5	10	5	4	2
			0,5	1	1	2	2	2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	1,5	0,5	1	0,5					0,5	0,5	0,5						
2	1		20	14		6	11	5	9	8		9	12	2	12	12	16
7	4	1,5	0,1	3	1	5	3	0,1	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	5	12	4	5	2	4	2	2	6	5	2	3	1	0,5	3	3	1
			1		0,1			0,5		0,5				0,1		0,1	7
1	0,5	2	0,1	0,1		0,1	1	0,1	0,1					0,1	0,1		0,1
34	38	30	20	35	41	40	33	41	10	30	15	18	30	10	18	10	13
6	6	2	0,5						1					0,5	2		
3	3	4		1					0,5						0,5		0,5
3	5	2	3	4	2	3	2	4	4	2	3	5	5	3	3	4	1
4	4	2,5	1	2	2	2	2	2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	4	2	4	5	3	3	4	3	5	5	6	7	5	5	7	5	7
3	4	2											0,5	0,5	0,1		
2	2	1	2	1	1	1	1	0,5	20	7	15	2	14	31	18	18	8
1,5	0,5	5	1	3	2	1	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	0,5	1	0,1	0,1				0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	2	0,5	2	1	0,5	3	0,5	1	0,5	5	2	2	1	5	6	6	0,5
1	1,5		1	2	2	1	1	1	12	2	4	3	2	2	4	3	1
1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	0,5			0,5		0,5	1	0,5	0,5
4	4														0,5		
1									0,5			0,5			0,5		
				0,5		0,5			0,5								
			5	1	2	0,1	1	1	2	0,1	1	1	0,1	0,1	3	1	1
			0,5	1	1	3			0,5	1	3	2		3	0,5	2	22
									0,5	0,5				0,5	1		

1 1 1,5

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

1

2

2

0,5

2

0,5

10

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

4

0,5

0,1

0,5

0,5

0,5

1

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

0,5

1

0,5

0,5

0,5

1

0,5

0,5

0,5

1

0,5

0,5

0,1

0,1

3

2

1

1

0,5

1

1

0,5

0,5

0,5

0,5

1

4

0,5

N' Ca 96	N' Ca 96	N' Ca 96	N' Ca 90										
28	29	35	41	28	35	47	42	37	38	37	39	36	
101	107	107	109	103	108	109	100	99	100	98	97	94	
435	462	472	232	236	240	244	248	232	236	240	244	248	

1			3		1	0,5	1	1	2	2	1	2
1	1	0,5	1	0,5		0,5	0,5	0,5	2	1	1	0,5
2	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1
0,5	0,5	0,5	1		0,5							
	0,1	0,1	2,5		1	2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,5			0,5		1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	2	0,5
				0,5				0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
								0,5				
14	7	15	2	4	0,5	1	3	1	0,5	3	2	3
9	4	2	0,5									0,5
2	3	8	8	2		6	2	6	8	12	5	12
4	5	5	0,5	1	0,5		6	0,5	0,5		0,5	1
3	11	9	0,5	0,5		0,5	1	0,5	1	1	1	3
0,5		0,5	1		2		1,5	1	0,5	0,5	1	0,5
			0,5			0,5	0,5	1	1		1	0,5
9	16	6			0,5	0,5			2		1	2
	0,1	0,1	0,5				1			0,5		
1	1	2	0,5	3	8	2	20	0,5	0,5	1	0,5	15
	0,1											
	0,5							0,5				
	0,1	0,1	0,5	1					1			
18	12	15	35	25	5	25	2	48	43	32	44	25
		0,5	3	5	2,5	3	9	10	15	2	3	2
0,5	0,5		7	8	7	4	4	2	0,5	1	3	3
3	2	3	6	2	0,5	2	1	1	2	1		1
		0,5	2	0,5	2	3	1	0,5		1		
9	6	8	3	4	1	2	4	1	2	1	1	1
		0,1	1		30	7	3	4	3	3	3	4
10	30	22	5	2	9	2	10	1	1	1	2	2
0,5					0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	1
0,1		0,1	1	15	0,5	1	2	2	2	0,5		
			6	12	11	8	5	3	2	12	7	2
3	1	1	1	1		1	1				1	1
0,5	0,5	0,5	0,5					1	1	1		1
		0,5	6	0,5	0,5	9	0,5	1	1	0,5	1	
0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5		0,5	1
				0,5	0,5	0,5	0,5	3	0,5	3	2	2
			2	5	2	2,5	2	1		2		0,5
			1		1	0,5						
						0,5	1			0,5	1	
0,1	2	0,1										
6		0,5				0,5	0,5				2	0,5

code	N'NPKCa 31	N'NPKCa 31	N'NPKCa 31	N'NPKCa 31	N'NPKCa 31	NI NPKCa 94				
Artenzahl	31	24	23	28	26	27	25	25	28	27
Deckungssumme	95	102	102	103	101	101	96	93	104	95
Flächennummer (F28=Aufnahmenummer)	100	112	124	136	148	407	413	436	442	444
Ch F	<i>Ranunculus acrifolius</i> <i>Trisetum flavescens</i> <i>Leontodon autumnalis</i> <i>Rumex alpestris</i> <i>Polygonum viviparum</i> <i>Cerastium cerastoides</i> <i>Sagina saginoides</i> <i>Cirsium spinosissimum</i> <i>Trifolium thalii</i> <i>Deschampsia caespitosa</i> <i>Bellidiastrum michelii</i> <i>Agrostis rupestris</i> <i>Phyteuma orbiculare ssp. orbiculare</i> <i>Veronica alpina ssp. australis</i> <i>Hedysarum obscurum L.</i> <i>Carex ferruginea</i> <i>Astrantia major</i> <i>Luzula spicata</i>									
D VW F	<i>Bartsia alpina</i> 0,5 <i>Ranunculus montanus s.l.</i> 1 <i>Homogyne alpina</i> 0,5 <i>Campanula scheuchzeri</i> 1 <i>Anthoxanthum alpinum</i> 0,5 <i>Crocus albiflorus</i> 0,5 <i>Soldanella alpina</i> 0,5 <i>Euphrasia minima</i> 0,5 <i>Cerastium caespitosum GILIB</i> 0,5 <i>Selaginella selaginoides</i> 0,5									
D VW N	<i>Potentilla erecta</i> 6 <i>Luzula multiflora</i> 0,5 <i>Crepis conyzifolia</i> 10 <i>Campanula barbata</i> 2 <i>Solidago virgaurea s.l.</i> 3 <i>Polygala chamaebuxus</i> 1 <i>Hieracium auricula L.</i> 1 <i>Gentiana purpurea</i> 1 <i>Avenula versicolor</i> 1 <i>Arnica montana</i> 15 <i>Calluna vulgaris</i> 1 <i>Leucorchis albida E MEYER</i> <i>Carex pallescens</i>									
häufig in N (F, VW)	<i>Nardus stricta</i> 30 <i>Lotus corniculatus ssp. alpinus</i> 3 <i>Plantago alpina</i> 0,5 <i>Geum montanum</i> 6 <i>Crepis aurea</i> 2 <i>Potentilla aurea</i> 4 <i>Carex sempervirens</i> 2 <i>Festuca rubra ssp. commutata</i> 0,5 <i>Vaccinium myrtillus</i> 1,5 <i>Phleum alpinum ssp. rhaeticum</i> 0,5 <i>Leontodon hispidus s.l.</i> 1 <i>Agrostis tenuis</i> 0,5 <i>Leontodon helveticus</i> 0,5 <i>Alchemilla vulgaris s.l.</i> 0,5 <i>Gentiana kochiana PERR ET SONG</i> 0,5									
häufig in F, N (VW)	<i>Ligusticum mutellina</i> <i>Trifolium pratense s.l.</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Trifolium badium</i> <i>Gymnadenia conopsea R Br</i> <i>Chrysanthemum adustum (Koch) FRITSCH</i> 0,5									
D VW	<i>Hieracium aurantiacum L.</i> 2 <i>Avenella flexuosa</i> 3 <i>Pulsatilla alpina s.l.</i> 1									

NI NPKCa 94	NI NPKCa 95	NI NPKCa 96	NI NPKCa 96	NI NPKCa 96	NI NPKCa 96				
31	30	27	28	25	31	31	31	28	25
102	103	98	100	98	99	102	105	100	103
451	407	413	436	442	444	451	407	413	436

1		0,1	0,1		0,1	0,1		0,1	
2	0,5	2	0,5	1	0,5	1	0,5	2	0,5
0,5	0,5	1	0,5		0,5	0,5	1	2	1
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6	0,5
0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,5					0,5				

4	3	3	2	5	6	9	3	0,5	1
1	2	7	1	5	10	3	9	5	0,5
1	2	4	8	12	9	7	3	6	1
4	5	2		4	2	3	2	2	
6	1	6	0,5	5	2	4	1	3	2
1	0,5			0,5		0,5			
20	1	1	1	4	3	10	6	8	11
0,1	1	4	0,1	0,1	1	0,1	2		
3	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5
0,5			0,5			0,1			0,5
1				0,1	0,1	0,1		0,1	
40	10	8	3	20	20	15	5	5	3
0,5	0,5					0,5	0,5	0,5	
4	2	6	1	0,5	1	3	2	2	0,5
2	10	4	0,5	4	5	0,5	3	6	5
1	48	30	55	26	20	32	35	40	67
1	0,5		0,5	1	0,5	0,5	0,5		
	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
	5	1	5	5	5	0,5	5	2	4
0,5	0,5	3	10	1	2	0,5	2	0,5	0,5
0,5		0,5		0,5	0,5	0,5		0,5	

			0,5		0,5	0,5		1	1
					0,5				

2	1	7	0,1	1	0,1	2	0,1	0,1	0,1
	3	3	1		2		4	4	1

1 0,5 0,5 6 1 0,5
1 1 1 1 1 0,5

0,5

1 3 1 0,1
0,5 0,5 1 0,1

1 0,5 0,5 1

0,5 0,5 0,5 0,5 0,5

0,5 1 1 4 0,5 0,5 0,5 0,5

1 1 1 4 0,5 0,5 0,5 0,5

0,5 0,5

0,5 0,5

1

0,5

2 0,5

0,5

0,5 2 0,5 1 2

1 0,5 0,5 0,5 0,5

0,1 0,5

2

	0,5				0,5		0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	0,1	0,5			0,5		0,5	0,5	1	2	1	0,5	0,5	1	0,5
				1	0,5		3	8	8	12	2	4	13	4	0,5
0,5	0,5				6		0,5	3	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1
			0,5		0,5		0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
			1												1

0,5 2 0,5

1 0,5

N'NPKCa 82	N'NPKCa 82	N'NPKCa 89	N'NPKCa 89	N'NPKCa 89	N'NPKCa 89
35	37	33	45	40	36
100	103	87	103	107	97
124	148	112	124	136	148

3	2	0,5	2	7	1
2		2	3	0,5	
1	1	7	2	1	1
1	1	0,5	0,5	1	0,5
			0,5	0,5	0,5
3	5		0,5	0,5	0,5
1	1		0,5	0,5	0,5
1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
1	1		0,5	0,5	
1	1		1	0,5	0,5
1	1	1	1	2	3
5	4	3	5	6	4
2		1	3	4	
	1	0,5	0,5		
1		1	0,5	0,5	
3	4	3	1,5	1	1
5	1	1	5	3	4

0,5

20	20	27	35	30	30
5	1		1	1	1
2	1	1	8	2	
5	1	4	4	2	2
3	4	0,5	1	3	1
5	6	5	7	2	9
			0,5	7	
1	6	1	1	0,5	1
1	1		3		1
2	1	2	2	0,5	0,5
	4	0,5	1		5
1	1	1	0,5		
2		0,5	0,5	15	
5	12	17	3	5	12
3	1	0,5	1		
	1				0,5
5		0,5	0,5	0,5	
	6	1			
3	4	1	1	0,5	3
			0,5		

0,5

0,5

0,5
0,5
0,5

0,5

0,5

2
0,5

0,5

0,5

1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
	1			0,5	
	1	0,5			2
1			0,5		0,5
1	3	0,5	1	2	4
1	2	0,5	1	0,5	1
2	1		0,5	0,5	0,5
				0,5	

1

3
0,5

code	NI PK 94	NI PK 94	NI PK 94	NI PK 94	NI PK 94	NI PK 94	NI PK 94	NI PK 95					
Artenzahl	26	32	30	25	25	26	29	37	30	31	31	29	
Deckungssumme	95,1	94,2	91,6	100,6	83,1	95,7	98,4	100,9	95,8	102,9	91,5	93,2	
Flächennummer (F28=Aufnahmenummer)	404	412	415	433	437	446	404	412	415	433	437	446	
Ch F	<i>Ranunculus acrotifolius</i>												
	<i>Trisetum flavescens</i>												
	<i>Leontodon autumnalis</i>												
	<i>Rumex alpestris</i>												
	<i>Polygonum viviparum</i>												
	<i>Cerastium cerastoides</i>												
	<i>Sagina saginoides</i>												
	<i>Cirsium spinosissimum</i>												
	<i>Trifolium thalii</i>												
	<i>Deschampsia caespitosa</i>												
	<i>Bellidiastrum michelii</i>												
	<i>Agrostis rupestris</i>												
	<i>Phyteuma orbiculare ssp. orbiculare</i>												
	<i>Veronica alpina ssp. australis</i>												
	<i>Hedysarum obscurum L.</i>												
	<i>Carex ferruginea</i>												
	<i>Astrantia major</i>												
	<i>Luzula spicata</i>												
D VW F	<i>Bartsia alpina</i>	1	1	1	1	1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	<i>Ranunculus montanus s.l.</i>												
	<i>Homogyne alpina</i>	3	3	4	5	1	4	4	3	2	1	1	
	<i>Campanula scheuchzeri</i>	2	1	1	1	1	2	0,5	1	0,5	0,5	1	
	<i>Anthoxanthum alpinum</i>		1	1	0,5		0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5
	<i>Crocus albiflorus</i>		1		0,1	0,1	0,1		0,1			0,1	0,1
	<i>Soldanella alpina</i>											0,1	
	<i>Euphrasia minima</i>		1		0,5		0,5	0,5		0,5		0,5	0,5
	<i>Cerastium caespitosum GILIB</i>		0,5						0,5				
	<i>Selaginella selaginoides</i>												
D VW N	<i>Potentilla erecta</i>	3	2	2	4	3	5	5	7	8	12	6	4
	<i>Luzula multiflora</i>	2	7	5	3	2	5	20	3	3	5	2	7
	<i>Crepis conyzifolia</i>	3	2	2	2	2	3	9	4	6	3	5	13
	<i>Campanula barbata</i>	7	5	5	3	2	1	1	1	4	2	0,5	0,5
	<i>Solidago virgaurea s.l.</i>	4	3	2	3	2	2	2	5	0,5	2	0,5	1
	<i>Polygala chamaebuxus</i>	1	1	1	1	1		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
	<i>Hieracium auricula L.</i>	1		1						0,5			
	<i>Gentiana purpurea</i>	11	5	5	12	9	8	0,5	3	5	12	7	8
	<i>Avenula versicolor</i>	2	1	5		4	2	2	0,1	0,1	0,1	1	1
	<i>Arnica montana</i>	3	2	10	2	3	11	2	5	9	0,5	6	5
	<i>Calluna vulgaris</i>			2		1		1		1			
	<i>Leucorchis albida E MEYER</i>						0,5					0,5	0,5
	<i>Carex pallescens</i>		2					0,1					
häufig in N (F, VW)	<i>Nardus stricta</i>	32	35	25	41	31	30	30	40	40	40	28	24
	<i>Lotus corniculatus ssp. alpinus</i>		0,5						0,5				
	<i>Plantago alpina</i>					0,5					0,5	1	
	<i>Geum montanum</i>	6	1	2	9	2	4	5	0,5	2	2	2	2
	<i>Crepis aurea</i>			1	1				0,5		0,5	0,5	0,5
	<i>Potentilla aurea</i>	3	5	2	2	6	5	3	3	2	6	8	6
	<i>Carex sempervirens</i>							0,5	0,5		0,5		
	<i>Festuca rubra ssp. commutata</i>	1		4	1	2	2	4	1	0,5	0,5	2	0,5
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	1	1	1	2	2	1	0,5		1	0,5	0,5	0,5
	<i>Phleum alpinum ssp. rhaeticum</i>		0,1					0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	<i>Leontodon hispidus s.l.</i>												
	<i>Agrostis tenuis</i>			1	0,5	1	1		1	3	1	2	1
	<i>Leontodon helveticus</i>	2		1	2	1	0,5	1	3	0,5	5	2	6
	<i>Alchemilla vulgaris s.l.</i>												
	<i>Gentiana kochiana PERR ET SONG</i>	0,5	1	0,5				0,5	0,5	1	0,5		
häufig in F, N (VW)	<i>Ligusticum mutellina</i>												
	<i>Trifolium pratense s.l.</i>								1				3
	<i>Trifolium repens</i>												
	<i>Trifolium badium</i>												
	<i>Gymnadenia conopsea R Br</i>												
	<i>Chrysanthemum adustum (KOCH) FRITSCH</i>												
D VW	<i>Hieracium aurantiacum L.</i>												
	<i>Avenella flexuosa</i>	2	0,1	0,1	2		0,1	4	2	1	0,1	0,1	0,1
	<i>Pulsatilla alpina s.l.</i>		7	1	1	3	4	8	1	1	1	8	4

NI PK 96	NI N 94	NI N 95	NI N 95	NI N 95	NI N 95											
30	45	34	27	28	37	32	35	31	31	28	29	27	34	32	35	35
101,4	104	103,8	102,9	98,5	106	98	97,6	101,6	97	103,3	99,1	99,7	99,9	102,5	99,9	99,9
404	412	415	433	437	446	402	411	425	427	434	443	402	411	425	427	427
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2	1	1				0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	2	2	2	0,5	0,5	2	3	7	2	2	4	1	1	2	2	2
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	0,5	1	1	2	0,5	0,5	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	1		1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	1	0,1			0,1		0,1	0,1			
	0,5	0,5						0,5		0,5					0,5	
	1															
16	5	13	9	14	11	1	2	3	0,5	7	8	5	7	3	4	4
10	2	3	7	1	8	4	2	5	2	1	7	7	1	0,5	0,5	0,5
4	3	3	3	2	7	2	2	5	6	1	4	4	7	13	3	3
1	1	4	1	2	0,5	2	6	4	4	2	3	3	2	1	0,5	0,5
2	3	4	3	3	2	2		0,5	4	8	2	6		1	1	1
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
1	1	0,5	0,5	0,5		0,5	2			1	1	0,5	1			
14	9	8	16	13	13	7	2	6	11	20	12	4	4	5	9	9
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1		2	1	1	1		0,1	0,1	0,1	0,1
3	7	9	4	2	3	4	7	6	4	3	3	2	5	5	5	5
2		1				1		2		1				0,1	0,5	0,5
0,1	0,5			0,5	0,5				0,5					0,1	0,1	0,1
30	33	36	40	35	13	45	40	33	26	42	20	44	50	50	40	40
	1								0,5							
	0,5	0,5			0,5	0,5	0,5		1			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
3	2	2	1	0,5	1	2	2	4	7	3	5	1	3	2	4	4
	0,5		0,5		0,5	1	2	1	1		2	1	1	1	0,5	0,5
2	2	3	6	9	7	4	2	2	0,5	3	2	7	3	3	2	2
	1									0,5	0,5		0,5	0,5		
1	5	0,5	1	4	6	1	1	1	2	0,5	5	4	1	5	2	2
1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	5	3	1	1	1	0,5	0,5	2	0,5	0,5
	0,1	1		0,1	0,1									2	0,1	0,1
1					0,5										1	1
1	2	1		1	3	0,5	1	1	1	0,5	2	1	1	1	0,5	0,5
2	1	1	3	1	5	0,5	2	1	3	1	1	1	3	2	8	8
															1	1
0,5	0,5	0,5	0,5			1	1	1	1		1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	1				6				0,5				0,5			
	0,5															
					0,5											
						0,5		0,5	0,5				0,5			
0,1	1	2	0,1	0,1	0,1	3	4	4	4	0,1	10	3	1	0,1	1	1
	7	2	2	3	9	2	0,5		4	1		0,5			7	7

NI N 95	NI N 95	NI N 96	NI NK 94	NI NK 95	NI NK 95										
33	27	32	39	30	32	31	26	26	31	28	28	32	30	32	35
101,6	102,2	102,6	99,7	106,9	112,8	101,8	104,2	93,6	96,6	91,3	98,7	95,3	98,8	101,6	103
434	443	402	411	425	427	434	443	406	422	424	431	445	453	406	422
0,1			0,1	0,1	0,1	0,1			1	0,1	0,1	1			0,1
1	0,5	2	2	2	1	0,5	0,5	1	2	6	3	5	0,5	2	1
0,5	0,5	2	1	0,5	0,5			0,5	1	1	2	1		0,5	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5	2	0,5	0,5	0,5			1	1	1	0,5	0,5	2
0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1	1	0,1	0,1	1	0,1	0,5	0,5
		0,1	0,1					4							
								0,5		0,5		0,5		0,5	
13	13	5	6	13	15	18	10	2	1	3	2	3	2	6	7
2	5	7	3	4	1	5	7	7	0,5	0,5	2	1	4	2	1
6	5	3	8	10	4	3	4	4	2	1	2	6	4	15	3
1	1	2	5	4	1	0,5	1	2	4	4	1	3	5	3	3
6	5	3	2	3	3	5	2		2	3	2	1	9	5	3
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	1	2	1	1	0,5	1	0,5	0,5
			0,5					1	2	1	1	1		0,5	0,5
13	8	10	4	7	7	20	19	11	6	9	11	6	14	5	5
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1		1	0,1	1	5	0,1	2	0,1
2	0,5	2	7	3	2	2	0,5	3	7	3	2	6	3	1	3
0,1			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1	2		1		0,1	0,1
0,5	0,5		0,5	0,5	0,5								0,5	0,1	
0,1	0,1		0,1	1		0,1	0,1		0,1			0,1			0,1
40	44	30	35	39	37	30	40	40	42	40	48	27	35	30	43
											1				
1	1	1	1	1	0,5	1	0,5					0,5			
1	0,5	1	1	2	3	1	0,5	2	2	2	1	6	4	2	2
			0,5		0,5			2	2				0,5	1	0,5
2	1	16	4	5	3	1	0,5	2	4	2	5	5	2	3	5
0,5	0,5	0,1	0,1			0,1									0,5
0,5	6	4	2	3	10	1	3	0,5	4	2	4	5	0,5	8	10
0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5
0,1		0,1	1		0,5	5			1	1	1	0,1		0,5	0,1
2	0,5	0,5	1	2	1	0,5	3		0,5	0,5		1	0,5	3	2
0,5	1	1	4	0,5	2	0,5	2	1	0,5	2		1	1	3	2
					0,5										
0,5		0,5	1	0,5	0,5	0,5		1	1	1			0,5	0,5	0,5
			0,5										0,5	0,5	
1	2	3	3	2	2	0,1	3	1	2	3	2	0,1	6	3	2
1	3	2			14	1	3	2		0,5		4		1	

NI NK 95	NI NK 95	NI NK 95	NI NK 96							
30	31	29	31	31	36	29	29	31	29	
103,1	98,4	99,3	97,3	114,9	104,4	96,3	104,3	103,3	122,2	
424	431	445	453	406	422	424	431	445	453	

0,1					0,1					
2	0,5	1	0,5	1	1	1	2	0,5	1	
0,5	0,5	0,5	0,5		2	0,5	0,5	0,5		
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,1	0,1			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
0,5		0,5		0,5		0,5				

6	9	6	18	18	12	16	13	7	14	
2	1	0,5	2	4	3	4	2	5	3	
7	3	20	5	9	3	7	5	10	6	
2	4	5	1	1	2	2	2	2	0,5	
4	4	1	7	3	3	3	4	1	9	
0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	
0,5		0,5		0,5	0,5	0,5		0,5		
10	10	5	10	15	11	17	21	8	18	
0,1	0,1	0,1	5	0,1	1	0,1	3	0,1	0,1	
1	2	0,5	1	1	3	0,5	2	0,5	1	
0,1				0,1	0,1	0,1				
0,1	2	0,1	0,1	0,1	1	1	0,1	1	0,5	
50	50	27	24	38	30	25	38	35	40	
	0,5						3			
1	1	1	2	1	4	0,5	0,5	0,5	0,5	
					0,5		1	2	1	
3	1	8	2	2	3	2	0,5	2	2	
	0,5	0,5	0,5							
1	2	6	10	6	8	2	1	10	12	
0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
0,1	0,1	0,1	0,1							
					0,5		0,5	0,5		
1	1	2	0,5	5	2	3	0,5	3	1	
7	1	0,5	2	2	2	0,5	0,5	2	5	
0,5	0,5		0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	

1	0,1	1	1	2	2	4	0,1	0,1	1	
0,5		8		0,5		0,5		8		

Tabelle1

code	2	1	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	13	14	15	16	17	
Artenzahl	F 28	N 32	N'033	N'034	N'041	N'043	N'054	N'0' 90	N'094	N'095	N'096	N'0' 97	N'NPK94	N'NPK95	N'NPK96	N'NPK36	N'NPK41	
Deckungssumme	10	10	5	5	5	5	10	10	6	6	6	10	6	6	6	1	2	
Flächennummer (F28=Aufnahmenummer)	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	mw	
	27,1	23,7	22,6	21,0	33,2	31,0	34,2	30,1	26,5	27,3	29,7	27,0	29,7	28,2	27,7	26,0	26,5	
1 Ch F	<i>Ranunculus acronitifolius</i>	21,5																
2	<i>Trisetum flavescens</i>	7,0																
3	<i>Leonodon autumnalis</i>	4,3																
4	<i>Rumex alpestris</i>	3,0																
5	<i>Polygonum viviparum</i>	3,0																
6	<i>Cerastium cerastoides</i>	3,0																
7	<i>Sagina saginoides</i>	3,0																
8	<i>Cirsium spinosissimum</i>	3,0																
9	<i>Trifolium thalii</i>	3,0																
10	<i>Deschampsia caespitosa</i>	3,0																
11	<i>Bellidiasium michelii</i>	3,0																
12	<i>Agrostis rupestris</i>	3,0																
13	<i>Phyteuma orbiculare ssp. orbiculare</i>	3,0																
14	<i>Veronica alpina ssp. australis</i>	3,0																
15	<i>Hedysarum obscurum L.</i>	3,0																
16	<i>Carex ferruginea</i>	3,0																
17	<i>Astrantia major</i>	3,0																
18	<i>Luzula spicata</i>	3,0																
19 D VW F	<i>Bartsia alpina</i>	5,0			0,5	1,5	0,8	0,6	0,5	1,3	0,6	0,6	1,3	0,6	0,1			
20	<i>Ranunculus montanus s.l.</i>	3,4				0,5	0,5	0,6		0,8	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5		0,5	
21	<i>Homogyne alpina</i>	3,0				0,9	0,6	0,7	1,2	3,0	1,6	1,8	2,4	3,2	0,7	1,3	0,5	
22	<i>Campanula scheuchzeri</i>	3,0			0,5	1,3	1,0	0,5	0,5	0,9	0,9	0,8	2,3	1,1	0,6	1,0	0,5	
23	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	3,0		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,9	0,5	0,5	2,7	1,1	0,5	0,6	1,0	0,5	
24	<i>Crocus albiflorus</i>	3,0			0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,3	0,1		0,6	0,2	0,1	0,5	0,5	
25	<i>Soldanella alpina</i>	3,0			0,5	0,5	0,5	0,5			0,1	3,3	0,1	0,1	0,1			
26	<i>Euphrasia minima</i>	3,0			0,5	1,0	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	2,1	0,5	0,5				
27	<i>Cerastium caespitosum GILIB</i>	3,0				0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			0,5	0,5				
28	<i>Sagina selaginoides</i>	3,0										1,0						
29 D VW N	<i>Potentilla erecta</i>	3,8	2,0	2,0	3,4	6,2	5,1	4,2	3,7	5,3	1,0	5,7	3,3	7,8	8,8	3,0	0,5	
30	<i>Luzula multiflora</i>	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,7	3,2	1,8	4,3	2,5	2,8	4,8	6,6	1,0	1,8	
31	<i>Crepis coryzifolia</i>	2,2	1,8		4,2	5,7	2,3	4,1	3,2	3,8	3,0	3,0	2,8	6,7	7,0	4,0	5,5	
32	<i>Campanula barbata</i>	1,9	1,8	2,5	4,6	3,4	6,6	1,8	4,0	2,7	3,0	3,0	4,0	1,3	0,6	2,0	1,5	
33	<i>Solidago virgaurea s.l.</i>	1,5	0,8	1,0	1,3	2,1	1,4	2,5	5,5	4,8	4,0	3,1	4,4	3,7	5,3	1,0	2,0	
34	<i>Polygala chamaebuxus</i>	1,5	1,1		0,5	1,3	1,1	1,1	0,9	0,6	0,6	2,7	1,0	0,5	0,5		0,5	
35	<i>Hieracium auriculata L.</i>	1,4	0,7		2,3	0,5	0,5	0,6	2,0	1,0	0,8	1,6	1,4	0,5				
36	<i>Gentiana zurguea</i>	3,7	2,6	2,5	2,6	2,5	1,6	2,3	11,2	12,5	16,3	7,8	11,5	5,8				
37	<i>Avenula versicolor</i>	1,0	0,5	1,3	1,3	0,5	2,0	1,1	3,3	0,3	1,4	1,8	1,4	1,4	1,6	3,0	1,0	
38	<i>Arnica montana</i>	9,8	7,4	9,4	25,4	15,8	25,2	3,3	4,8	3,0	4,2	5,2	3,5	2,2	2,0	1,0	2,0	
39	<i>Calluna vulgaris</i>	5,2	13,0	14,8	1,3	13,4	4,1	3,5	0,1	2,0	1,0	2,7	0,6	0,1	0,1		0,5	
40	<i>Leucorchis albida E MEYER</i>	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5	7,8	0,5	0,5	0,5			
41	<i>Carex palescens</i>	2,3	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,2	0,4		0,1	0,1	0,1			
42 häufig in N (F, VW)	<i>Nardus stricta</i>	4,3	39,3	45,4	47,0	26,0	14,5	22,0	43,7	37,8	39,2	34,8	28,9	36,3	3,7	22,7	9,5	25,0
43	<i>Lotus corniculatus ssp. alpinus</i>	4,0	6,2	2,0	2,0	9,0	1,1	4,0	0,5	0,5	1,0	6,0	2,0	1,0	3,0			
44	<i>Plantago alpina</i>	3,4	4,6	3,4	2,6	3,8	4,0	1,3	0,6	0,5	0,7	1,7	1,0	0,5	0,7	1,0	0,5	
45	<i>Geum montanum</i>	3,0	4,1	4,2	2,5	3,6	4,2	3,2	2,1	2,5	1,6	1,8	3,4	3,2	2,2	2,0	2,0	
46	<i>Crepis aurea</i>	17,7	3,0	1,8	2,0	0,8	0,6	1,2	0,7	0,8	0,5	3,0	1,0	0,5	0,5	1,0	1,5	
47	<i>Potentilla aurea</i>	3,0	2,6	2,7	0,5	4,4	3,2	1,4	1,8	3,2	3,7	3,8	2,5	3,7	3,4	2,4	5,0	
48	<i>Carex sempervirens</i>	3,0	2,0	1,6		0,5	0,8	0,7	0,5	0,8	1,0	1,0		0,5	0,1			
49	<i>Festuca rubra ssp. commutata</i>	41,5	1,8	0,5	1,1	1,2	1,2	1,5	0,8	1,9	1,0	1,2	2,6	3,6	14,7	1,8	31,0	
50	<i>Vaccinium myrtillus</i>	3,0	1,4	2,6	2,6	1,5	4,6	5,3	0,8	1,4	0,5	0,5	4,0	1,3	0,5	0,5	1,0	
51	<i>Phleum alpinum ssp. rhaeticum</i>	5,2	1,2	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5		0,1	0,4		0,1	0,1	0,1	18,0	11,0	
52	<i>Leonodon hispidus s.l.</i>	9,2	1,1	0,5	0,5	3,0	1,3	2,1	1,0	0,5	0,5	2,0	0,5	0,5	0,5	1,0		
53	<i>Agrostis tenuis</i>	8,5	1,0	0,5	0,9	0,7	1,0	0,8	1,1	1,1	1,6	0,8	1,3	1,1	2,0	2,3	5,0	
54	<i>Leonodon helveticus</i>	3,5	1,0	0,5	1,2	0,8	0,9	1,9	1,4	3,5	1,5	3,7	1,7	2,4	1,4	0,5	0,8	
55	<i>Alchemilla vulgaris s.l.</i>	3,8	0,8	0,7	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0			
56	<i>Gentiana kochiana PERR ET SONG</i>	3,0	0,7	1,1	0,6	0,9	1,0	0,6	0,7	2,3	0,6	0,8	1,7	0,9	0,5	0,5	0,5	
57 häufig in F, N (VW)	<i>Ligusticum mutellina</i>	19,6	1,7				0,5	0,6										
58	<i>Trifolium pratense s.l.</i>	17,8	2,1				0,5	0,6				2,0		1,0	1,0			
59	<i>Trifolium repens</i>	4,8	2,3	1,5	0,5							10,0						
60	<i>Trifolium badium</i>	3,6	2,0				1,3	0,5			0,5	1,7	1,0	0,5	2,0	2,0	6,0	
61	<i>Gymnadenis conopsea R Br</i>	3,0	0,5				0,8	0,6			0,5	0,5		0,5	0,5			
62	<i>Chrysanthemum adustum (KOCH) FRITZSCH</i>	3,0	1,0						0,5	0,5	0,5		0,8				0,5	
63 D VW	<i>Hieracium aurantiacum L.</i>					2,0	0,5	3,5	2,5	0,7	1,0	1,3	2,2	0,9	0,6			
64	<i>Avenella flexuosa</i>			0,9	1,1	1,2	3,3	2,4	1,6	1,4	0,9	1,1	2,0	1,7	1,4	2,0	0,8	
65	<i>Pulsatilla alpina s.l.</i>							4,1	5,0	3,3	6,7	17,0			1,0			
66	<i>Rhinanthus alectorolophus</i>							0,5	1,0	0,5	0,5	2,5	2,0	0,5	4,0			
67	<i>Stellaria graminea</i>				0,5	0,5	0,5	0,5				1,0		0,5	2,0			
68 D Nulltächen	<i>Potentilla spec.</i>			4,2														
69	<i>Luzula multiflora et silvatica</i>	2,1		0,5	1,6													
70	<i>Luzula silvatica s.l.</i>		1,5			2,0	12,0	2,0			0,5	10,8			0,5			
71	<i>Briza media</i>	0,5				1,0	0,5	1,0	0,8	0,5			0,8	0,5	0,5			
72	<i>Gentianella campestris</i>					0,5	0,5	0,5										
73	<i>Trifolium medium ssp. medium</i>					0,8	2,3											
74	<i>Crepis biataroides Vill</i>																	
75	<i>Crepis pontana DALLA TORRE</i>																	
76	<i>Pedicularis tuberosa</i>										0,5	1,0			0,5			
77	<i>Pulsatilla apifolia</i>			1,3	4,0	3,2	7,8	6,0								0,5		
78	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>		1,5	4,0	0,5	0,8	0,9	0,5									0,5	
79 D NPK-Flächen	<i>Carex ornithopoda</i>																	

Tabelle1

Nr. Behandlung n Aufnahmen Parameter	94	95	96	94	95	96	94	95	96	94	95	96	94	95	96	94	95	96	
	NIPK94 6 mw 27,3	NIPK95 6 mw 31,2	NIPK96 6 mw 33,5	NIN 94 6 mw 31,0	NIN 95 6 mw 31,3	NIN 96 6 mw 31,7	NINK94 6 mw 29,2	NINK95 6 mw 31,3	NINK96 6 mw 30,8	NIPK94 6 # 27,3	NIPK95 6 # 31,2	NIPK96 6 # 33,5	NIN 94 6 # 31,0	NIN 95 6 # 31,3	NIN 96 6 # 31,7	NINK94 6 # 29,2	NINK95 6 # 31,3	NINK96 6 # 30,8	
Ch F																			
<i>Ranunculus aconitifolius</i>																			
<i>Trisetum flavescens</i>																			
<i>Leontodon autumnalis</i>																			
<i>Rumex alpestris</i>																			
<i>Polygonum viviparum</i>																			
<i>Cerastium cerastoides</i>																			
<i>Sagina saginoides</i>																			
<i>Cirsium spinosissimum</i>																			
<i>Trifolium thalii</i>																			
<i>Deschampsia caespitosa</i>																			
<i>Bellidiastrum micheli</i>																			
<i>Agrostis rupestris</i>																			
<i>Phyteuma orbiculare ssp. orbiculare</i>																			
<i>Veronica alpina ssp. australis</i>																			
<i>Hedysarum obscurum L.</i>																			
<i>Carex ferruginea</i>																			
<i>Astrantia major</i>																			
<i>Luzula spicata</i>																			
<i>Berula alpina</i>	1,0	0,1	0,1	1,3	0,1	0,1	0,6	0,1	0,1	5	5	6	3	5	4	4	2	1	
<i>Ranunculus montanus s.l.</i>	0,5	0,5	0,5	2,3	2,0	0,5	0,5	0,5	0,5	4	3	3	2	1	2	1	2	3	
<i>Homogyne alpina</i>	3,3	2,2	1,5	3,3	1,3	1,3	2,9	1,2	1,1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Campanula scheuchzeri</i>	1,3	0,7	0,8	1,3	0,8	1,0	1,1	0,5	0,9	6	6	6	6	6	4	5	6	4	
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	0,8	0,6	0,5	0,9	0,5	0,8	0,8	0,8	0,5	3	6	6	5	6	6	3	6	6	
<i>Crocus albitorus</i>	0,3	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,5	0,3	0,1	4	3	5	3	3	6	5	4	5	
<i>Soldanella alpina</i>		0,1				0,1	4,0			1			2		1				
<i>Euphrasia minima</i>	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	3	3	2	2	1	2	3	3	2	
<i>Cerastium caespitosum GILIB</i>	0,5	0,5	1,0				0,5			1	1	1				1			
<i>Selaginella selaginoides</i>				0,5									1						
D VW F																			
<i>Potentilla erecta</i>	3,2	7,0	11,3	3,6	7,5	11,2	2,2	8,7	13,3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Luzula multiflora</i>	4,0	6,7	5,2	3,5	2,7	4,5	2,5	1,4	3,5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Crepis conyzifolia</i>	2,3	6,7	3,7	2,8	6,3	5,3	3,2	8,8	6,7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Campanula barbata</i>	3,8	1,5	1,6	3,5	1,4	2,3	3,2	3,0	1,6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Solidago virgaurea s.l.</i>	2,7	1,8	2,8	3,3	3,8	3,0	3,4	4,0	3,8	6	6	6	5	5	5	5	6	6	
<i>Polygala chamaebuxus</i>	1,0	0,5	0,5	0,9	0,6	0,5	1,1	0,5	0,5	5	5	6	6	6	5	6	5	5	
<i>Hieracium auriculata L.</i>	1,0	0,5	0,7	1,2	0,8	0,5	1,3	0,5	0,5	2	1	3	3	2	1	4	4	4	
<i>Gentiana lugubris</i>	8,3	5,9	12,2	9,7	7,2	11,2	9,5	7,5	15,0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Avenula versicolor</i>	2,8	0,7	0,3	1,2	0,1	0,3	1,4	1,2	0,7	5	6	6	5	5	6	5	6	6	
<i>Arnica montana</i>	5,2	4,6	4,7	4,5	3,3	2,8	4,0	1,4	1,3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Calluna vulgaris</i>	1,5	1,0	1,5	1,3	0,1	0,1	1,0	0,1	0,1	2	2	2	3	2	2	4	3	3	
<i>Leucorchis albida E MEYER</i>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	2	3	1	4	3	1	1	2	
<i>Carex pallescens</i>	2,0	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,6	0,5	0,7	1	1	2	4	5	4	4	5	6	
häufig in N (F, VW)																			
<i>Nardus stricta</i>	32,3	33,7	31,2	34,3	44,7	35,2	38,7	37,3	34,3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Lotus corniculatus ssp. alpinus</i>	0,5	0,5	1,0	0,5	2,7	4,5	1,0	0,5	3,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Plantago alpina</i>	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7	0,8	0,5	1,0	0,5	1	3	3	3	6	6	1	1	3	
<i>Geum montanum</i>	4,0	2,3	1,6	3,8	1,9	1,4	2,8	1,5	1,6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Crepis aurea</i>	1,0	0,5	0,5	1,4	0,8	0,5	1,5	0,8	0,5	1	3	3	5	2	2	3	2	1	
<i>Potentilla aurea</i>	3,8	4,7	4,8	2,3	3,0	4,9	3,3	3,7	1,9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Carex sempervirens</i>		0,5	1,0	0,5	0,5	0,1	0,5			3	1	2	4	3		4			
<i>Festuca rubra ssp. commutata</i>	2,0	1,4	2,9	1,8	3,1	3,8	2,7	6,2	6,5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1,3	0,6	0,7	1,9	0,8	0,6	1,0	0,6	0,5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Pheleum alpinum ssp. rhaeticum</i>	0,1	0,1	0,3	0,1	2,0	0,6	0,6	0,1		1	5	4	2	3	2	2	5	2	
<i>Leontodon hispidus s.l.</i>			0,8		1,0	0,5			0,5				1	1				2	
<i>Agrostis tenuis</i>	0,9	1,6	1,6	1,0	1,0	1,3	0,6	1,6	2,4	4	5	5	6	6	6	4	6	6	
<i>Leontodon helveticus</i>	1,3	2,9	2,2	1,4	2,6	1,7	1,1	2,6	2,0	5	6	6	6	6	6	5	6	6	
<i>Alchemilla vulgaris s.l.</i>				1,0	1,0	0,5			0,5				1	1		1		1	
<i>Gentiana kochiana PERR ET SONG</i>	0,7	0,6	0,5	1,0	0,5	0,6	0,9	0,5	0,7	3	4	4	5	5	5	4	5	6	
häufig in F, N (VW)																			
<i>Ligusticum mutellina</i>																			
<i>Trifolium pratense s.l.</i>	2,0	3,5		0,5	0,5					2	2		1	1					
<i>Trifolium repens</i>		0,5																	
<i>Trifolium badium</i>																			
<i>Gymnadenia conopsea R Br</i>			0,5					0,5										1	
<i>Chrysanthemum adustum (KOCH) FRITSCH</i>				0,5	0,5	0,5	0,5	0,5					3	1	1	1		1	
D VW																			
<i>Hieracium aurantiacum L.</i>	2,0	1,8	1,3	2,3	0,8	0,7	1,3	0,6	1,1	5	4	4	3	4	3	5	5	5	
<i>Avenula flexuosa</i>	0,9	1,2	0,6	4,2	1,4	2,2	2,4	1,4	1,5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	
<i>Pulsatilla alpina s.l.</i>	3,2	4,4	4,6	1,9	2,9	5,0	2,2	3,2	3,0	5	5	5	4	4	4	3	3	3	
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	1,0		2,0	0,6	0,5	1,0	0,8	0,5	1,0	1	2	1	4	2	2	4	1	1	
<i>Stellaria graminea</i>		0,5	1,0	0,5	0,5	0,8	0,5	0,5	2,0		2	1	1	1	2	1	1	1	
D Nullflächen																			
<i>Potentilla spec.</i>																			
<i>Luzula multiflora et silvatica</i>																			
<i>Luzula silvatica s.l.</i>																			
<i>Briza media</i>	0,8	0,5	0,5	1,0	0,5	0,8		0,5	0,5	2	2	2	1	2	2		2	3	
<i>Gentianella campestris</i>																			
<i>Trifolium medium ssp. medium</i>																			
<i>Crepis blattaroides Vill</i>																			
<i>Crepis pontana DALLA TORRE</i>																			
<i>Pedicularis tuberosa</i>																			
<i>Pulsatilla agnitifolia</i>																			
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>																			
D NPK-Flächen																			
<i>Carex ornithopoda</i>																			
<i>Silene vulgaris</i>																			
<i>Trollius europaeus</i>																			
<i>Traunsteinera globosa</i>																			
<i>Scabiosa lucida</i>																			
<i>Geranium silvaticum</i>																			
<i>Plantago lanceolata</i>																			
<i>Avenula pubescens</i>																			
<i>Luzula sudetica</i>																			
<i>Myosotis alpestris FW SCHMIDT</i>																			
<i>Ranunculus montanus et nemorosus</i>																			
D Ca-Flächen																			
<i>Anthyllis vulneraria ssp. alpestris</i>																			
<i>Nigritella nigra</i>																			
<i>Anemone narcissiflora</i>	1,0	1,2	1,3	0,8	0,8	1,3				2	3	2	4	2	2				
<i>Trifolium alpinum</i>	2,0	0,5	0,5	2,0	2,0	3,0	1,0			1	1	1	1	2	2	1			
<i>Thesium alpinum</i>	1,0	0,5	0,5	0,7						1	1	1	3						
<i>Carex caryophyllea</i>																			
<i>Hippocrepis comosa</i>																			
<i>Carlina acaulis ssp. acaulis</i>																			
<i>Linum catharticum</i>																			
<i>Gentiana verna</i>																			
<i>Aster bellidiastrum</i>																			
<i>Cirsium acule</i>	0,5																		
Ch NPKCa-Flächen																			
<i>Hieracium pilosella</i>		0,5	1,0	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,8		1	1	4	1	1	3	1	3	4
<i>Polygala alpestris</i>	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	4	4	5	3	3	3	5	5	5	
<i>Galium pumilum</i>	1,0	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5				1	1	2	1	1	1				
<i>Ajuga reptans</i>		3,0								1									
<i>Poa alpina</i>																			
<i>Taraxacum officinale</i>																			
<i>Hieracium diverse</i>																			
<i>Ranunculus nemorosus DC</i>																			
<i>Viola calcarata</i>		0,5			0,5						1			1					
<i>Hypericum maculatum s.l.</i>	0,1	0,1	1,0				0,1	0,1	0,1	1	1	1				1	1	1	
sonstige																			
<i>Cerastium spec.</i>																			
<i>Dactylorhiza spec.</i>																			
<i>Festuca ovina et rubra</i>																			
<i>Centaurea montana</i>																			
<i>Carex pilulifera</i>																			
<i>Hieracium spec.</i>																			
<i>Coeloglossum vinide</i>																			
<i>Crepis spec.</i>																			
Orchidaceae																			
<i>Plantago atrata HOPPE</i>																			
<i>Botrychium lunaria</i>																			
<i>Carduus defloratus s.l.</i>																			
<i>Gnaphalium sylvaticum</i>																			
<i>Gnaphalium spec.</i>																			
<i>Cerastium arvense s.l.</i>																			
<i>Alchemilla xanthochlora</i>																			
<i>Vaccinium uliginosum s.l.</i>																			
<i>Cerastium fontanum BAUMG</i>																			
<i>Peucedanum ostruthium</i>																			

</

Tabelle1

Nr.	94	95	96	94	95	96	94	95	96	94	95	96	94	95	96	94	95	96
Behandlung	NIPK94	NIPK95	NIPK96	NIN 94	NIN 95	NIN 96	NINK94	NINK95	NINK96	NIPK94	NIPK95	NIPK96	NIN 94	NIN 95	NIN 96	NINK94	NINK95	NINK96
n Aufnahmen	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Parameter	%	%	%	%	%	%	%	%	%	stet								
Artenzahl	27,3	31,2	33,5	31,0	31,3	31,7	29,2	31,3	30,8	27,3	31,2	33,5	31,0	31,3	31,7	29,2	31,3	30,8
Ch F	<i>Ranunculus aconitifolius</i>																	
	<i>Trisetum flavescens</i>																	
	<i>Leontodon autumnalis</i>																	
	<i>Rumex alpestris</i>																	
	<i>Polygonum viviparum</i>																	
	<i>Cerastium cerastoides</i>																	
	<i>Sagina saginoides</i>																	
	<i>Cirsium spinosissimum</i>																	
	<i>Trifolium thalii</i>																	
	<i>Deschampsia caespitosa</i>																	
	<i>Bellidiastrum micheli</i>																	
	<i>Agrostis rupestris</i>																	
	<i>Phyteuma orbiculare ssp. orbiculare</i>																	
	<i>Veronica alpina ssp. australis</i>																	
	<i>Hedysarum obscurum L.</i>																	
	<i>Carex ferruginea</i>																	
	<i>Astrantia major</i>																	
	<i>Luzula spicata</i>																	
D VW F	<i>Berula alpina</i>	83	83	100	50	83	67	67	33	17			V	V	V	III	V	IV
	<i>Ranunculus montanus s.l.</i>	67	50	50	33	17	33	17	33	50			IV	III	III	II	I	II
	<i>Homogyne alpina</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Campanula scheuchzeri</i>	100	100	100	100	100	67	83	100	67			V	V	V	V	IV	V
	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	50	100	100	83	100	100	50	100	100			III	V	V	V	V	V
	<i>Crocus albitlorus</i>	67	50	83	50	50	100	83	67	83			IV	III	V	III	III	V
	<i>Soldanella alpina</i>		17				33	17					I			II		II
	<i>Euphrasia minima</i>	50	50	33	33	17		50	50	33			III	III	II	II	I	II
	<i>Cerastium caespitosum GILIB</i>	17	17					17					I	I	I			I
	<i>Selaginella selaginoides</i>				17								I					
D VW N	<i>Potentilla erecta</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Luzula multiflora</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Crepis conyzifolia</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Campanula barbata</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Solidago virgaurea s.l.</i>	100	100	100	83	83	83	83	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Polygala chamaebuxus</i>	83	83	100	100	100	83	100	83	83			V	V	V	V	V	V
	<i>Hieracium auricula L.</i>	33	17	50	50	33	17	67	67	67			II	I	III	III	II	I
	<i>Gentiana lugubris</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Avenula vesicolar</i>	83	100	100	83	83	100	83	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Arnica montana</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Calluna vulgaris</i>	33	33	33	50	33	33	67	50	50			II	II	II	III	II	IV
	<i>Leucorchis albida E MEYER</i>	17	33	50	17	67	50	17	17	33			I	II	III	I	IV	III
	<i>Carex pallescens</i>	17	17	33	67	83	67	67	83	100			I	I	II	IV	V	IV
häufig in N (F, VW)	<i>Nardus stricta</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Lotus corniculatus ssp. alpinus</i>	17	17	17	17	17	17	17	17	17			I	I	I	I	I	I
	<i>Plantago alpina</i>	17	50	50	50	100	100	17	17	50			I	III	III	III	V	V
	<i>Geum montanum</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Crepis aurea</i>	17	50	50	83	33	33	50	33	17			I	III	III	V	II	III
	<i>Potentilla aurea</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Carex sempervirens</i>	50	17	33	67	50		67					III	I	II	IV	III	IV
	<i>Festuca rubra ssp. commutata</i>	83	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Vaccinium myrtillus</i>	100	83	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Pheleum alpinum ssp. rhaeticum</i>	17	83	67	33	50		33	83				I	V	IV	II	III	II
	<i>Leontodon hispidus s.l.</i>	67	83	83	100	100	100	67	100	100			IV	V	V	V	V	IV
	<i>Agrostis tenuis</i>	83	100	100	100	100	100	83	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Leontodon helveticus</i>	83	100	100	100	100	100	83	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Alchemilla vulgaris s.l.</i>				17	17		17								I	I	I
	<i>Gentiana kochiana PERR ET SONG</i>	50	67	67	83	83	83	67	83	100			III	IV	IV	V	V	V
häufig in F, N (VW)	<i>Ligusticum mutellina</i>																	
	<i>Trifolium pratense s.l.</i>		33	33	17	17												
	<i>Trifolium repens</i>		17															
	<i>Trifolium badium</i>																	
	<i>Gymnadenia conopsea R Br</i>			17				17										
	<i>Chrysanthemum adustum (KOCH) FRITSCH</i>				50	17	17	17										
D VW	<i>Hieracium aurantiacum L.</i>	83	67	67	50	67	50	83	83	83			V	IV	IV	III	IV	III
	<i>Avenula flexuosa</i>	83	100	100	100	100	100	100	100	100			V	V	V	V	V	V
	<i>Pulsatilla alpina s.l.</i>	83	83	83	67	67	67	50	50	50			V	V	V	IV	IV	IV
	<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	17	17	17	67	33	33	67	17	17			I	V	I	IV	II	II
	<i>Stellaria graminea</i>		33	17	17	17	33	17	17	17			I	II	I	I	I	II
D Nullflächchen	<i>Potentilla spec.</i>																	
	<i>Luzula multiflora et silvatica</i>																	
	<i>Luzula silvatica s.l.</i>			33			33			50								
	<i>Briza media</i>	33	33	17	17	33		33					II	II	I	I	II	II
	<i>Gentianella campestris</i>																	
	<i>Trifolium medium ssp. medium</i>																	
	<i>Crepis blattaroides Vill</i>																	
	<i>Crepis pontana DALLA TORRE</i>																	
	<i>Pedicularis tuberosa</i>					17	17	33	33	50							I	I
	<i>Pulsatilla agnifolia</i>																	
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>																	
D NPK-Flächen	<i>Carex ornithopoda</i>																	
	<i>Silene vulgaris</i>							17	33	17								
	<i>Trollius europaeus</i>																	
	<i>Traunsteinera globosa</i>																	
	<i>Scabiosa lucida</i>																	
	<i>Geranium silvaticum</i>																	
	<i>Plantago lanceolata</i>																	
	<i>Avenula pubescens</i>																	
	<i>Luzula sudetica</i>					</												

Behandlung n Artenzahl Pflanzenart	F28 19 27,1	N22 19 23,7	N033 5 22,6	N034 5 21,0	N041 5 33,2	N043 5 31,0	N054 10 34,2	N050 10 30,1	N054 6 26,5	N056 6 27,3	N057 10 27,0	N C132 5 24,6	N C494 6 29,0	N C495 6 31,5	N C496 6 34,0	N C454 5 38,6	N C430 5 37,4	N NPK4 1 26,0	N NPK5 6 29,7	N NPK6 6 28,2	N NPK36 6 27,7	N NPK41 2 26,5	N NPK46 2 24,0	N NPK52 2 26,5	N NPK59 2 33,5	N NPK C431 19 26,4	N NPK C44 19 27,2	N NPK C45 6 28,7	N NPK C46 6 28,7	N NPK C48 1 27,0	N NPK C41 3 12,7	N NPK C46 4 20,8	N NPK C44 5 20,0	N NPK C42 9 35,7	N NPK C43 9 36,5					
1. CNF Ranunculus acris Trisetum flavescens Leontodon autumnalis Rumex alpestris Polygonum viviparum Cerastium cerastoides Sagina saginoides Cirsium spirostachyum Trisetum meib. Deschampsia caespitosa Bellidatum micheli Agrimonia eupatoria Phytolacca obtusiflora ssp. obtusiflora Veronica alpina ssp. australis Hedysarum obcurum L. Carex ferruginea Astragalus major Luzula spicata																																								
19. DWF Barbora alpina Ranunculus nemorosus s.l. Homogyne alpina Campanula scheuchzeri Anemone hepatica Crocus albiflorus Soldanella alpina Euphrasia minima Cerastium caespitosum GILB Sedum album																																								
29. DWN Pteris caerulea Luzula multiflora Crisp. corymbosa Cyanus babingtonii Solidago virgaurea s.l. Pinguicula vulgaris Hieracium auricula L. Gentiana puberula Anemone pulsatilla Aster alpinus Calluna vulgaris Lactuca alpina E MEYER Carex pallidiflora																																								
42. häufig in N/P, VW Nardus stricta Lolium complanatum ssp. alpinum Plantago alpina Galium montanum Crisp. aenea Potentilla aurea Carex sempervirens Festuca rubra ssp. commutata Vaccinium myrtillus Ptilium alpinum ssp. rheticum Leontodon hispidus s.l. Agrimonia tenuis Lactuca alpina Alchemilla vulgaris s.l. Gentiana kochiana FERR ET SONG																																								
57. häufig in F, N, VW Ligusticum sibiricum Tribolium pratense s.l. Tribolium repens Tribolium badium Gymnadeniopsis conopsea R B Chrysanthemum albatrum (NDCH) FRIESEN																																								
63. DWF Hieracium auriculatum L. Anemone flexuosa Pulsatilla alpina s.l. Rhinanthus alectorolophus Stellaria graminea																																								
68. D Nulmächen Pteris caerulea Luzula multiflora et silvatica Luzula silvatica s.l. Brica media Gentiana campestris Tribolium medium ssp. medium Crisp. bursiflora W Crisp. pontana DALLA TORRE Pulsatilla suberosa Pulsatilla agriosa Vaccinium vitis-idaea																																								
79. D NPK-Flecken Carex orthopoda Sibaria vulgaris Trollius europaeus Transectum glaberrimum Scabiosa lucida Geranium silvaticum Plantago lanceolata Anemone pubescens Luzula sudetica Muscicapa alpina FW SCHMIDT Ranunculus montanus et nemorosus																																								
90. D G-Flecken Antirrhinum vulgare ssp. alpinum Nigella arvensis Anemone ranunculiflora Tribolium alpinum Thesium alpinum Carex caryophylla Hippocrepis comosa Cirsium acaule ssp. acaule Linum catharticum Gentiana verna Aster bellidiflorus Cirsium acule																																								
103. D NPK-Flecken Hieracium pilosella Polygala alpestris Galium pumilum Ajuga reptans Poa alpina Taraxacum officinale Hieracium diversum Ranunculus nemorosus DC Viola calcarata Hypericum maculatum s.l.																																								
112. sonstige Cerastium spec. Dactylis spec. Festuca ovina et rubra Centauria montana Carex pilulifera Hieracium spec. Corynephorus viridis Crisp. spec. Orchidaceae Plantago atrata HOPPE Boraginaceae Cardus defloratus s.l. Gratiola sylvatica Gratiola spec. Cerastium anemone s.l. Alchemilla saxifraga Vaccinium uliginosum s.l. Cerastium fontanum BAUMG Peucedanum ostruthum																																								