

## **Vegetationsveränderungen in Kalk-Magerrasen des Fränkischen Jura**

**Untersuchung langfristiger Bestandsveränderungen als Reaktion  
auf Nutzungsumstellung und Stickstoff-Deposition**

von

Thomas Hagen

---

Herausgeber:

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ·  
83410 Laufen, Salzach, Seethalerstr. 6 (Postfach 1261, PLZ 83406)  
Telefon (08682/7097 u. 7098), Telefax: 08682/9497 (Verwaltungsgebäude), 08682/1560 (Fachbereiche)

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. Thomas Hagen  
Marienbader Str. 1  
85221 Dachau  
Tel./Fax 08131/25848

**Laufener Forschungsbericht 4**

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ISSN: 0946 - 5006

ISBN: 3 - 931175-15-4

---

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

---

Schriftleitung und Redaktion: ANL-Ref. 12 (Dr. Notker Mallach)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz, Druck und Bindung: ANL

Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)

## Vorwort

Im Rahmen der Forschungskonzeption der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist die Beobachtung von natürlichen oder anthropogenen Vegetationsveränderungen ein besonderer Schwerpunkt (s. a. FUCHS, M.: Laufener Seminarbeiträge 3/90). Fachliche Ziele dieser Arbeiten sind dabei nicht nur die Dokumentation kurzfristiger Schwankungen und Fluktuationen oder langfristiger Verschiebungen in der Zusammensetzung der Vegetation, sondern auch die kausale Analyse der beobachteten Phänomene.

Vom methodischen Ansatz her verfolgt die ANL dabei unterschiedliche Wege.

So wurde exemplarisch der Aspekt der Nährstoffökologie in voralpinen Kalkmagerrasen und Streuwiesen bearbeitet (JANSEN, A., 1994: Laufener Forschungsbericht 1).

Im Rahmen der geobotanischen Dauerbeobachtung wurde ein Aufnahmeverfahren entwickelt und eingerichtet, das die Dokumentation und Analyse langfristiger, künftiger Entwicklungen zuläßt (PFANDENHAUER, J., et al., 1986: Berichte der ANL H. 10 (1986) und H. 11 (1987).



Dr. Christoph Goppel  
(Direktor der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege)

Darüberhinaus wurden Vegetationsveränderungen erfasst, die sich auf zurückliegende Zeiträume beziehen und zwar auf der Grundlage der Auswertung historischer Vegetationsaufnahmen. Auf dieser Basis wurden die Sandmagerrasen Nordbayerns bearbeitet (IFANOS, BEMMERLEIN, L.). Die Publikation dieser Ergebnisse erfolgt in einem weiteren Forschungsbericht.

Im Falle der hier vorgelegten Arbeit von Dr. Thomas Hagen konzentrierte sich die Aufmerksamkeit auf die Kalkmagerrasen im fränkischen Jura; dies im wesentlichen aus zwei Gründen: Zum einen sind die Magerrasen dieses Gebietes durch historische Vegetationsaufnahmen gut belegt und zum anderen ist dieser Vegetationskomplex ein fachlicher Schwerpunkt in der Naturschutzarbeit.

Die Erforschung von Vegetationsveränderungen der letzten Jahrzehnte und der ihnen zugrundeliegenden Vorgänge und ursächlichen Zusammenhänge halten wir für eine wichtige Voraussetzung für effektive Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen. In diesem Sinne versteht die ANL den vorliegenden Forschungsbericht als Beitrag einer anwendungsorientierten Naturschutzforschung für eine Verbesserung der Effizienz von Naturschutzmaßnahmen.



Manfred Fuchs  
(Fachbereichsleiter)

<b>1. Einleitung und Fragestellung</b>	<b>11</b>
1.1 Gefährdung von Kalk-Magerrasen	11
1.2 Einfluß von Stickstoff-Immissionen auf die Vegetation	12
1.3 Fragestellung der Arbeit	15
<b>2. Grundlagen und Methoden</b>	<b>15</b>
2.1 Auswahl der Untersuchungsstellen	15
2.1.1 Aufnahmematerial von GAUCKLER (1938)	16
2.1.2 Aufnahmematerial von ZIELONKOWSKI (1973)	17
2.1.3 Übersicht über die Lage der Untersuchungsstellen	19
2.2 Vegetationskundliche Erhebung	19
2.2.1 Theoretische Vorüberlegungen	19
2.2.1.1 Prinzip der "Quasi-Dauerflächen" - Beispiele, Probleme und Möglichkeiten	19
2.2.1.2 Das Konzept der "Standorthomologen Quasi-Dauerflächen"	20
2.2.2 Durchführung der Vegetationsaufnahmen	21
2.2.3 Bestimmung der Sippen, Anmerkungen zu kritischen Sippen	23
2.3 Erhebung der Nutzungsgeschichte	27
2.4 Auswertung der Daten	27
2.4.1 Tabellenvergleich	27
2.4.2 Ordination	27
<b>3. Darstellung, Auswertung und Interpretation der Ergebnisse</b>	<b>30</b>
3.1 Pflanzensoziologische Einordnung der untersuchten Bestände	30
3.1.1 Erstaufnahmen von GAUCKLER (Aufnahmezeitraum: 1931-36)	30
3.1.2 Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI (Aufnahmezeitraum: 1968-70)	34
3.2 Veränderung der Artenzahlen	39
3.2.1 Veränderung der Gesamtartenzahl	39
3.2.2 Veränderung der mittleren Artenzahlen in den pflanzensoziologischen Einheiten	40
3.2.2.1 Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	40
3.2.2.2 Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	40
3.2.3 Veränderung der Anteile ökologisch-pflanzensoziologischer Artengruppen	41
3.2.3.1 Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	42
3.2.3.2 Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	42
3.3 Veränderungen im Artenbestand	48
3.3.1 Veränderungen im Artenbestand beim Vergleich des gesamten Aufnahmematerials	48
3.3.1.1 Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	49
3.3.1.2 Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	50
3.3.1.3 In beiden Vergleichszeiträumen übereinstimmende Artbestandsveränderungen innerhalb des gesamten Aufnahmematerials	53
3.3.2 Veränderungen im Artenbestand innerhalb der pflanzensoziologischen Einheiten	53
3.3.2.1 Zeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	54
3.3.2.2 Zusammenfassung der Artenbestandsveränderungen im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	62
3.3.2.3 Veränderungen im Artenbestand im Zeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN), bezogen auf die einzelnen pflanzensoziologischen Einheiten	62
3.3.2.4 Zusammenfassung der Artenbestandsveränderungen im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	68
3.3.2.5 Zusammenfassung der in beiden Vergleichszeiträumen übereinstimmenden Artenbestandsveränderungen innerhalb der pflanzensoziologischen Einheiten	69
3.4 Veränderung der Zeigerwerte	69
3.4.1 Zeigerwert-Veränderungen beim Vergleich des gesamten Aufnahmematerials	71
3.4.1.1 Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	71
3.4.1.2 Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	72
3.4.2 Zeigerwert-Veränderungen beim Vergleich der einzelnen Aufnahmepaare	72

3.4.2.1	Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	72
3.4.2.2	Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	72
3.4.3	Zeigerwert-Veränderungen innerhalb der pflanzensoziologischen Einheiten	72
3.4.3.1	Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	72
3.4.3.2	Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	75
3.4.4	Vergleich der Zeigerwertspektren der Gefäßpflanzen in den pflanzensoziologischen Einheiten	75
3.4.4.1	Vergleichszeitraums 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	76
3.4.4.2	Vergleichszeitraums 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	79
3.4.5	Gesamtüberblick über die aufgetretenen Zeigerwert-Veränderungen	79
3.5	Ergebnisse aus der Ordination der Aufnahmen	82
3.5.1	Ordination der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	82
3.5.2	Ordination der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	92
3.6	Veränderungen in der pflanzensoziologischen Zuordnung der untersuchten Bestände	100
3.6.1	Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	101
3.6.2	Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	104
3.7	Ergebnisse aus der Erhebung der Nutzungsgeschichte	107
3.7.1	Nutzungsgeschichte der Untersuchungsstellen von GAUCKLER	108
3.7.2	Nutzungsgeschichte der Untersuchungsstellen von ZIELONKOWSKI	109
<b>4.</b>	<b>Analyse und Diskussion möglicher Ursachen der festgestellten Veränderungen</b>	<b>109</b>
4.1	Änderung bzw. Aufgabe der bisherigen Bewirtschaftungsweise	109
4.1.1	Grundsätzliches zu Auswirkungen der Schafbeweidung auf die Artenzusammensetzung der Vegetation	110
4.1.1.1	Entzug von Biomasse und Nährstoffen	110
4.1.1.2	Düngung durch Exkremate	110
4.1.1.3	Selektion bestimmter Arten durch das Fraßverhalten	110
4.1.1.4	Auswirkungen des Huftritts	111
4.1.1.5	Exkurs: Populationsbiologie lückenbesiedelnder Arten	111
4.1.1.6	Auswirkungen der Schafbeweidung auf das Tierleben	112
4.1.1.7	Samenverbreitung	112
4.1.2	Auswirkungen der Aufgabe bzw. verringerten Intensität der Schafbeweidung auf die Vegetation	113
4.2	Sukzessionsvorgänge	113
4.2.1	Verbuschung	113
4.2.2	Versaumung	113
4.2.3	Verfilzung	114
4.3	Fluktuationen	114
4.4	Eutrophierung durch diffuse Nährstoffeinträge	115
4.4.1	Postuliertes Wirkgefüge diffuser Nährstoffeinträge: Beeinflussung von Konkurrenzverhalten und Artendiversität	115
4.4.2	Vergleich mit anderen Untersuchungen	116
4.4.3	Standortabhängigkeit der Eutrophierungsauswirkungen	117
<b>5.</b>	<b>Konsequenzen aus den Ergebnissen</b>	<b>119</b>
5.1	Konsequenzen für Schutz-, Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen	119
5.1.1	Unterschutzstellung	119
5.1.2	Aushagerung	119
5.1.3	Beweidung	120
5.1.3.1	Beweidung durch Schafe	120
5.1.3.2	Beweidung durch Ziegen	121
5.1.3.3	Beweidung durch Rinder	121
5.1.4	Entbuschung	121
5.1.5	Biotopverbund	122
5.1.6	Schutz vor Eutrophierung	123
5.1.7	Zusammenfassung der wichtigsten Pflegekriterien	123

5.2 Anforderungen für zukünftige Untersuchungen auf (Quasi-) Dauerflächen	124
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>125</b>
<b>7. Literatur</b>	<b>129</b>
<b>8. Anhang</b>	<b>144</b>

### **Danksagung**

Viele Menschen haben zum Gelingen dieses Projektes beigetragen. In erster Linie danken möchte ich Herrn W. Zielonkowski, der das Thema der Arbeit anregte und mir die Problematik auf gemeinsamen Geländeexkursionen nahebrachte, sowie Herrn Prof. Dr. Anton Fischer, der die theoretische und praktische Betreuung des Projektes übernahm. Die Arbeiten dazu wurden an dem von ihm geleiteten Lehrbereich Geobotanik der Forstwirtschaftlichen Fakultät an der Münchner Universität in Freising-Weihenstephan durchgeführt. Beiden, ebenso wie den Mitarbeitern des Lehrbereichs Geobotanik danke ich für viele kritische Hinweise und wertvolle Anregungen, die sich in zahlreichen anregenden Gesprächen ergaben.

Herr Dr. M. Storch führte mich in die Tiefen seines umfangreichen Programms zur Bearbeitung von Vegetationstabellen ein. Herrn Dr. W. Lippert und Herrn Dr. F. Schuhwerk von der Botanischen Staatssammlung in München sowie Herrn Dr. M. Witschel, Freiburg, danke ich für die Hilfestellung bei taxonomischen und floristischen Problemen. Herr W. Lörcher übernahm die Nachbestimmung der *Potentilla*-Belege und Herr Dipl.-Biol. H. Hadatsch half mir bei der Bestimmung der Flechten.

Mit den Grundlagen der Ordination machte mich Herr F. Bemmerlein-Lux vertraut, Herr H. Roeder stellte mir sein Statistikprogramm zur Verfügung, das die Auswertung der Daten erleichterte.

Bei meiner Familie möchte ich mich für die liebevolle Betreuung unseres Sohnes Andreas vor allem während der Ausarbeitung der Endfassung meiner Arbeit herzlich bedanken.

Die Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege in Laufen hat in den Jahren 1989 bis 1992 diese Arbeit im Rahmen eines Forschungsprojektes finanziert. Dabei danke ich den Herren M. Fuchs und Dr. M. Vogel für die unbürokratische, organisatorische Betreuung.

Dr. Thomas Hagen

## Abbildungen

Abb. 1:	Übersicht über die Lage der Untersuchungsstellen	19
Abb. 2:	Durchschnittlicher Anteil verschiedener Artengruppen an der Gesamtartenzahl jeder pflanzensoziologischen Einheit (jeweils Gefäßpflanzen ohne Gehölze) im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	43-44
Abb. 3:	Veränderung des Anteils verschiedener Artengruppen im Zeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	45
Abb. 4:	Durchschnittlicher Anteil verschiedener Artengruppen an der Gesamtartenzahl jeder pflanzensoziologischen Einheit (jeweils Gefäßpflanzen ohne Gehölze) im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	46-47
Abb. 5:	Veränderung des Anteils verschiedener Artengruppen im Zeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	48
Abb. 6:	Veränderung der mittleren Zeigerwerte der Untersuchungsstellen im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	im Anhang
Abb. 7:	Veränderung der mittleren Zeigerwerte der Untersuchungsstellen im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	im Anhang
Abb. 8:	Veränderung der mittleren Zeigerwerte der pflanzensoziologischen Einheiten 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	73
Abb. 9:	Veränderung der mittleren Zeigerwerte der pflanzensoziologischen Einheiten 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	74
Abb. 10:	Vergleich des Feuchtezahlenspektrums der pflanzensoziologischen Einheiten 1931/36 und 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	77
Abb. 11:	Vergleich des Stickstoffzahlenspektrums der pflanzensoziologischen Einheiten 1931/36 und 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	78
Abb. 12:	Vergleich des Feuchtezahlenspektrums der pflanzensoziologischen Einheiten 1968/70 und 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	80
Abb. 13:	Vergleich des Stickstoffzahlenspektrums der pflanzensoziologischen Einheiten 1968/70 und 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	81
Abb. 14:	Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): 1. gegen 2. Achse	84
Abb. 15:	Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): 1. gegen 3. Achse	85
Abb. 16:	Ordination (CCA) und Veränderungstendenzen ausgewählter Erst- und Wiederholungsaufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): 1. gegen 2. Achse	86-88
Abb. 17:	Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): Mittlere Stickstoffwerte der Aufnahmen (1. gegen 2. Achse)	90
Abb. 18:	Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): Mittlere Lichtwerte der Aufnahmen (1. gegen 2. Achse)	91
Abb. 19:	Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN): 1. gegen 2. Achse	93
Abb. 20:	Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN): 1. gegen 3. Achse	94
Abb. 21:	Ordination (CCA) und Veränderungstendenzen ausgewählter Erst- und Wiederholungsaufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN): 1. gegen 2. Achse	96-99
Abb. 22:	Veränderungen in der pflanzensoziologischen Zuordnung der untersuchten Bestände im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	103

Abb. 23:	Veränderungen in der pflanzensoziologischen Zuordnung der untersuchten Bestände im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	106
----------	--	-----

**Tabellen:**

Tab. 1:	Erstaufnahmen von GAUCKLER, neu gegliedert (Teiltabelle der Tab. 6 im Anhang)	32
Tab. 2:	Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI, neu gegliedert (Teiltabelle der Tab. 8 im Anhang)	36
Tab. 3:	Veränderung der mittleren Gesamtartenzahlen aller Aufnahmen in beiden Vergleichszeiträumen	39
Tab. 4:	Mittlere Artenzahlen der Gefäßpflanzen (ohne Gehölze) der pflanzensoziologischen Einheiten im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	40
Tab. 5:	Mittlere Artenzahlen der Gefäßpflanzen (ohne Gehölze) der pflanzensoziologischen Einheiten im Vergleichszeitraum 1967/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	41
Tab. 6:	Erstaufnahmen von GAUCKLER (Aufnahmezeitraum: 1931-36)	im Anhang
Tab. 7:	Wiederholungsaufnahmen zu GAUCKLER (Aufnahmezeitraum: 1989-91)	im Anhang
Tab. 8:	Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI (Aufnahmezeitraum: 1968-70)	im Anhang
Tab. 9:	Wiederholungsaufnahmen zu ZIELONKOWSKI (Aufnahmezeitraum: 1990-91)	im Anhang
Tab. 10:	Stetigkeitstabelle der Erstaufnahmen von GAUCKLER und der zugehörigen Wiederholungsaufnahmen	im Anhang
Tab. 11:	Stetigkeitstabelle der Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI und der zugehörigen Wiederholungsaufnahmen	im Anhang
Tab. 12:	Artenveränderungen im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	im Anhang
Tab. 13:	Artenveränderungen im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	im Anhang
Tab. 14:	Pflanzensoziologische Zuordnung der Wiederholungsaufnahmen zu GAUCKLER (Neuordnung von Tab. 7)	im Anhang
Tab. 14a:	Pflanzensoziologische Zuordnung der Wiederholungsaufnahmen zu GAUCKLER (Teiltabelle der Tabelle 14 im Anhang)	102
Tab. 15:	Pflanzensoziologische Zuordnung der Wiederholungsaufnahmen zu ZIELONKOWSKI (Neuordnung von Tab. 9)	im Anhang
Tab. 15a:	Pflanzensoziologische Zuordnung der Wiederholungsaufnahmen zu ZIELONKOWSKI (Teiltabelle der Tabelle 15 im Anhang)	105

---

Liste 1:	Auflistung der Untersuchungsstellen von GAUCKLER	144
Liste 2:	Auflistung der Untersuchungsstellen von ZIELONKOWSKI	146
Liste 3:	Aufstellung der Ergebnisse der Fragebogenaktion zur "Erhebung der Nutzungsgeschichte von Kalk-Magerrasen" für die Untersuchungsstellen von GAUCKLER	148
Liste 4:	Aufstellung der Ergebnisse der Fragebogenaktion zur "Erhebung der Nutzungsgeschichte von Kalk-Magerrasen" für die Untersuchungsstellen von ZIELONKOWSKI	153
	Fragebogen zur Erhebung der Nutzungsgeschichte von Kalk-Magerrasen	156
Abb. 6:	Veränderung der mittleren Zeigerwerte der Untersuchungsstellen im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)	158
Abb. 7:	Veränderung der mittleren Zeigerwerte der Untersuchungsstellen im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)	162
	Vegetationstabellen (Tab. 6-15)	168

## 1. Einleitung und Fragestellung

### 1.1 Gefährdung von Kalk-Magerrasen

Kalk-Magerrasen zählen zu den **artenreichsten Pflanzengesellschaften Mitteleuropas** (KAULE 1986). KORNECK & SUKOPP (1988) zählen für das alte Gebiet der Bundesrepublik 477 Sippen auf, deren Vorkommen auf die Pflanzenformation der Trocken- und Halbtrockenrasen beschränkt ist. Berücksichtigt man dazu die in dieser Formation gelegentlich, aber nicht zufällig auftretenden Sippen, so beträgt ihre Zahl sogar 588. Bei insgesamt 2.728 Pflanzenarten (ohne Berücksichtigung der Neophyten; a.a.O.: 36), die bisher im Gebiet der alten Bundesrepublik nachgewiesen wurden, ist dies der mit Abstand artenreichste Lebensraumtyp.

Kalk-Magerrasen gehören aber auch zu den **am stärksten bedrohten Lebensräumen in Mitteleuropa** (WOLKINGER & PLANK 1981). WALENTOWSKI et al. (1991) ordnen in der "Vorläufigen Roten Liste der Pflanzengesellschaften Bayerns" das *Mesobrometum* der Gefährdungskategorie 1, das *Gentiano-Koelerietum* der Kategorie 3 bzw. 2 (für das *agrostietosum*) und das *Pulsatillo-Caricetum* (in der Jura-Vikariante) ebenfalls der Kategorie 2 zu (Bezeichnung der Gefährdungskategorien wie bei der "Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen"). Insgesamt gesehen ist die Trockenrasenvegetation Bayerns ausnahmslos gefährdet, wobei der größte Teil entweder als "Vom Aussterben bedroht" oder als "Stark gefährdet" eingestuft wird (jeweils ca. 42 %). Nach der "Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen" sind im Gebiet der alten Bundesrepublik insgesamt 195 Sippen der Trocken- und Halbtrockenrasen aktuell und potentiell gefährdet oder vom Aussterben bedroht (SUKOPP & KORECK 1989). Das sind fast 41 % des Artenbestandes dieses Lebensraumtyps. ZOLLER & WAGNER (1986 a) bezeichnen 44 % der *Mesobromion*-Arten im nördlichen Schweizer Jura als gefährdet bis stark gefährdet. In Baden-Württemberg sind 213 Pflanzenarten der Kalk-Magerrasen in der "Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen" enthalten (TRAUTMANN & KORNECK 1978).

Kalk-Magerrasen sind kein homogener, gleichförmiger Lebensraum, sondern ein Mosaikkomplex von Kleinstlebensräumen mit unterschiedlichen Lebensbedingungen (KRAUS 1911). Diese bieten zahlreichen spezialisierten Arten Lebens- und Entfaltungsmöglichkeit. Starke Spezialisierung kann unter veränderten Standortbedingungen jedoch auch mangelnde Anpassungsfähigkeit bedeuten. In solchen Fällen kann daher ein Großteil dieser Arten durch wuchskräftigere Konkurrenten leicht und mehr oder weniger rasch verdrängt werden, was einen der Hauptgründe für die derzeitige, starke Gefährdung darstellt.

Viele Arten der Trockenrasen im engeren Sinne (*Festucion*- und *Xerobromion*-Gesellschaften) sind ausgesprochen stenök, gegen anthropogene Störungen sehr empfindlich und können sich kaum auf Sekundärstandorten ansiedeln (KORNECK & SUKOPP

1988: 169), weshalb sie an Primärstandorten teilweise Reliktcharakter haben. Die Gründe dafür sind in vielen Fällen noch kaum geklärt. Erst für einige Arten konnten eine geringe Keimfähigkeit, schlechter Fruchtansatz und nur über kurze Entfernungen erfolgende Samenausbreitung, etwa durch Ameisen, als mögliche Ursachen nachgewiesen werden (KRAUSE 1940 für *Adonis vernalis*, *Carex humilis*, *Oxytropis pilosa*; WITSCHHEL & SEYBOLD 1986 für *Daphne cneorum*).

Nicht nur die hohe Zahl gefährdeter Pflanzenarten ist erschreckend, sondern auch der **drastische Flächenrückgang**, der die Aussterbeprozesse teilweise mitverursacht oder zumindest stark beschleunigt. So ist in der Schwäbischen Alb der Magerwiesen-Anteil an der Gesamtfläche des Grünlands im Zeitraum von 1850 bis 1950 von etwa zwei Drittel auf ein Zehntel zurückgegangen (GRADMANN 1950). Seit 1950 bis heute wurde im Zuge des Strukturwandels durch den wirtschaftlichen Aufschwung und den einsetzenden Bauboom der Rückgang noch beschleunigt. Die verbleibenden Restflächen sind an Arten stark verarmt und oft in einem sehr schlechten Zustand (RINGLER 1986), so daß eine Regeneration teilweise unmöglich erscheint und mit weiterem Flächenverlust gerechnet werden muß. In einigen Gegenden sind Totalverluste zu verzeichnen, so in den präalpinen bayerischen Jungmoränen- und Schottergebieten, wo der Flächenrückgang 95-100% (RINGLER 1987) beträgt. Durch Vergleiche anhand von Fotos lassen sich die Veränderungen besonders anschaulich dokumentieren, wie etwa ZIELONKOWSKI et al. (1986) zeigen konnten.

Für einzelne, abgegrenzte Gebiete ist dieser Flächenschwund genau dokumentiert und gut nachvollziehbar. Beispiele geben KIENZLE (1983) für den nördlichen Schweizer Jura, ZOLLER et al. (1986 b) für zwei Kartenblätter im Schweizer Jura südlich Basel, LINK & LINK (1989) für den Enzkreis am Nordostrand des Schwarzwaldes, RINGLER (1982) für die Hardtwiesen bei Weilheim sowie MÜLLER (1990 a) für die Lechheiden südlich Augsburg. Nach MATTERN et al. (1980) und SCHÖNNAMSGRUBER (1983) gab es z.B. im Bereich des Regierungsbezirks Stuttgart um 1900 noch ca. 7.420 ha Wachholderheiden, 1980 dagegen nur noch ca. 3.840 ha. Das entspricht insgesamt einem Rückgang um 48 %, wobei jedoch allein 32 % der Fläche erst im Zeitraum nach 1960 zerstört wurden.

Der zunehmende Flächenverlust verschärft die sogenannten "Barriere- und Randzoneneffekte" (MADER 1990) der noch vorhandenen Restbestände. Diese erschweren den genetischen Austausch zwischen den Rest-Populationen, die immer kleiner werden und durch ein für sie immer lebensfeindlicheres Umfeld getrennt werden. Eine solche "Verinselung" bedingt eine starke Abnahme des Heterozygotiegrades und damit einen Verlust an genetischer Diversität der "Inselpopulationen" (LACY 1987, RADLER 1987). Die damit einhergehende, verringerte Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Umweltbedingungen kann schließlich zum loka-

len Aussterben ganzer Tier- und Pflanzenpopulationen führen (PLACHTER 1991). Davon können nicht nur Pflanzen, sondern sogar sehr mobile Organismengruppen wie Schmetterlinge betroffen sein (SETTELE & ROWECK 1989). Durch die zunehmende Fragmentierung des Lebensraums werden außerdem die Lebensbedingungen auf den noch intakten Restflächen selbst deutlich verschlechtert, da sich dadurch negative Umwelteinflüsse verschiedenster Art verstärkt auswirken können (JANZEN 1983, HOVESTADT et al. 1992).

Als **Hauptursachen** für den starken Flächenrückgang und den Artenverlust sind einerseits direkt eingreifende Maßnahmen und andererseits ungerichtete, "schleichende" Veränderungen (KIENZLE 1983) zu nennen. Zu den erstgenannten zählen in erster Linie die **Umwandlung und Zerstörung von Magerrasen** durch Aufforstung, die insbesondere in den wenig rentablen Steillagen und in schwer zugänglichen Gebieten durchgeführt wurde und wird (WEISEL 1971, MEISEL 1984). Die dazu am häufigsten verwendeten Baumarten sind Waldkiefer (z.B. KREH 1950, WEISEL 1971), Fichte (z.B. GRADMANN 1950) und Hängebirke (WEISEL 1971).

Mit dem verstärkten Aufkommen des Mineraldüngers wurde es Anfang des 20. Jahrhunderts möglich, den Ertrag des bisher mageren Grünlandes deutlich zu steigern. So wurden in den 20er und 30er Jahren viele Magerrasen in ebener bis schwach geneigter Lage entweder umgebrochen und in Äcker umgewandelt (MEISEL 1984) oder allmählich durch regelmäßige Düngung in zweischürige *Arrhenathereten* (Glatthaferwiesen) überführt, wovon v.a. *Mesobromion*-Gesellschaften mit ihrem relativ ausgeglichenen Wasserhaushalt betroffen waren.

Nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges beschleunigte sich die Flächenzerstörung vor allem durch die Baumaßnahmen in der Zeit des Wiederaufbaus rapide. Dabei wurden zahlreiche Magerrasen durch den Abbau von Sand, Kies und Stein sowie durch Überbauung im Zuge der Erweiterung von Siedlungsräumen und beim Ausbau des Straßen- und Schienenverkehrsnetzes zerstört.

Neben diesen aktiv eingreifenden sind es vor allem in jüngerer Zeit die schleichenden, weniger deutlich sichtbaren Einwirkungen, die langsam, aber stetig den Rückgang vieler Arten nach sich ziehen. Sie beruhen vorwiegend auf der **Änderung oder Aufgabe der ehemaligen Nutzungsform** - in der Fränkischen Alb überwiegend Schafweide und nur selten Mahd - als dem maßgeblichen Standortfaktor für das Zustandekommen der Artenkombinationen der meisten Magerrasen (i.S.v. *Mesobromion*-Gesellschaften; OBERDORFER 1978, ELLENBERG 1986, WILMANN 1989).

Die Ursachen für den Rückgang der Schafweide auf den Magerrasen liegen in den vielfältigen wirtschaftlichen und sozialen Veränderungen, deren Ursprung letztlich bis zur Französischen Revolution zurückreicht. Die Schafweide, einstmals sicherste Einnahmequelle der Landwirte (LINK & LINK

1989), verlor zunehmend an Bedeutung, und die als überkommen angesehene Dreifelderwirtschaft wurde allmählich von moderneren Fruchtwechsellsystemen abgelöst. Dadurch daß die Getreidefelder nun nach der Ernte sofort umgebrochen wurden, entfiel auch die Schwarzbrache, die zuvor die für die Schäferie wichtige Herbstweide ermöglichte.

Während die Nachfrage nach Kuhmilch und Schweinefleisch stark anstieg, gingen die Absatzmöglichkeiten von Schafprodukten in gleichem Maße zurück (HORNBERGER 1957). Hinzu kam die billige und hochwertige, aus Australien eingeführte Wolle (WEISEL 1971) sowie das Aufkommen der Baumwolle, wodurch die Wollpreise im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts um fast 40 % sanken (LOHRMANN 1956). All diese Faktoren führten schließlich dazu, daß nach der "Zeit des goldenen Vlieses" mit dem höchsten Schafbestand in der Mitte des 19. Jahrhunderts dieser rapide zurückging. In der Folgezeit stieg er zwar stellenweise sogar wieder an (LINK & LINK 1989), erreichte jedoch bei weitem nicht mehr die Bedeutung wie früher. Mit dem Rückgang der Schafhaltung wurde aber auch die Grundlage für den Erhalt der Magerweiden entzogen, die in der Folge brachfielen, allmählich zu verbuschen begannen und sich in ihrer Struktur und Artenzusammensetzung stark veränderten.

Neben direkter Flächenzerstörung und der Änderung der ehemaligen Nutzungsweise stellt heute der **Eintrag fernverbreiteter Schadstoffe mit Düngewirkung** einen weiteren, immer bedeutender werdenden Faktor dar, der den Lebensraum Kalk-Magerrasen bedroht. Darauf soll im folgenden näher eingegangen werden.

## 1.2 Einfluß von Stickstoff-Immissionen auf die Vegetation

TRAUTMANN et al. (1970) konnten als eine der ersten nachweisen, daß Luftverunreinigungen Veränderungen in der Artenzusammensetzung von Pflanzengesellschaften bewirken können. In den untersuchten artenarmen Kiefernforsten der Oberreinebene war eine Abnahme von Magerkeitszeigern und eine Zunahme nitrophiler Arten in der Nähe industrieller Emittenten zu beobachten. In der Folgezeit war es vor allem ELLENBERG jun., der wiederholt darauf hinwies, daß für einen nachhaltigen Naturschutz die Bedeutung von Immissionen mit Düngewirkung, also v.a. von  $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_x$ , verstärkt berücksichtigt werden müsse (z.B. ELLENBERG 1989 a). Nach seinen Analysen weisen magere, also nährstoff- und insbesondere stickstoffarme Standorte, die höchste Zahl an Pflanzenarten der "Roten Liste" auf (ELLENBERG jun. 1985 und 1987). Durch die Düngewirkung der Stickstoff-Immissionen sind langfristig Standortveränderungen zu erwarten, die das Überleben dieser Arten gefährden und die Zahl der vom Aussterben bedrohten

Pflanzenarten drastisch erhöhen würde (ELLENBERG jun. 1989 b).

Über die **Höhe der Stickstoffdeposition** (diese ist für die Vegetation entscheidend, da sie die tatsächliche Belastung des Bodens bzw. des Bestands wiedergibt, im Gegensatz zur Immission, die sich nur auf den Schadstoffgehalt der Luft bezieht und meist aus Staubinhaltsmessungen gewonnen wird; siehe dazu unten) gibt es unterschiedliche Angaben. Während z.B. ELLENBERG jun. (1985) von etwa 20-40 kg N/ha jährlich für die Bundesrepublik ausgeht, gibt das Umweltbundesamt Belastungswerte für Zentraleuropa von 3-5 mg/m<sup>2</sup> täglich für Stickoxide an, was etwa 11-18 kg/ha jährlich entspricht (UMWELTBUNDESAMT 1992). Hinzu kommt noch der Eintrag an reduzierten Stickstoffverbindungen, über den dort keine Angaben vorliegen. In den Niederlanden rechnet man aufgrund der intensiven Viehhaltung mit 100 kg NH<sub>x</sub> pro Hektar und Jahr (STEUBING & BUCHWALD 1989). Damit erreichen diese Depositionen eine Größenordnung, die noch vor einigen Jahren einer Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen entsprach. Nach TOUSSAINT (1989, darin Daten des Statistischen Bundesamtes) wurden 1950/51 durchschnittlich 25 kg Mineralstickstoff/ha und 35 kg N aus Fest- und Flüssigmist/ha auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgebracht, während es 1985/86 bereits 130kg bzw. 70kg waren.

Das Ausmaß der tatsächlichen Deposition ist nicht nur vom Wettergeschehen, insbesondere von Ausmaß und Verteilung der Niederschläge abhängig, sondern auch von der lokalen Verteilung der Emitenten und damit der regionalen Lage. So läßt sich eine kontinuierliche Abnahme der Nitratdeposition vom Norden der Bundesrepublik (1987: 4-7 mg/m<sup>2</sup> täglich) bis hin zum süddeutschen Raum (1987: 2-4 mg/m<sup>2</sup> täglich) feststellen (UMWELTBUNDESAMT 1989). Besonders stark variiert der Anteil des NH<sub>x</sub>, das weit weniger fernverbreitet wird als die Stickoxide und stellenweise bis zu 80% der Gesamtstickstoff-Deposition ausmachen kann (BARTELS & GEHRMANN 1990). Maximale N-Einträge wurden 1984 mit 68 kg/ha jährlich am Niederrhein nahe der holländischen Grenze festgestellt (ELLENBERG jun. 1985). Für das Untersuchungsgebiet, den Fränkischen Jura, ist eher mit einer Belastung zu rechnen, die unter den oben angegebenen Durchschnittswerten liegt. Einen Hinweis darauf geben auch die aus dem Staubgehalt der Luft gewonnenen NO<sub>2</sub>-Immissionswerte (UMWELTBUNDESAMT 1992), nach denen dieses Gebiet innerhalb der Bundesrepublik im Bereich der geringen (im Norden und Osten des Jura) bis mittleren Belastung (im Südzug) liegt.

Die **Quellen der Stickstoff-Emissionen** sind bei NO<sub>x</sub> und NH<sub>x</sub> unterschiedlich. Stickoxide entstehen bei Verbrennungsvorgängen durch Oxidation des in der Luft und im Brennstoff enthaltenen Stickstoffs. An den NO<sub>x</sub>-Emissionen tragen der Straßenverkehr mit etwa 59 % und die Kraft- und Fernheizwerke mit 18 % (Werte für 1989 aus UMWELTBUNDESAMT

1992) die größten Anteile. Der überwiegende Teil (85 %) des NH<sub>x</sub> entsteht dagegen durch Emission gasförmigen Ammoniaks aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung, wobei etwa 30 % auf die Tierhaltung in Stallungen und die Mistlagerung und etwa 70 % auf die Ausbringung von Mist und Gülle auf landwirtschaftliche Nutzflächen sowie auf die Weidehaltung zurückgehen (BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSIKERHEIT 1992). Wie Untersuchungen an der Universität Bayreuth zeigen (BORGEST 1987), können die Gülleverluste durch Verwehung und Verdunstung beim Ausbringen auf den Acker an heißen Tagen bis zu 90 % betragen, wodurch v.a. direkt benachbarte Flächen stark beeinträchtigt werden. Ein weiterer Teil des NH<sub>x</sub> entweicht bei der Düngemittelherstellung. Insgesamt macht der Anteil des NH<sub>x</sub> etwa 45 % der in der Bundesrepublik erzeugten Stickstoff-Emissionen aus (UMWELTBUNDESAMT 1993), so daß neben den Verbrennungsprozessen auch die Landwirtschaft einen erheblichen Anteil an der Stickstoffbelastung der Luft hat.

Die **Erfassung der Stickstoffdeposition** ist technisch aufwendig und schwierig.

Bei der Ermittlung luftgetragener Schadstoffe muß zwischen einem sedimentierenden und einem nicht sedimentierenden Anteil unterschieden werden (GRÜNHAGE et al. 1990 a). Der erstgenannte besteht aus der sogenannten Bulkdeposition, die sich aus nasser Deposition (Deposition mit den Niederschlägen) und trocken sedimentierenden Stäuben zusammensetzt. Sie macht bei den Stickstoffeinträgen vermutlich den größten Anteil aus (HERTZ & BUCHER 1990) und ist relativ leicht mit Sammlern zu messen. Der nicht sedimentierende Anteil, die meßtechnisch sehr schwierig zu erfassende (WINKLER 1985) trockene Deposition, umfaßt Schwebstäube, Gase und Aerosole, die entweder direkt deponiert oder über die Bulkdeposition auf den Boden gelangen können. Weiterhin kann niedergegangener Staub auch wieder durch Wind aufgewirbelt und erneut deponiert werden (Resuspension) und damit die Höhe der Bulkdeposition beeinflussen. Den genauen Anteil der einzelnen Fraktionen an der Deposition zu bestimmen, ist kaum oder nur mit sehr hohem Aufwand möglich. Zudem können speziell beim Stickstoff die Depositionswerte durch aus Böden und von der Vegetation emittierte Gase (NO, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>) überlagert werden (GRÜNHAGE et al. 1990 a), was die genaue Erfassung erschwert. Schließlich ist zu berücksichtigen, daß die Deposition im Bestand durch die v.a. bei Wäldern beträchtliche Auskämmwirkung bis zu 3 mal so hoch wie bei Freilandmessungen sein kann, auf denen jedoch die meisten Angaben beruhen (BARTELS & GEHRMANN 1990).

Detaillierte Messungen über das quantitative Ausmaß des Stickstoffeintrags liegen bisher nur wenige und bei weitem nicht flächendeckend vor. Einige Beispiele seien im folgenden angeführt:

Nach SCHMÖLLING & JÖRSS (1983) werden im Nordwesten Mitteleuropas - Deutschland in den alten Grenzen, Niederlande und Belgien -, dem Gebiet mit der höchsten Industriedichte und dem höchsten Straßenverkehrsaufkommen in Europa, mehr als 8 t NO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup> und Jahr (NO<sub>x</sub> als NO<sub>2</sub> berechnet) freigesetzt, das entspricht mindestens 24,4 kg N/ha jährlich.

BLUME et al. (1985) wiesen einen Eintrag mit den Freilandniederschlägen von 4 - 6 kg NO<sub>3</sub>-N und 7 - 14 kg NH<sub>4</sub>-N pro Hektar und Jahr für Schleswig-Holstein nach.

ASMAN & DIEDEREN (1987) errechneten eine  $\text{NH}_x$ -Depositionsrate von ca. 11 kg N/ha und Jahr für die BRD (in ihren alten Grenzen), für den Nordwesten mit besonders hoher Viehhaltungsdichte sogar von ca. 22 kg N/ha jährlich. CORNELIUS et al. (1991) stellten anhand der Niederschlagsdeposition in Hochmooren Norddeutschlands Jahreswerte von durchschnittlich 22 kg anorganischen Stickstoffs pro Hektar fest. Wie Hochmoortorfanalysen zeigen, betrug der jährliche Eintrag zu Beginn des Jahrhunderts dagegen nur etwa 6 kg N/ha (BUCHWALD 1984).

Nach HERTSTEIN et al. (1991) betrug die Bulkdeposition ( $\text{NO}_3\text{-N}$  und  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) in einem Dauergrünland (*Lolium-Cynosuretum typicum*) in Südniedersachsen ca. 16 kg/ha jährlich (Meßperiode: 1987/88). Gasförmige Einträge wurden dabei nicht erfaßt.

Nach dem "**critical-loads**"-Konzept (NILSSON & GRENNFELT 1988) wurde für Heiden ein Eintrag von 5-20 kg N/ha jährlich als "die höchste, gerade noch zulässige Belastungsgrenze" angegeben, oberhalb derer "langfristig nachteilige Veränderungen in Struktur und Funktion zu erwarten sind" (HERTZ & BUCHER 1990: 373). Diese Werte lassen sich wohl in etwa auch auf Kalk-Magerrasen übertragen, da es sich auch bei den Heiden um ungedüngtes, mageres Grasland handelt, wenn auch auf anderen Bodentypen vorkommend und in der floristischen Zusammensetzung verschieden. Die oben angeführten Beispiele für konkrete Belastungsmessungen zeigen jedoch deutlich, daß diese Grenze in den meisten Fällen bereits erreicht oder sogar überschritten wird, so daß mit negativen Folgen für die Pflanzen- und Tierwelt dieses Lebensraumes zu rechnen ist. Auch die Bundesregierung betont in ihrem neuesten Immissionsschutzbericht, daß "bei der ... Stickstoffdeposition der Freilandniederschlag nahe am bzw. im kritischen Bereich für arme Böden" liegt (BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 1992: 47).

Die **Zukunftsansichten** für eine Abnahme der stickstoffhaltigen Emissionen sind allgemein eher schlecht, die Statistiken deuten auf leicht ansteigende, allenfalls gleichbleibende Tendenzen auch im ländlichen Raum hin (UMWELTBUNDESAMT 1992). Hauptproblem ist die ständige Zunahme des Kfz-Verkehrs. Die Einführung des Katalysators für PKW reduzierte zwar den Schadstoffausstoß der damit ausgerüsteten Neuwagen drastisch, jedoch ergab sich dadurch bisher insgesamt gesehen keine verminderte Luftbelastung, da die erreichte Reduzierung durch einen starken zahlenmäßigen Anstieg der zugelassenen PKWs, durch schnelleres Fahren und eine höhere jährliche Kilometerleistung wieder kompensiert wurde (BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 1992). Nach einer Prognose des Umweltbundesamtes (ANONYMUS 1991) werden

zwar PKWs bis 1998 nur noch halb so viel Stickoxide ausstoßen wie 1985, der Anteil der Nutzfahrzeuge am Ausstoß wird dann jedoch anderthalbmal so hoch sein. Damit werden Nutzfahrzeuge in wenigen Jahren die größte Stickoxidquelle in der Bundesrepublik darstellen (BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 1992), geeignete Filteranlagen dafür befinden sich jedoch derzeit noch im Versuchsstadium. Vorschläge zur Verringerung des Ammoniakausstoßes bei der Viehhaltung gibt es zwar, doch werden sie bisher nur ansatzweise durchgeführt, da das Problem erst vor wenigen Jahren in vollem Umfang erkannt worden ist.

Nur bei der Umrüstung der Kraftwerke sowie teilweise auch der Industrieanlagen gibt es positive Tendenzen zu verzeichnen, so wie jüngst in Nordrhein-Westfalen. Dort nahm 1992 die Luftbelastung an  $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}$  im Jahresmittel um jeweils 5% gegenüber 1991 ab (LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ 1993). Im Vergleich zu 1982 lag der Jahresmittelwert der Immissionsmessungen für  $\text{NO}$  um 21% (30 gegenüber  $38 \text{ g/m}^3$ ) und für  $\text{NO}_2$  um 26% (39 gegenüber  $53 \text{ g/m}^3$ ) niedriger. Auch die Schwebstaubbelastung ging in diesem Zeitraum um 57% (48 gegenüber  $84 \text{ g/m}^3$ ) zurück. Doch selbst wenn in der Bundesrepublik eine deutliche Verbesserung der Stickstoff-Depositionssituation erreicht würde, blieben immer noch die Auswirkungen der aus dem europäischen Ausland verfrachteten Schadstoffe. Nach Berechnungen für 1989 stammen 56,8 % der oxidierten und 38,7 % der reduzierten Stickstoffverbindungen, die auf das alte Bundesgebiet niedergingen, aus dem europäischen Ausland (BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 1993).

Für den Naturschutz wie für die Grundlagenforschung ist es daher von großem Interesse, die **Auswirkung der Immissionen bzw. Depositionen auf die Vegetation** qualitativ erfassen und quantitativ abschätzen zu können. Im Zuge der Waldschadensforschung wurden dazu zahlreiche Begasungsexperimente an Bäumen durchgeführt sowie auch einige wenige, die sich mit der Wirkung von Immissionen auf die Krautflora befassen (BOTH et al. 1987, FANGMEIER et al. 1987, FISCHER et al. 1987, GRÜNHAGE et al. 1990 b). Durch Verwendung von "open-tops" (kleiner, mobiler Meßkammern, die eine gezielte Begasung im intakten Bestand ermöglichen) können physiologische Reaktionen der Pflanzen auf unterschiedliche Gasmischungen und durch die Begasung verursachte Mengenveränderungen der am Bestand beteiligten Arten direkt untersucht werden. Die Ergebnisse zeigen, daß die Immissionen bei sensitiven Arten die Bildung von Blättern mit reduzierter Oberfläche verursachen. Auch die Nährstoffaufnahme kann durch die Luftqualität beeinflußt werden (GRÜNHAGE et al. 1990 b). Einige Arten verhalten sich dagegen nicht sensitiv, darunter vor allem Gräser (*Melica uniflora*, *Milium effusum*), die sich auf Kosten der sensitiven,

geschädigten Arten ausbreiten können (FISCHER et al. 1987).

Solche Untersuchungen ermöglichen jedoch, methodisch bedingt, stets nur Aussagen über kleine Ausschnitte eines Bestands und über kurze Zeiträume. Um den Einfluß der Immissionen bzw. Depositionen auf größere Bestände sowie deren langfristige Auswirkungen zu untersuchen, steht als einzige Methode derzeit der Vegetationsvergleich auf Dauerbeobachtungsflächen zur Verfügung.

Für Waldgesellschaften gibt es bereits solche Untersuchungen, die sowohl die Auswirkungen stickstoffhaltiger als auch säurehaltiger Immissionen relativ gut belegen. Beispielsweise konnte für verschiedene Waldtypen eine Zunahme von Nährstoffzeigern, gekoppelt mit einer Abnahme von Stickstoffmangelzeigern (WILMANNNS et al. 1986, KUHN et al. 1987, BÜRGER 1991, FISCHER 1993) bzw. von Säurezeigern (WITTIG et al. 1985 a und b) nachgewiesen werden. Auch die Abnahme des C/N-Verhältnisses in der Humusaufgabe von Waldböden ist belegt (v. ZEZZSCHWITZ 1987).

Es ist anzunehmen, daß Immissionen bzw. Depositionen mit Düngewirkung auch in Pflanzengesellschaften des Grünlands Änderungen in der Artenzusammensetzung verursachen (RUTHSATZ 1989). Besonders sensibel sollten dafür solche Gesellschaften sein, die sich durch eine Magerkeit des Standorts auszeichnen, vor allem also Magerrasen über kalkhaltigen und sauren Substraten (BARTELS & GEHRMANN 1990). Schwierigkeiten bereitet dabei vor allem die Erfassung der "schleichenden" Wirkung der Eutrophierung (ZOLLER et al. 1986 b, DIERSSEN 1989), die sich in einer fein abgestuften Veränderung der Artenkombination bemerkbar macht.

Bisher gibt es zu diesem Themenbereich allerdings nur sehr wenige Arbeiten. Am detailliertesten wurde nach Kenntnis des Autors eine Heidegesellschaft Nordwestdeutschlands auf sauren Substraten (*Genisto anglicae-Callunetum cladonietosum*) untersucht (ENGEL 1988, STEUBING & BUCHWALD 1989). Die für die Altersphase brachliegender Heiden typische Verdrängung von *Calluna vulgaris* durch *Deschampsia flexuosa* wird dort durch die vielfältigen Auswirkungen stickstoffhaltiger Depositionen beschleunigt, die die Konkurrenzsituation der Besenheide mit zunehmender Eutrophierung zugunsten von *Deschampsia* verschieben.

Schlechter erforscht sind die Auswirkungen von Immissionen auf Rasengesellschaften über kalkhaltigem Untergrund. Zu diesem Thema gibt es bislang im wesentlichen eine wichtige Untersuchung (WILMANNNS 1988), die sich auf Trockenrasen (*Xerobrometum artemisietosum*) im Kaiserstuhl bezieht. Die Ergebnisse zeigen, daß die Bestände erstaunlich stabil gegenüber derartigen Einflüssen sind, was vermutlich an der extremen Trockenheit des Standorts liegt, die die Umsetzung des eingetragenen Stickstoffs hemmt.

Stärker gefährdet sollten daher vermutlich Magerrasenstandorte mit ausgeglichenerer Wasserversor-

gung wie z.B. *Mesobrometen* oder *Gentiano-Koelerieten* sein, die deshalb als Gegenstand der vorliegenden Arbeit gewählt wurden.

### 1.3 Fragestellung der Arbeit

Folgende Fragestellungen sollen im Rahmen der oben dargestellten Problematik am Beispiel der Kalk-Magerrasen des Fränkischen Jura untersucht werden:

Welchen Veränderungen bezüglich der Artenzusammensetzung unterliegen Kalk-Magerrasen über längere Zeiträume (mehrere Jahrzehnte) hinweg?

Lassen sich für die Veränderungen ursächliche Zusammenhänge nachweisen oder glaubhaft machen?

Welchen Einfluß hatte insbesondere die Düngewirkung stickstoffhaltiger Immissionen in der untersuchten Zeitspanne?

Läßt sich eine Abhängigkeit der Veränderungen vom Standort erkennen?

Welche Schutz-, Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen ableiten?

Schließlich soll durch die erarbeitete und ausführlich erläuterte Methodik auch ein Beitrag zur Klärung der Aussagekraft von Untersuchungen auf "Quasi-Dauerflächen" (siehe Kap. 2.2.1) für derartige Fragestellungen geleistet werden.

## 2. Grundlagen und Methoden

Die für die genannte Fragestellung angewandte Methode beruht darauf, daß alte Vegetationsaufnahmen (im folgenden Erstaufnahmen genannt) mit neuen, an möglichst den gleichen Stellen und mit der gleichen Methode durchgeführten Aufnahmen (Wiederholungsaufnahmen genannt) verglichen werden.

### 2.1 Auswahl der Untersuchungsstellen

Als Untersuchungsgebiet wurde der Fränkische Jura gewählt, der sich aus mehreren Gründen dafür anbot. Er stellt einerseits das größte zusammenhängende Gebiet Bayerns dar, in dem Kalk-Magerrasen heute noch vorkommen (KAULE et al. 1979). Andererseits bietet er aufgrund der Lage und der relativ einheitlichen geologischen Verhältnisse die Möglichkeit, nicht nur zu punktuellen Aussagen zu kommen, sondern die Ergebnisse auf einen größeren Raum beziehen zu können. Bei der Auswahl der einzelnen Untersuchungsstellen, die in Absprache mit der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) in Laufen erfolgte, standen folgende Aspekte im Vordergrund:

es sollten nur (gegenwärtig oder ehemals) **genutzte Magerrasen** in Betracht kommen, also die kleinflächige Felskopf-, Felssims- und Felsbandvegetation ausgespart bleiben; der Fränkische Jura sollte durch die Auswahl der Untersuchungsstellen in seiner Gesamter-

streckung einigermaßen repräsentativ erfaßt werden;

als Erstaufnahmen sollten nur Vegetationsaufnahmen ausgewählt werden, deren Erhebung mindestens 20 Jahre zurücklag, da der Schwerpunkt der Fragestellungen auf **Langzeit-Veränderungen** abzielt.

Dazu erfolgte zunächst im Rahmen einer Durchführungsstudie (HAGEN 1989) eine Sichtung und Vorauswahl der bisher veröffentlichten bzw. zugänglichen Vegetationsaufnahmen von Magerrasen aus dem Gebiet des Fränkischen Jura, die als Grundlage für Wiederholungsaufnahmen dienen könnten. Dabei waren insbesondere die Bibliographie von SEIBERT (1981) sowie Kontakte zu anderen Universitäten, vor allem zu Herrn Prof. Dr. P. SCHÖNFELDER, Regensburg, sehr hilfreich. Vom Ende der 70er bzw. vom Beginn der 80er Jahre ab gibt es zahlreiche Arbeiten, die sich mit Magerrasen beschäftigen. Meist handelt es sich dabei um Diplomarbeiten oder Dissertationen, die sich nur auf ein relativ kleines Gebiet beschränken, beispielsweise die Arbeiten von MERKEL (1979), DEUTSCH (1980), SCHUSTER (1980), ZINTL (1980), HEROLD (1988) und SCHNEIDER (1990). Aus dem Zeitraum davor existieren jedoch nur sehr wenige Veröffentlichungen.

Da für die Beurteilung von Langzeit-Veränderungen der Vegetation ein gewisser Mindest-Zeitraum zwischen den Erst- und den durchzuführenden Wiederholungsaufnahmen nicht unterschritten werden konnte, um zu aussagefähigen Ergebnissen zu kommen, kam nur Aufnahmematerial in Frage, das möglichst nicht später als 1970 erhoben wurde.

Als einzige Grundlage für die Vergleichsuntersuchungen, die obige Kriterien erfüllten, blieben die heute bereits klassischen Arbeiten von GAUCKLER (1938) und ZIELONKOWSKI (1973).

Auch das Material von THORN (1958) wurde zunächst in Betracht gezogen, kam jedoch bei genauerer Überprüfung nicht in Frage, da alle seine Aufnahmen, auch diejenigen der "*Carex humilis-Anemone pulsatilla*-Assoziation", auf Felsköpfen und -nasen mit meist sehr kleinen Aufnahmeflächen gemacht wurden. Diese sind mit den zur Verfügung stehenden Angaben kaum hinreichend genau lokalisierbar und könnten auch nicht in ein überregionales Pflegekonzept integriert werden, wie es für die vorliegende Untersuchung geplant war.

### 2.1.1 Aufnahmematerial von GAUCKLER (1938)

Das Aufnahmematerial von GAUCKLER konnte seiner Veröffentlichung aus dem Jahr 1938 entnommen werden. In dem noch heute vorbildlichen Standardwerk über "Steppenheide und Steppenheidewald der Fränkischen Alb" beschreibt er sowohl die nach damaliger Auffassung primären Dauergesellschaften des Gebiets als auch die aus ihnen durch anthropogene Nutzung hervorgegangenen Ersatzgesellschaften. Zu ersteren zählen die "Steppenheide"

mit einer "*Festuca glauca-Dianthus Gratianopolitanus*-Assoziation" (dem heutigen *Diantho-Festucetum pallentis* GAUCKLER 38) und die "*Carex humilis-Anemone Pulsatilla*-Assoziation", das dem von OBERDORFER und KORNECK (in OBERDORFER 1978) neu gefaßten *Pulsatillo-Caricetum humilis* GAUCKLER 38 entspricht. Beide treten auch in einer *Sesleria*-reichen Subassoziation auf. Weiterhin rechnet er den "Steppenheide-Eichenwald" und den "Steppenheide-Föhrenwald" dazu, die beide in Kontakt mit der "Steppenheide" stehen, für vorliegende Untersuchung aber nicht in Betracht kommen.

Von den primären Trockenrasen unterscheidet GAUCKLER die sekundären, deren Arten "nun auch an Orten" vorkommen, "die offensichtlich erst sekundär ihres Waldkleides beraubt worden sind. Es sind dies jene Flächen der Fränkischen Alb, die als ungedüngte Magerwiesen einer einmaligen Mahd im Jahr unterliegen oder als Schafweiden einer sehr extensiven Nutzung unterliegen oder bald zur einen, bald zur anderen Verwendung herangezogen werden. Im Gegensatz zur urwüchsigen Steppenheide sind es Sekundärbestände, die ihre Beschaffenheit dem Eingriff des Menschen und seiner Haustiere verdanken" (GAUCKLER 1938: 10).

Aufgrund der festgelegten Auswahlkriterien für die zu verwendenden Erstaufnahmen (siehe oben) wurden aus der Veröffentlichung GAUCKLERs nur die "sekundären", also durch Nutzung entstandenen Trockenrasen ausgewählt, obwohl nach heutiger Auffassung der "primäre" Charakter zumindest einiger seiner *Pulsatillo-Cariceten* bezweifelt werden muß.

Diese "sekundären Trockenrasen" teilt GAUCKLER in drei Assoziationen ein (siehe folgende Tabelle) - abgesehen von den nur kurz abgehandelten *Nardeten*, von denen keine Vegetationsaufnahmen vorliegen. Von den insgesamt 48 publizierten Aufnahmen wurden 36 Erstaufnahmen für die Wiederholungsaufnahmen ausgewählt (Überblick über die Einheiten siehe nächste Seite).

Die nicht in die Wiederholungserhebung einbezogenen Erstaufnahmen waren entweder nicht wieder auffindbar oder aber mit so diffuser Lagebeschreibung versehen, daß ihre Lage nicht hinreichend sicher bestimmt werden konnte.

Zu diesen Erstaufnahmen wurden 112 Wiederholungsaufnahmen angefertigt, wovon nach Durchsicht und Prüfung 106 für den direkten Vergleich Erstaufnahme/Wiederholungsaufnahme herangezogen werden konnten. Die 6 anderen Wiederholungsaufnahmen ergaben beim Vergleich derart starke Artenverschiebungen, daß davon ausgegangen werden muß, daß diese Flächen - im Gegensatz zu den übrigen Erstaufnahmen - nicht hinreichend genau lokalisiert werden konnten. Diese Aufnahmen gingen daher nicht in die Auswertung ein.

Die Vegetationsaufnahmen von GAUCKLER wurden im Zeitraum von 1931 bis 1936 durchgeführt, die Wiederholungsaufnahmen in den Jahren 1989 bis 1991 - dabei stammen nur 3 Aufnahmen von

Assoziation	Tab. Nr. in GAUCKL. 38	Anzahl der Aufnahmen,	
		insgesamt	für Wiederholungs- erhebung ausgewählt
<i>Xerobrometum Francojurassicum</i>	7	20	15
<i>Festucetum sulcatae et duriusculae</i> <i>Francojurassicum</i>	8	20	17
<i>Brachypodietum pinnati (Mesobrometum)</i> <i>Francojurassicum</i>	9	8	4

1989 -, wodurch sich insgesamt eine durchschnittliche Zeitspanne zwischen den Aufnahmezeitpunkten von 57 Jahren (genau: zwischen 53 und 61 Jahren) ergibt.

Im folgenden wird als Bezeichnung der Erstaufnahmen immer die Tabellenummer der Aufnahme in GAUCKLER (1938) angegeben. Aufnahme 7/04 bezieht sich also auf die 4. Vegetationsaufnahme in Tabelle Nr. 7 in GAUCKLERs Veröffentlichung, dem "*Xerobrometum Francojurassicum*"

Bei der Flächenfestlegung im Gelände waren bei einigen der GAUCKLERschen Erstaufnahmen Fotos hilfreich, die in seiner Veröffentlichung abgedruckt sind und von denen anzunehmen ist, daß sie zumindest in nächster Nähe der Aufnahmeflächen aufgenommen wurden. Sonst mußte man sich auf die Lageangaben in GAUCKLER (1938) beziehen. Feldaufnahmen zur weiteren Absicherung lagen nicht vor, so daß auch Übertragungsfehler bei den Tabellen nicht überprüft werden konnten. Zwar gibt es einen sehr umfangreichen Nachlaß von GAUCKLER, der neben zahlreichen Fotos vermutlich auch Feldaufnahmen und -notizen umfaßt. Beides wäre bei der Flächenauswahl und der Datenauswertung sicher eine große Hilfe gewesen. Leider wurde dem Autor aber auch nach mehrmaliger Anfrage bei den Nachlaßverwaltern keine Einsicht darin gewährt.

#### Aufnahmemethodik

GAUCKLER hat seine Vegetationsaufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1928) durchgeführt. Die Schätzskala, die damals verwendet wurde, weicht von der heutigen Festlegung der Artmächtigkeits-Stufen etwas ab (siehe dazu Kap. 2.2.2), weshalb Aussagen zu Deckungsgradveränderungen mit Vorsicht betrachtet werden müssen.

#### Erfassung der Arten:

##### Phanerogamen

Der Schwerpunkt der Arbeit GAUCKLERs lag in der Erfassung arealkundlicher Typen bestimmter Sippen der Magerrasen, im Erstellen von Verbreitungskarten und im Aufdecken der Ursachen für die festgestellten Arealbilder. Er arbeitete floristisch sehr genau und unterschied nicht nur einige Unterarten, sondern vermerkte auch, wenn Übergangsfor-

men bei kritischen Sippen - wie *Festuca rupicola*/F. "*duriuscula*", *Potentilla arenaria* / *x subarenaria* oder *Pulsatilla vulgaris/grandis* - auftraten.

##### Kryptogamen

Moose und Flechten wurden von GAUCKLER durchgehend berücksichtigt. Inwieweit sie vollständig erfaßt wurden, darüber kann - wie bei den meisten, auch heute durchgeführten Vegetationsaufnahmen - nur spekuliert werden. Die Bestimmungsmethoden waren seinerzeit bei den Flechten noch nicht so ausgereift wie heute. Zumindest hat GAUCKLER die *Cladonien* wohl nicht gesammelt und mikroskopisch sowie mit den diagnostischen chemischen Merkmalen, wie sie heute zur Verfügung stehen, identifiziert, denn er gibt meist *Cladonia furcata/rangiformis* sowie *Cladonia cf. pyxidata* an. Die Moosarten wurden vermutlich ebenfalls nicht mikroskopisch nachbestimmt, denn dann wären auch *Tortula intermedia* und *ruralis* zu trennen (sie erscheinen in den Tabellen als *Tortula intermedia et ruralis*). Trotzdem kann wohl davon ausgegangen werden, daß GAUCKLER die Kryptogamen ebenso weitgehend erfaßt hat wie die Phanerogamen.

#### 2.1.2 Aufnahmematerial von ZIELONKOWSKI (1973)

Grundlage für die Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI bildet seine Veröffentlichung aus dem Jahr 1973. Ergänzend dazu stellte Herr Dr. W. Zielonkowski dem Autor freundlicherweise seine Original-Feldaufnahmen zur Verfügung (nur für die Aufnahme Nr. 18/11 lag keine Feldaufnahme vor). Darin finden sich wichtige Angaben, die in den veröffentlichten Tabellen fehlen, darunter Bemerkungen zur genaueren Lokalität der Aufnahmeflächen, die Deckungsanteile von Süßgräsern, Sauergräsern, Kräutern und Moosen sowie die Gesamtdeckung des Bestands (jedoch nicht bei allen Aufnahmen). Im Gelände erwiesen sich diese Feldaufnahmen als äußerst hilfreich für die genaue Lokalisation der Aufnahmeflächen. Außerdem konnten mit ihnen evt. Übertragungsfehler von den Originalnotizen bis zu den veröffentlichten Tabellen geklärt werden.

Assoziation	Tab. Nr. in ZIEL. 73	Anzahl der Aufnahmen:		
		insgesamt	davon im Jura	für Wiederholungs- erhebung ausgewählt
<i>Diantho-Festucetum pallentis</i>	17	10	10	3
<i>Teucro montani-Seslerietum</i>	18	16	16	6
<i>Xerobrometum</i>	19	2	2	1
<i>Carici humilis-Brometum</i>	20	26	26	18
<i>Festuco rupicolae-Brometum</i>	21	26	21	9
<i>Sieglingio-Brachypodietum</i>	22	32	25	6
Rasensaaen im Jura	23	17	17	1
Nicht veröffentlichte Aufnahmen		--		3

Zusätzlich wurden auch 3 nicht in ZIELONKOWSKI (1973) veröffentlichte Erstaufnahmen für die Wiederholungsuntersuchungen herangezogen, die als Feldaufnahmen vorlagen. Sie wurden in der Tabelle (Tab. 8, siehe Anhang) abweichend von der üblichen Numerierung (siehe unten) mit den Nummern 1001, 1014 und 1100 bezeichnet und entsprechen den Feldnummern 1, 14 und 100.

Um die Lage der ursprünglichen Aufnahmeflächen möglichst genau rekonstruieren zu können, stellte Herr Dr. W. Zielonkowski außerdem zwei Meßtischblätter der wichtigsten Gebiete (Laabertal, Nr. 6937, und Regensburg, Nr. 6938) zur Verfügung, auf denen seine Aufnahmeflächen punktgenau eingetragen waren. Dadurch konnte die Lage im Gelände bereits grob eingegrenzt werden. Weiterhin wurden kritische Stellen bei mehreren gemeinsamen Geländebegehungen besichtigt und die Lage anderer, nicht gemeinsam besichtigter Stellen durch Skizzen und Erläuterungen verdeutlicht. Dadurch war es dem Autor möglich, einen Großteil der ehemaligen Aufnahmeflächen relativ genau zu lokalisieren.

Insgesamt 47 dieser Erstaufnahmen wurden für die Wiederholungsaufnahmen ausgewählt. Sie entfallen auf die in obiger Tabelle aufgeführten Einheiten (die Namen und Angaben stammen aus ZIELONKOWSKI 1973).

Es wurden nicht alle der im Jura gelegenen Aufnahmeflächen ZIELONKOWSKIs wieder aufgesucht. Teilweise handelt es sich bei diesen nicht verglichenen Stellen um solche, die - wie bei GAUCKLER - nur sehr unsicher zu lokalisieren oder wegen geänderter Besitzverhältnisse nicht mehr zugänglich waren. Es waren aber auch Stellen darunter, die aus einem bereits durch mehrere Wiederholungsaufnahmen abgedeckten, größeren Untersuchungsgebiet stammten, was vor allem auf den "Alpinen Steig" bei Eilsbrunn/Schönhofen zutrifft. Von dort stammen allein 32 veröffentlichte Aufnahmen von ZIELONKOWSKI aus verschiedenen Assoziationen. Diese konnten aus Zeitgründen nicht alle für die Wiederholungsuntersuchung herangezogen werden und würden außerdem dieses Gebiet überrepräsentieren. Zu diesen Erstaufnahmen wurden in den Jahren 1990 und 1991 insgesamt 136 Wiederholungsaufnahmen angefertigt. Wie bei GAUCKLER waren auch hier einige darunter (insgesamt 15), die beim

Vergleich mit den Erstaufnahmen derart starke Unterschiede im Arteninventar ergaben, daß es sich um standörtliche Abweichungen relativ zu den anderen, zugehörigen Wiederholungsaufnahmen handeln mußte, was dem Prinzip der "Standorthomologen Quasi-Dauerflächen" (siehe Kap. 2.2.1.2) widerspricht. Daher blieben diese Aufnahmen unberücksichtigt, so daß insgesamt 121 Wiederholungsaufnahmen für den direkten Vergleich mit den Erstaufnahmen herangezogen werden konnten.

Die Vegetationsaufnahmen von ZIELONKOWSKI wurden im Zeitraum von 1968 bis 1970 durchgeführt, wodurch sich eine durchschnittliche Zeitspanne zwischen den Aufnahmezeitpunkten von 21,5 Jahren (genau: zwischen 20 und 23 Jahren) ergibt.

Im folgenden wird als Bezug bei den Erstaufnahmen immer die Tabellennummer der Aufnahme in ZIELONKOWSKI (1973) angegeben. Aufnahme 20/01 bezieht sich also auf die 1. Vegetationsaufnahme in Tabelle Nr. 20 seiner Veröffentlichung, dem *Carici humilis-Brometum*.

#### Aufnahmemethodik

Die Vegetationsaufnahmen wurden von ZIELONKOWSKI nach BRAUN-BLANQUET (1964) durchgeführt. Zu Abweichungen in der verwendeten Artmächtigkeitsskala siehe Kap. 2.2.2.

#### Erfassung der Arten:

##### Phanerogamen

Die Zielsetzung der Arbeit ZIELONKOWSKIs war eine ganz andere als die von GAUCKLER, nämlich die möglichst vollständige Erfassung aller nutzungs-extensiven Grasfluren im Regensburger Raum und die Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung von v. a. geologischen und bodenkundlichen Parametern (ZIELONKOWSKI 1973: 1). Damit beeinflussten nicht einzelne Arten, sondern eher die "typische" Ausbildung des Bestandes die Auswahl und Festlegung der Aufnahmeflächen. Floristischer Schwerpunkt waren dabei die Grasartigen Pflanzen als charakteristische Elemente dieses Vegetationstyps.

##### Kryptogamen

Die veröffentlichten Tabellen wie die Feldaufnahmen lassen vermuten, daß Flechten und Moose bei den Erstaufnahmen wohl nicht vollständig erfaßt

wurden. Zwar erscheinen durchweg die auffälligen und typischen Trockenrasenmoose *Abietinella abietina*, *Rhytidium rugosum* und *Tortella tortuosa*, weitere Arten fehlen jedoch meist, bei manchen Aufnahmen fehlen die Kryptogamen sogar ganz, was jedoch standörtlich nicht plausibel ist. Dies muß bei der Interpretation der Artenveränderungen berücksichtigt werden.

### 2.1.3 Übersicht über die Lage der Untersuchungsstellen

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich vom Randbereich des Nördlinger Rieses bei Harburg im Westen, entlang des Südzugs (Donauzug) des Frankenjura bis Regensburg und nördlich bis zum Staffelberg als äußerstem Ausläufer des Frankenjura (siehe Abb. 1). Die 83 Untersuchungsstellen sind dabei relativ gleichmäßig über den Frankenjura verteilt. Schwerpunkte bilden die Laabertalhänge, das untere Altmühltal und das Wiesenttal.

Die Untersuchungsstellen verteilen sich auf 14 Landkreise. Eine genaue Aufstellung mit detaillierten Flächenbeschreibungen findet sich im Anhang (Liste 1 und 2). Die Untersuchungsstellen sind dort nach abnehmenden MTB-Nummern geordnet.

## 2.2 Vegetationskundliche Erhebung

### 2.2.1 Theoretische Vorüberlegungen

#### 2.2.1.1 Prinzip der "Quasi-Dauerflächen" - Beispiele, Probleme und Möglichkeiten

Dauerflächenbeobachtungen stellen zur Untersuchung von Vegetationsveränderungen eine gängige Untersuchungsmethode dar. Zahlreiche Autoren haben inzwischen diese Methode in den verschiedensten Pflanzenformationen angewandt, vor allem um Sukzessionsabläufe zu studieren und den Einfluß verschiedener Bewirtschaftungsweisen auf einen Pflanzenbestand zu klären (z.B. KNAPP 1977, SCHIEFER 1981a, DIERSCHKE 1985, RUNGE 1985), aber auch um Aufschluß über das ökologische Verhalten von Arten zu erhalten (BORNKAMM 1961 und 1974) sowie um verfeinerte Aufnahmemethoden zu erproben (FISCHER 1985 und 1993).

Für die Analyse sehr langfristiger Vegetationsveränderungen können jedoch Dauerflächen derzeit nicht herangezogen werden, da es keine fest markierten

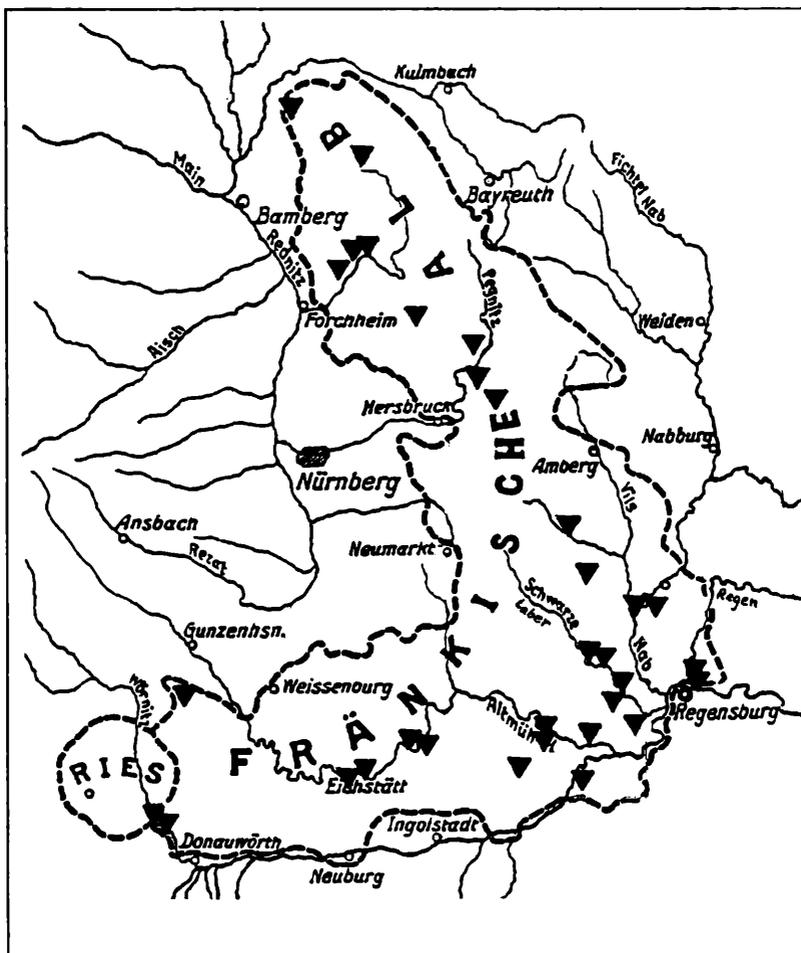


Abbildung 1

Übersicht über die Lage der Untersuchungsstellen, dargestellt durch ausgefüllte Dreiecke. Bedingt durch den Maßstab sind nicht alle Untersuchungsstellen als Einzelpunkte darstellbar.

Flächen entsprechenden Alters gibt. Zu den ältesten veröffentlichten Untersuchungen auf Dauerflächen zählen diejenigen von BORNKAMM (1961 und 1974) und RUNGE (1985), die eine Laufzeit von 20 bzw. 21 Jahren haben. Sie liegen damit bereits an der Untergrenze der Vorgaben für vorliegende Untersuchung (siehe Kap. 2.1). In den meisten Fällen ist der Untersuchungszeitraum jedoch noch wesentlich kürzer.

Für den Langzeit-Vergleich von Flächenpaaren benutzen einige Autoren daher großteils keine "echten", also fest markierte, sondern "Quasi-Dauerflächen" (nach SCHWABE et al. 1989). Die Lage der Flächen wird mangels Markierung indirekt erschlossen. Dafür gibt es mehrere Methoden (siehe WILMANNNS & BOGENRIEDER 1987). Häufig stützen sich die Untersuchungen auf Erstaufnahmen, deren Lage entweder in Vegetationskarten verzeichnet ist oder die genaue Ortsangaben enthalten. Bei den sogenannten "Typenvergleichen" (WILMANNNS 1989) oder "Tabellenvergleichen" (WILMANNNS & BOGENRIEDER 1987) liegen dem Vergleich dagegen pflanzensoziologische Einheiten zugrunde. Dabei werden die Wiederholungsaufnahmen so durchgeführt, daß sie zwar räumlich den Erstaufnahmen möglichst nahekommen, ohne aber eine direkte Übereinstimmung der Lage - die ohnehin nicht möglich wäre - anzustreben. Nach Abschluß der Geländearbeit werden die Wiederholungsaufnahmen durch Tabellenarbeit sortiert, wobei möglichst ähnliche Gliederungskriterien wie bei den Erstaufnahmen zur Anwendung kommen. Die dadurch erhaltenen Einheiten werden anschließend mit denen der Erstaufnahmen verglichen.

Beispiele für solche Untersuchungen auf Quasi-Dauerflächen sind für das Grünland die Arbeiten von WILMANNNS (1975a und b), BÜRGER (1983), RÖDEL (1987), ROSENTHAL & MÜLLER (1988) und SCHWABE et al. (1989) sowie für Wälder die Untersuchungen von WITTIG et al. (1985a und b), BUCK-FEUCHT (1986), WILMANNNS et al. (1986) und ROST-SIEBERT & JAHN (1988).

Beide Methoden haben ihre Vor- und Nachteile. Der Haupt-Nachteil "echter" Dauerflächen liegt darin, daß zu wenig Flächen zur Verfügung stehen, so daß die Übertragbarkeit der Ergebnisse problematisch sein kann. Dazu bemerkt WILMANNNS (1989: 6), daß mit ihnen "nur eine punktuelle Aussage möglich (ist). Wer garantiert, daß man nicht einen Spezialfall vor sich hat? Extrapolationen sollten daher weit vorsichtiger gehandhabt werden, als dies teilweise geschieht" Diese Kritik gilt zwar grundsätzlich auch für Untersuchungen auf Quasi-Dauerflächen, doch existieren weit mehr brauchbare Vegetationsaufnahmen aus verschiedenen Landschaftsteilen als Dauerflächen, so daß damit eher repräsentative Aussagen getroffen werden können.

Gerade für den Naturschutz sind Langzeituntersuchungen der Vegetation von besonderem Interesse. Sie bieten vor allem die Möglichkeit, den Einfluß unterschiedlicher Pflegemaßnahmen auf den Pflanzenbestand festzustellen und mit bestandesintern ab-

laufenden Veränderungen - vor allem mit Sukzessionsvorgängen - zu vergleichen. Dadurch können Pflege- und Entwicklungsprogramme gezielter und effektiver und auch unter Berücksichtigung von Langzeit-Effekten erarbeitet werden.

Grundsätzlich können solche Untersuchungen aus oben genannten Gründen nur auf der Grundlage von Quasi-Dauerflächen durchgeführt werden. Gleiches gilt auch aufgrund fehlender früherer Immissionsmeßdaten für die heute immer wichtiger werdenden Studien zur Abschätzung der langfristigen Auswirkungen von Immissionen.

### 2.2.1.2 Das Konzept der "Standort-homologen Quasi-Dauerflächen"

In vorliegender Arbeit wurde das Konzept der Quasi-Dauerflächen, wie es bereits in mehreren Untersuchungen Anwendung fand (siehe Beispiele oben), zusätzlich erweitert. Ziel war dabei die **Erfassung der Minimal-Veränderungen in der Artenausstattung**. Dazu mußten die Aufnahmeflächen nach einer differenzierten Methode ausgewählt werden, die im folgenden näher erläutert wird.

Grundsätzlich ist man bei der Rekonstruktion der Lage der Erstaufnahmeflächen auf die Angaben in der Veröffentlichung bzw. den Feldaufnahmen des Erstautors - so sie verfügbar sind - oder auf Vegetationskarten bzw. Fotos angewiesen. Nur selten wird die Möglichkeit bestehen, daß man die Aufnahmeflächen mit dem Erstautor zusammen aufsuchen kann, wie dies im vorliegenden Fall mit Herrn Dr. ZIELONKOWSKI möglich war. Doch selbst dann bleiben noch Unsicherheiten bestehen, denn es ist davon auszugehen, daß man auch als Autor die Lage der Flächen nach einer längeren Zeitspanne und den währenddessen aufgetretenen strukturellen Landschaftsveränderungen, die sich gerade bei brachliegenden Magerrasen rasch und tiefgreifend vollziehen können (siehe ZIELONKOWSKI et al. 1986), nicht immer sicher und eindeutig rekonstruieren kann.

Trotz genauer Einhaltung der Lageangaben des Erstautors (sofern sie überhaupt genau genug sind, um eine Fläche einigermaßen exakt zu lokalisieren) kann man jedoch im Gelände häufig zwischen mehreren "gleichwertigen" Flächen für die Wiederholungsaufnahmen wählen. Dabei steht man z.B. bei Magerrasen vor der Entscheidung, die Aufnahme etwa auf einer Fläche mit oder ohne Verbuschung oder mit mehr oder weniger ausgeprägtem Felskontakt durchzuführen. Es liegt auf der Hand, daß dadurch bei der Auswertung völlig unterschiedliche Ergebnisse als Veränderungen gegenüber den Erstaufnahmen resultieren würden.

Daher erschien es sinnvoll und wichtig, bei der Wahl der Flächen für die Wiederholungsaufnahmen die Artenzusammensetzung der Erstaufnahmen mit zu berücksichtigen. Starke strukturelle Veränderungen wie Verbuschung und Versaumung sowie Bereiche

mit dominantem Auftreten von Brachegräsern, insbesondere *Brachypodium*-Polykormone, wurden dabei bewußt ausgespart. Hingegen wurde versucht, durch die Wahl der Aufnahmefläche soweit wie möglich den ursprünglichen Standortverhältnissen zum Zeitpunkt der Erstaufnahme, verdeutlicht durch deren Artenkombination, nachzukommen. Anhand von Arten mit enger Standortbindung, z.B. solchen, die an sehr flachgründige Rohböden mit direktem Felskontakt gebunden sind (wie z.B. *Fumana procumbens*), konnte etwa geschlossen werden, daß die Erstaufnahmefläche über einen gewissen Felsanteil verfügt haben mußte. Entsprechendes gilt für andere standortkennzeichnende Arten der Erstaufnahme. Die Aufnahmeflächen der Wiederholungsaufnahmen wurden damit "artenkombinationshomolog" zu den Erstaufnahmen gewählt, soweit dies im Gelände möglich war. Unterstellt man, daß sich die Standortansprüche der Arten im Vergleichszeitraum nicht verändert haben, kann man von "**Standorthomologen Quasi-Dauerflächen**" sprechen.

Die Aussagen, die mit dieser Methode erzielt werden, beschreiben also die "**Mindest-Veränderungen in der Artenausstattung**"! Die Veränderungen, die sich bei der Beobachtung exakter Dauerflächen ergeben hätten, wären sicher wesentlich drastischer ausgefallen, da dann auch Versaumungen und sogar Verbuschungen deutlich stärker mit erfaßt worden wären. Das angewandte Verfahren bietet jedoch bei den gegebenen, relativ unsicheren Voraussetzungen bezüglich der Flächenkongruenz von Erst- und Wiederholungsaufnahmen die am besten abgesicherten Aussagen.

Durch diese Vorgehensweise wurde es möglich oder zumindest erleichtert, die langfristigen Auswirkungen düngender Stickstoffimmissionen zu beurteilen. Da diese ähnliche Effekte wie das Brachfallen bewirken, nämlich eine gewisse Nährstoffakkumulation mit den dadurch ausgelösten, vielfältigen und positiv rückgekoppelten Prozessen (siehe Kap. 4), mußten die durch die Verbrachung verursachten Vorgänge weitgehend unberücksichtigt bleiben, um relevante Aussagen machen zu können. Dies wäre etwa nicht der Fall gewesen, wenn die Aufnahmen direkt in einer stark verbuschten Fläche durchgeführt worden wären (auch wenn diese den Lageparametern entspräche), da dann die durch die Immissionen hervorgerufenen Veränderungen der Standortbedingungen von den durch die aufgekommenen Gehölze verursachten stark überlagert worden wären. Dies gilt ebenso für Flächen mit hohen Anteilen an Gras-Polykormonen, die daher bei den Wiederholungsaufnahmen ebenfalls bewußt ausgespart wurden.

Natürlich ist auch diese Methode nicht frei von möglichen Fehlern. Einen Hauptkritikpunkt könnte man darin sehen, daß die Flächen der Wiederholungsaufnahmen "zu gut" gewählt werden können, daß man also weniger Veränderungen feststellt, als tatsächlich eingetreten sind, da man ja auf jeden Fall einige der Arten aus den Erstaufnahmen bereits allein durch die Art der Flächenwahl wieder auf-

nimmt, ohne daß diese an der "Originalfläche" der Erstaufnahme noch tatsächlich vorkommen müssen. Dadurch würden Veränderungstrends entweder weniger deutlich oder in eine etwas andere Richtung laufend dargestellt, was zu Fehldeutungen führen könnte.

Um dies zu vermeiden, muß bei der Auswertung und Interpretation unbedingt beachtet werden, daß es sich - wie oben bereits erwähnt - stets um **Mindest-Veränderungen** handelt, die auf jeden Fall eingetreten sind. Das Ausmaß der tatsächlichen Veränderungen liegt jedoch darüber und kann nur abgeschätzt werden, etwa durch den Vergleich mit anderen, ähnlich gelagerten Untersuchungen. Fehlinterpretationen lassen sich natürlich nie ganz ausschließen. Um sie zu vermeiden, ist es sehr wichtig, stets die ganze Artenausstattung jeweils der Erst- und der Wiederholungsaufnahmen zu vergleichen und sich nicht auf einige wenige, "charakteristische", besonders aussagekräftige Arten zu beschränken. Außerdem ist es unumgänglich, die erzielten Ergebnisse durch ausführlichen Literaturvergleich zu erhärten.

Zur weiteren Absicherung der Ergebnisse wurde das "**Mehr-Flächen-Prinzip**" angewandt. Bei vielen bisher veröffentlichten Untersuchungen auf Quasi-Dauerflächen wurden einzelne Erstaufnahmen mit nur jeweils einer Wiederholungsaufnahme verglichen - deren Art der Festlegung im Gelände zudem nur selten genau beschrieben wird. Dadurch können jedoch zufällige Unwägbarkeiten einen großen Einfluß auf die Ergebnisse haben. Auch die Unterscheidung von Artenfluktuationen und gerichteten Trends wird dadurch erschwert, da zufällig auftretende Arten relativ stark ins Gewicht fallen. Um derartige Unwägbarkeiten zu verringern, wurden zu jeder Erstaufnahme mehrere (durchschnittlich 3) Wiederholungsaufnahmen durchgeführt. Dabei wurden die Aufnahmeflächen - unter Wahrung obiger Kriterien der Standorthomologie möglichst nahe beieinanderliegend gewählt, um eine möglichst gute Übereinstimmung der Standortparameter aller Flächen zu gewährleisten.

Für einen Teil der Auswertungen, beispielsweise den Stetigkeitsvergleich (Kap. 3.3.2) und den Vergleich der mittleren Zeigerwerte (Kap. 3.4.2), wurde aus diesem Set an Wiederholungsaufnahmen jeweils wieder eine "durchschnittliche Wiederholungsaufnahme" berechnet, die dann mit der zugehörigen Erstaufnahme verglichen wurde. Auf diese Weise wird der Einfluß zufälliger Arten bei der Interpretation der Veränderungen deutlich gemindert.

### 2.2.2 Durchführung der Vegetationsaufnahmen

#### Verwendete Artmächtigkeits-Schätzskala

Sowohl die Erst- als auch die Wiederholungsaufnahmen wurden nach der Methode von BRAUN-BLANQUET durchgeführt. Bei den drei Autoren bestehen allerdings Unterschiede in der verwendeten Skala für die Schätzung der Artmächtigkeit. GAUCKLER bezieht sich auf BRAUN-BLAN-

QUET (1928), ZIELONKOWSKI schätzte nach BRAUN-BLANQUET (1964) und nahm gleichzeitig den Deckungsanteil der Grasartigen in der Prozentskala nach KLAPP (1929 und 1965) auf. Letzteres Verfahren dient dazu, genauere Aussagen über die Zusammensetzung der dominanten Arten zu erhalten. Bei Kenntnis der Gesamtdeckung kann es außerdem leicht in die Skala von BRAUN-BLANQUET umgerechnet werden.

Die Artmächtigkeitsstufen sind bei BRAUN-BLANQUET (1964: 39) folgendermaßen definiert:

- + = spärlich mit sehr geringem Deckungsgrad
- 1 = reichlich, aber mit geringem Deckungswert, oder ziemlich spärlich, aber mit größerem Deckungswert
- 2 = sehr zahlreich, oder mindestens 1/10 bis 1/4 (in BRAUN-BLANQUET (1928): mindestens 1/20) der Aufnahme­fläche deckend
- 3 = 1/4 bis 1/2 der Aufnahme­fläche deckend, Individuenzahl beliebig
- 4 = 1/2 bis 3/4 der Aufnahme­fläche deckend, Individuenzahl beliebig
- 5 = mehr als 3/4 der Aufnahme­fläche deckend, Individuenzahl beliebig

Die heute verwendete Definition der Artmächtigkeitsstufen ist im wesentlichen mit obiger identisch, aber exakter gefaßt. Anstelle der etwas vagen, wörtlichen Umschreibungen sind nun definierte Werte getreten (siehe unten). Dennoch bleibt ein persönlicher Spielraum bestehen, v.a. hinsichtlich der Einschätzung des Flächenanteils, so daß die vergebenen Artmächtigkeitsstufen verschiedener Bearbeiter keine objektiven Meßwerte wiedergeben, sondern nur eine Annäherung an die Realität darstellen. So erläutert beispielsweise KÜNNE (mdl.), ein Schüler GAUCKLERS, daß früher häufig alle Grasartigen, soweit sie nicht in größerer Menge auftraten, pauschal mit 1 bewertet wurden. Bei der Tabellenarbeit und auch beim Tabellenvergleich spielen die Artmächtigkeitswerte keine maßgebliche Rolle, sondern dienen nur als zusätzliches Kriterium zur Präsenz bzw. Absenz der Arten. Will man durch einen Vergleich von Vegetationsaufnahmen jedoch zu quantitativen Aussagen gelangen, so muß die Interpretation der Aufnahmedaten zumindest sehr vorsichtig erfolgen (siehe dazu auch Kap. 5.2).

In der vorliegenden Untersuchung wurde die von WESTHOFF & MAAREL (1978) vorgeschlagene, erweiterte BRAUN-BLANQUETSche Skala verwendet, die nach BARKMAN (1964) den Bereich der Stufe 2 stärker unterteilt (Definition der Artmächtigkeits-Stufen siehe unten).

Die Stufe 'r', die von verschiedenen Autoren verwendet wird, um 'nur 1 Individuum innerhalb der Aufnahme­fläche bei nur wenigen außerhalb ' zu kennzeichnen, wurde in vorliegender Untersuchung nicht benützt, sondern ist in der Stufe '+' enthalten. Horstgräser werden, wie bei BRAUN-BLANQUET (1964) angegeben, jeweils als Einzelindividuen ge-

#### Definition der Artmächtigkeitsstufen nach WESTHOFF & MAAREL (1978)

Stufe	Deckung	Individuenzahl
+	< 5 %	1 - 5
1	< 5 %	6 - 50
2m	< 5 %	> 50
2a	5 - 15 %	beliebig
2b	16 - 25 %	beliebig
3	26 - 50 %	beliebig
4	51 - 75 %	beliebig
5	76 - 100 %	beliebig.

wertet, wobei die Abgrenzung der Individuen teilweise Schwierigkeiten bereite.

Zur Objektivierung der Flächenanteils-Schätzung im Gelände wurde die Abbildung zur "Einstufung von Flächenanteilen" in ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982: 92) verwendet. Sie dient eigentlich der Abschätzung des Anteils von Flecken und Konkretionen in Bodenprofilen, bietet aber auch bei Vegetationsaufnahmen einen sinnvollen Anhaltspunkt.

Arten, die außerhalb, aber in nächster Nähe der Aufnahme­fläche bei weitgehend homogenen Vegetations- und Standortverhältnissen vorkamen, werden in den Tabellen mit '0' angegeben und bei den Auswertungen teilweise als gleichwertig zu den Arten innerhalb der Aufnahme­flächen mitberücksichtigt. GAUCKLER gab solche Arten in seinen Tabellen in Klammern an oder erwähnt sie bei den Lagebeschreibungen der Aufnahme­flächen ("am Rande der Aufnahme­fläche erscheinen "). Auch diese werden mit '0' gekennzeichnet und den außerhalb vorkommenden Arten der Wiederholungsaufnahmen gleichgestellt. Die Berücksichtigung dieser Arten hat folgenden Grund: Die Ecken der Aufnahme­flächen wurden bei den Wiederholungsaufnahmen jeweils mit Pflöcken genau markiert und die Seitenlänge der Flächen mit einem Meterpflock abgemessen. Durch diese relativ genaue Festlegung der Aufnahme­fläche im Vergleich zu der zur Zeit der Erstaufnahmen üblichen, eher groben Methode könnten Arten - vorwiegend seltene, nur als Einzel-exemplare vorhandene - nur deshalb nicht in der Wiederholungsaufnahme erfaßt worden sein, weil sie erst außerhalb der Aufnahme­flächengrenzen auftraten. Dadurch würde eine Artenbestands-Veränderung in den Tabellen vorgetäuscht. Durch die zusätzliche Angabe und Berücksichtigung der außerhalb vorkommenden Arten soll dieser mögliche methodische Fehler verringert werden.

Auf die Berücksichtigung der Soziabilität bei den Vegetationstabellen wurde in Übereinstimmung mit vielen Pflanzensoziologen verzichtet, da sie weit weniger durch den Standort als durch genetische und morphologische, artspezifische Faktoren beeinflusst wird. Manche Autoren vertreten jedoch auch die Auffassung, daß vor allem extreme Lebensbedingungen in bestimmten Soziabilitätszahlen ihren

Ausdruck finden (siehe hierzu etwa PFEIFFER 1962) und sie daher auch Aussagen über die Konkurrenzsituation in Beständen ermöglichen.

### **Standortdaten**

Die Exposition wurde jeweils mit einem Kompaß (Fluid Bézard), die Hangneigung mit einem Neigungsmesser (Suunto PM-5) bestimmt. Die Lage der Flächen wurde bezüglich markanter Geländepunkte möglichst genau festgehalten.

Für die Erfassung des Standorts wurden die Flächenanteile von Fels, vegetationsfreiem Boden und Streu sowie der Anteil der Grasartigen, der Krautarten, der Gehölze und der Kryptogamen an der Gesamt-Aufnahmefläche aufgenommen, auch wenn dies bei den Erstaufnahmen teilweise nicht erfolgt war. Dadurch liegt nun eine Datengrundlage vor, die gezielte Auswertungen - wie etwa den Einfluß der Streudecke auf die Artenzahl - ermöglichen und zugleich als Basis für evt. spätere Untersuchungen dienen soll.

### **Festlegung der Aufnahmeflächen**

Ein möglicher Kritikpunkt beim Vergleich von Vegetationsaufnahmen, die von verschiedenen Autoren durchgeführt wurden (etwa bei der Analyse von Zeitreihen), ist die persönliche Sichtweise des Bearbeiters bei der Auswahl der Aufnahmeflächen, die sich auch bei ein- und demselben Bearbeiter im Laufe der Zeit wandeln kann, je nachdem welche Fragestellung gerade bearbeitet wird.

So wurde etwa bei GAUCKLER die Flächenwahl sicher durch das Auftreten einzelner, für seine Fragestellung - die Klärung arealkundlicher Aspekte (siehe Kap. 2.1.1) - wichtiger Arten stark beeinflusst. Bei ZIELONKOWSKI standen dagegen andere Fragen im Vordergrund (siehe Kap. 2.1.2), er suchte eher nach "typischen" Ausschnitten der Vegetationsdecke. Bei vorliegender Untersuchung mußte also versucht werden, sich im Gelände in die jeweilige Sichtweise des Erstautors hineinzusetzen.

Auch der Fortbewegungsweise der Erstautoren mußte dabei Rechnung getragen werden. GAUCKLER fuhr offenbar mit der Eisenbahn von einer Untersuchungsstelle zur anderen, so daß sich diese in der Nähe von Bahnhöfen oder entlang von Wanderwegen befanden, die von diesen ausgingen. ZIELONKOWSKI war vorwiegend zu Fuß in Bereichen mit größeren Magerrasenvorkommen unterwegs, und dort meist ebenfalls entlang bereits bestehender Wege und Pfade. Die Kenntnis dieser Gegebenheiten erleichterte im Gelände das Auffinden der Flächen der Erstaufnahmen manchmal erheblich.

### **Größe der Aufnahmeflächen**

Um potentiell einen den Erstaufnahmen entsprechenden Artenumfang je Aufnahmefläche auch bei den Wiederholungsaufnahmen erfassen zu können, sollten grundsätzlich möglichst identische Flächengrößen wie bei den Erstaufnahmen gewählt werden. Aus Gründen der Homogenität der Aufnahmeflächen mußten allerdings in einigen Fällen die Flächengrößen kleiner als bei den Erstaufnahmen gewählt werden. In Übereinstimmung mit Literaturan-

gaben für bewährte Größen von Aufnahmeflächen wurde in solchen Fällen meist eine Flächengröße von 25 m<sup>2</sup> bevorzugt, um die vollständige Artengarnitur zu erfassen. Auch DIERSSEN (1990) empfiehlt z.B. 10-50 m<sup>2</sup> große Aufnahmeflächen für Trocken- und Halbtrockenrasen, nach BÜRGER (1983) und SCHIEFER (1981) werden 25 m<sup>2</sup> als ausreichend angesehen.

Die im Rahmen von Transekten aufgenommenen Flächen haben eine einheitliche Größe von nur 4 m<sup>2</sup>, die nach Aussagen von MÖSELER (mdl.) und nach eigenen Versuchen bereits in den meisten Fällen die Kriterien des Minimalareals erfüllt.

### **"Restbestandsflächen"**

Einige der Erstaufnahmen GAUCKLERs konnten zwar von der Lokalität her relativ genau wiedergefunden werden, die Flächen selbst waren aber deutlich verändert, z.B. aufgeforstet, in Äcker umgewandelt oder stark vergrast, so daß das Kriterium der Standorthomologie nicht mehr zutrif. Randlich zu solchen Flächen fanden sich jedoch immer mehr oder weniger breite, saumartige Streifen, die den Arten der Magerrasen einen (beschränkten) Überlebensraum boten. In solchen Fällen wurden die Vegetationsaufnahmen dann auf diesen "Restflächen" bzw. "Restbestandsflächen" durchgeführt. Es handelt sich im einzelnen dabei um folgende Untersuchungsstellen (eingeklammert angegeben sind die Nummern der Untersuchungsstellen nach Liste 1 im Anhang):

Muggendorf/Albertshof (G 31)

Oberaufseß (G 33)

Treunitz (G 32)

Streitberg/Oberfellendorf (G 29)

Velden (nur bei einer Aufnahme: G 24).

Die Untersuchungsstelle

Hohenfels (G 20)

war nicht zugänglich, da sie im Gelände des Truppenübungsplatzes Grafenwöhr liegt. Hier wurde eine räumlich benachbarte, standorthomologe Fläche außerhalb des Truppenübungsplatzes mit ähnlichen Expositionsdaten gewählt.

### **2.2.3 Bestimmung der Sippen, Anmerkungen zu kritischen Sippengruppen**

Als Bestimmungsliteratur dienten für die Gefäßpflanzen vor allem die Floren von ROTHMALER (1986) und OBERDORFER (1990). Die Nomenklatur richtet sich weitgehend nach SCHÖNFELDER & BRESINSKY (1990) sowie in Einzelfällen auch nach ROTHMALER (1986). Süßgräser wurden nach HEGI (1985 - 1989) bestimmt und benannt, soweit sie darin behandelt werden, die *Festuca ovina*-Kleinarten vorwiegend nach KLAPP & OPITZ VON BOBERFELD (1990).

Zur Bestimmung und Nomenklatur der Kryptogamen wurden FRAHM & FREY (1983), DÜLL (1990) sowie WIRTH (1980) herangezogen.

## Unterscheidung von Unterarten

Bei einigen Sippen wurden von den Erstautoren keine Unterarten differenziert. Bei der Nachbestimmung im Gelände im Zuge der Wiederholungsaufnahmen stellte sich jedoch heraus, daß manche Sippen stets in derselben Unterart auftraten. Daher kann relativ gesichert angenommen werden, daß es sich in diesen Fällen auch bei den Erstaufnahmen um diese Sippen handelt. In den Tabellen und bei der Berechnung der Zeigerwerte wurden diese daher in den Erst- und Wiederholungsaufnahmen gleich benannt und behandelt. Es handelt sich um folgende Sippen (siehe auch die folgenden Anmerkungen):

- Alyssum montanum* L. ssp. *montanum*
- Carlina vulgaris* L. ssp. *vulgaris*
- Centaurea jacea* L. ssp. *angustifolia*  
(SCHRANK) GREMLI (mit einer Ausnahme)
- Centaurea rhenana* BOR. ssp. *rhenana*
- Erigeron acer* L. ssp. *acer*
- Festuca nigrescens* LAM. ssp. *nigrescens* (= *F. rubra* L. ssp. *commutata* GAUD.)
- Galium album* MILL. ssp. *album*
- Galium verum* L. ssp. *verum*
- Helianthemum nummularium* (L.) MILL. ssp. *obscurum* (CEL.) HOLUB
- Hypericum perforatum* L. ssp. *angustifolium* (DC.) GAUDIN
- Leontodon hispidus* L. ssp. *hispidus* (außer ssp. *danubialis* in 2 Fällen bei GAUCKLER)
- Primula veris* L. ssp. *veris*
- Thymus praecox* OPIZ ssp. *praecox*
- Trifolium pratense* L. ssp. *pratense*

## Bestimmung der Festuca-Sippen

Die *Festuca ovina*-Kleinarten wurden ohne die Beurteilung von Blattquerschnitten nur anhand von mit der Lupe erkennbaren Merkmalen bestimmt (Bereifung, Behaarung, Zahl der Blattadern etc.). Es wäre bei den zeitlichen Vorgaben für diese Untersuchung zu aufwendig gewesen, von den sehr zahlreichen Belegexemplaren - sie befinden sich derzeit im Herbarium des Autors und sollen an die Botanische Staatssammlung, München, übergeben werden Schnitte anzufertigen, um die Pflanzen dadurch sicherer identifizieren zu können. Die exakte Bestimmung der *Festuca*-Sippen würde zudem keine zusätzlichen Informationen zur Beurteilung der Veränderungsvorgänge bringen, da die Unklarheiten hinsichtlich der Sippenzugehörigkeit mancher Arten im Aufnahmемaterial der Erstautoren dennoch bestehen bleiben (siehe die folgenden Anmerkungen zu *Festuca*).

## Bestimmung der Kryptogamen

Es wurde versucht, Moose und Flechten so vollständig wie möglich zu erfassen. Dazu wurde jeweils auch die Streuschicht durchsucht, in der sich häufig, meist sehr kleine und durchweg sterile Moose fanden, die bei der Auswertung evt. von Bedeutung sein könnten. Die akrokarpnen Moose, die die Freiflächen besiedelten, waren in den meisten Fällen ebenfalls

steril. Dies bereitete erhebliche Bestimmungsprobleme, so daß häufig nur die Pauschalangabe "*Acrocarpi div. sp.*" gemacht werden konnte.

Cladonien wurden von den meisten Aufnahmeflächen gesammelt und anschließend mittels chemischer (Farbreaktion auf Behandlung mit Kalilauge und para-Phenylendiamin-Lösung nach WIRTH 1980) und morphologischer Merkmale identifiziert. Hier bin ich Herrn Dipl.-Biol. H. HADATSCH für seine bereitwillige Hilfe zu Dank verpflichtet. Manche *Cladonien* wurden nur als schwer identifizierbare Bruchstücke vorgefunden und dann als 'cf.' angegeben.

## Anmerkungen zu einigen ausgewählten, kritischen Sippengruppen

### *Achillea*

Obwohl im Gelände *Achillea millefolium* L. ssp. *millefolium* (2n=54) scheinbar sicher angesprochen werden konnte und diese Sippe auch als solche in den Tabellen bezeichnet wird, kann dies nicht in allen Fällen als gesichert gelten. Ein Grund liegt darin, daß zur Ansprache häufig nur vegetative Merkmale herangezogen werden konnten, sei es wegen des frühen Aufnahmezeitpunkts oder weil durch die Beweidung die Pflanzen nur selten blühend angetroffen wurden. Zur Absicherung der Bestimmung wären jedoch auch Merkmale aus dem generativen Bereich heranzuziehen. Ein zweiter Grund ist jedoch in der problematischen Artabgrenzung und der Variabilität der dazu herangezogenen Merkmale der *A. millefolium*-Gruppe zu suchen.

So scheint die Abgrenzung zu *A. pannonica* SCHEELE (2n=72) zwar aufgrund der dichten seidigen oder wollig-zottigen Behaarung und der feineren Blattfiederung dieser Sippe einfach und eindeutig. Doch weisen LIPPERT & HEUBL (1989: 15) darauf hin, daß auch morphologisch *A. millefolium* ssp. *millefolium* ähnelnde Individuen unterschiedliche Chromosomenzahlen aufweisen können, nämlich sowohl die der ssp. *millefolium* als auch die von *A. pannonica*, sogar wenn sie der gleichen, einheitlichen Population entstammten. Damit ist nicht auszuschließen, daß Standortansprüche und Konkurrenzkräfte einzelner Individuen ebenfalls verschieden ausgeprägt sind.

Auch eine Unterscheidung von *A. collina* J. BECKER ex REICHENB. (2n=36) bleibt aufgrund der Schwankungsbreite der diagnostischen vegetativen Merkmale (Form, Zahl und Zerteilung der Blattfiedern) nicht immer zweifelsfrei.

Eine sichere Identifizierung der Individuen wäre etwa durch Bestimmung der Chromosomenzahl möglich, was jedoch bei den zahlreichen Belegen den Rahmen vorliegender Arbeit gesprengt hätte. Zudem ist auch mit Bastarden zwischen *A. millefolium* und den nahe verwandten Sippen *A. collina* sowie *A. pannonica* zu rechnen (HEGI 1979: 338).

### *Festuca*

Problematisch ist v.a. die Abgrenzung von "*Festuca duriuscula*" im Sinne von GAUCKLER. Dafür

kommen nach heutiger Auffassung mehrere Sippen in Frage. Einerseits *Festuca cinerea* VILL., der Blauschwengel, zu dem ROTHMALER (1986) *F. duriuscula* auct. als Synonym angibt (obwohl sich nach GUTERMANN & MUCINA (1993) der Name *F. cinerea* auf eine Sippe der Kalkalpen Südostfrankreichs bezieht). Er unterscheidet drei Unterarten, von denen nach seinen Angaben aber nur *F. cinerea* ssp. *pallens* (HOST) STOHR in Bayern vorkommt. Den Blauschwengel gibt GAUCKLER aber als eigene Sippe, *F. ovina* ssp. *glauca*, an, so daß es sich bei "*F. duriuscula*" um eine andere steifblättrige Kleinart der *F. ovina*-Gruppe handeln muß.

ZIELONKOWSKI (1972) gibt andererseits *F. duriuscula* auct. pro parte ("Felsenschwengel") als Synonym für *F. ovina* L. ssp. *ovina* var. *firmulacea* MGF.-DBG. an und bemerkt dazu, daß diese Sippe, ähnlich wie *F. pallens*, über rauhe, kräftige, steif bogig gekrümmte und bereifte Blätter verfügt und im Jura weit verbreitet ist. Weiterhin erwähnt er, daß "vielfach ... mit dem Namen *F. duriuscula* alle dickblättrigen, mehr oder weniger bereiften Formen in der Literatur angegeben" werden (a.a.O.: 302).

Nach GUTERMANN & MUCINA (1993) wurde dagegen in Mitteleuropa unter der fraglichen Sippe "meist" *F. trachyphylla* verstanden. Ob auch GAUCKLER dieser Ansicht war, bleibt unklar.

Noch deutlicher sind die Bemerkungen von RAUSCHERT (1960). Seiner Ansicht nach ist "der Name *F. duriuscula* L. als *nomen dubium* und *nomen ambiguum* zu verwerfen" (a.a.O.: 262), da nach 1849 mindestens fünf verschiedene Arten so benannt wurden. Danach könnten die *duriusculoiden* (hartblättrigen) *F. ovina*-Sippen, die über einen Sklerenchymring verfügen, nur künstlich in zwei gleichwertige Taxa getrennt werden, die sich allein durch das Vorhandensein oder Fehlen der Bereifung unterscheiden. Dabei bezieht er sich auf die Aufspaltung dieses Formenkreises in die Arten *F. pallens* und *F. glauca* (= *F. cinerea* VILL.), wie sie beispielsweise von STOHR (1955) durchgeführt wurde, obwohl Autoren wie HACKEL (1882) und SAINT-YVES (1913) die Variabilität des Merkmals "Bereifung der Blätter" sowohl im Kulturversuch als auch nebeneinander am gleichen Standort beschreiben. Demnach wäre *F. duriuscula* mit *F. pallens* identisch. Letztere Art wird aber von GAUCKLER stets als eigene neben der fragwürdigen geführt.

Somit lassen sich die Unsicherheiten hinsichtlich der Identität dieser Sippe nicht völlig ausräumen, weshalb sie in vorliegender Arbeit daher als *F. "duriuscula"* bezeichnet wird.

Ähnliche Unklarheiten bestehen hinsichtlich der Zuordnung von *F. trachyphylla* (HACKEL) KRAJINA bzw. *F. duvalii* (ST.-YVES) STOHR. ZIELONKOWSKI gibt bei Aufnahme 17/09 (Regensburg/Keilberg VII in Liste 2 im Anhang) in der Felddaufnahme zunächst *F. duriuscula* an, gleichzeitig steht aber der Name "*F. trachyphylla* var. *trachyphylla* (= *duvalii*)" daneben. Dies war offenbar das Ergebnis der Nachbestimmung des gesammelten Exemplars durch Frau MARKGRAF-DANNENBERG, der

ZIELONKOWSKI einige seiner Belege zur Identifikation geschickt hatte. In der veröffentlichten Tabelle die Aufnahme wird von ihm dem *Diantho-Festucetum pallentis* zugeordnet erscheint dann aber keiner der beiden Namen, sondern stattdessen *F. pallens* (!). Entweder handelt es sich hier um einen Übertragungsfehler beim Umschreiben der Tabelle, oder ZIELONKOWSKI hat die Sippenzugehörigkeit nochmals überprüft und überdacht.

RAUSCHERT (1960: 263) gibt an, daß sowohl der Typus von *F. duvalii* (ST.-YVES) STOHR als auch die von STOHR so benannte Sippe der norddeutschen Sandheiden zu *F. trachyphylla* zu stellen sind. MARKGRAF-DANNENBERG (1958) dagegen "stellt STOHRs *glauca*-Typen fast sämtlich zu *duvalii*" (RAUSCHERT 1960: 263) und trennt diese rauhbältrigen Formen durchgehend von *F. cinerea* VILL. als eigene Sippe ab, während RAUSCHERT nach eigenen Untersuchungen diese Trennung ablehnt und derartige Exemplare aufgrund der starken Variabilität der Merkmalsausbildung am Standort und der Existenz von Übergangsformen weiterhin bei *F. cinerea* VILL. ssp. *pallens* (HOST) STOHR (= *F. pallens* HOST) beläßt. Übrigens wird als Synonym zu *F. trachyphylla* auch *F. duriuscula* auct. non KRAJINA angegeben, was die Verwirrung um diesen Namen noch erhöht.

Bei den beiden Wiederholungsaufnahmen, die zu dieser Fläche angefertigt wurden (Aufnahme Nr. 127 und 128), fand sich jeweils eine stärker behaarte *Festuca ovina*-Sippe, die mit oben angegebener identisch zu sein scheint. Jedenfalls unterschied sie sich deutlich von *F. rupicola*, der sonst weit verbreiteten Art, und auch klar von *F. pallens*. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde diese fragliche Sippe bei der Erst- und den Wiederholungsaufnahmen einheitlich als *F. cf. duvalii* geführt. Auch die genaue Abgrenzung der recht variablen *Festuca rupicola* ist umstritten. Da die Erstautoren aber (abgesehen von dem oben aufgeführten, einmaligen Auftreten von *F. cf. duvalii*) neben dem Furchenschwengel nur die leicht und sicher von ihm zu unterscheidenden Sippen *F. "duriuscula"* - mit eindeutig dickeren, derberen und mehr oder weniger bereiften Blättern - und *F. pallens* - mit stricknadel-dicken, glatten, blaugrün bereiften und gebogenen Blättern - aufführen, bestand im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine Notwendigkeit für weitergehende Differenzierungen.

### *Leucanthemum*

Die Unterscheidung der auf frischen Fettwiesen und -weiden häufigen *Leucanthemum ircuitianum* von der wesentlich selteneren *L. vulgare* (s. str.), die von OBERDORFER (1990) als Charakterart für den *Mesobromion*-Verband aufgefaßt wird, ist schwierig (siehe dazu PRAGER & SCHUWERK 1985) und gilt als klärungsbedürftig (SCHÖNFELDER & BRESINSKY 1990: 59). Ein wichtiges Kriterium sind etwa die mittleren Stengelblätter, die gerade auf beweideten Magerrasen aber nur selten typisch aus-

gebildet sind oder aufgrund der Beweidung fehlen. Auch die Variabilität der Grundblätter beider Sippen erschwert eine genaue Abgrenzung. Eine genaue Ansprache ist daher nicht möglich, weshalb im Text und in den Tabellen von *L. vulgare* agg. gesprochen wird.

### **Potentilla**

Von den meisten Untersuchungsstellen wurden *Potentilla*-Belege gesammelt, die freundlicherweise von Herrn Dr. W. LÖRCHER, der derzeit mit der Bearbeitung des entsprechenden Bandes für die Neuauflage des HEGI betraut ist, nachbestimmt wurden. Dabei stellte sich heraus, daß es sich teilweise um Bastarde handelt, deren Auftreten sicher stark fluktuiert, da ihre Entstehung von der Abundanz der Elternarten und verschiedener, weitgehend unwägbarer Ereignisse abhängt. Die identifizierten Sippen wurden als solche in den Tabellen der Wiederholungsaufnahmen aufgeführt, können jedoch keinen Anhaltspunkt für Artenveränderungen geben, da sie teilweise auch bereits in den Erstaufnahmen vorhanden gewesen sein können und übersehen oder anders bestimmt wurden.

Relativ häufig trat in den Wiederholungsaufnahmen *P. pusilla* HOST auf, die durch die zahlreich vorhandenen Sternhaare auf der Blattunterseite sowie spärliche Sternhaare auf der Blattoberseite leicht von der im Blattschnitt ähnlichen *P. tabernaemontani* unterschieden werden kann. Anders als *P. cinerea* weisen ihre Sternhaare weniger Seitenstrahlen und meist einen langen Mittelstrahl auf (nur mit einer guten Lupe und bei Schräglicht erkennbar). Auch habituell sowie im Blattschnitt läßt sich diese Art gut von *P. pusilla* trennen. In GAUCKLERs Aufnahmen tritt einige Male *P. x subcinerea* BORBÁS (= *P. x subarenaria* BORBÁS ex ZIMM. = *P. tabernaemontani* x *P. cinerea*) auf, die nach LÖRCHER (zit. in SCHUWERK & PRAGER 1992: 152) "zweifelloos identisch mit *P. pusilla* ist. Die sicherlich noch heute entstehenden fertilen Bastarde von *P. arenaria* (= *P. cinerea*) mit *P. verna* (= *P. tabernaemontani*) sind in ihrer Entstehung konvergent zu *P. pusilla* und von dieser durch nichts unterscheidbar." In den Erstaufnahmen ZIELONKOWSKI tritt dagegen weder *P. pusilla* noch *P. x subcinerea* auf. Ein Neuvorkommen von *P. pusilla* in den zugehörigen Wiederholungsaufnahmen als Artenveränderung zu interpretieren, wäre aber sicher überzogen.

### **Pulsatilla**

Der *Pulsatilla vulgaris* MILL.-Formenkreis zerfällt in zwei Hauptsippen, *P. vulgaris* MILL. und *P. grandis* WENDER. (OBERDORFER 1990, SCHÖNFELDER & BRESINSKY 1990). Letztere wird von einigen Autoren auch als Unterart der ersten Sippe aufgefaßt (*P. vulgaris* MILL. ssp. *grandis* (WENDER.) ZAMELS). Im jeweiligen Zentrum ihrer Entfaltung, das bei *P. grandis* im kontinentalen Osten, in Bayern vor allem im Regensburger Raum und im Altmühltal liegt und bei *P. vulgaris* im eher gemäßigt kontinentalen Westen wie der Schwäbischen Alb, fällt die Trennung der beiden Sippen leicht. Im

Überschneidungsgebiet ihrer Areale (wozu weite Teile des Fränkischen Juras gehören) gibt es jedoch sehr häufig Formen, deren Zuordnung schwierig ist. Dies hängt mit introgressiven Hybridisierungsprozessen zusammen (HEGI 1965).

So wurde als Übergangsform der beiden Arten die Sippe *P. vulgaris* MILL. var. *oenipontana* (D. TORRE et SARNTH.) SCHWEGL. aus der Innsbrucker Gegend und dem Gebiet zwischen Lech und Enns (a.a.O.: 218) beschrieben. Im Gelände ist deren Ansprache jedoch aufgrund der hohen, standortabhängigen Schwankungsbreite der zur Trennung herangezogenen Blattzipfelmerkmale problematisch. GOTTHARD (1965) untersuchte in diesem Zusammenhang die Variabilität der Laubblattzipfelzahl und -breite bei *P. vulgaris* im Nördlinger Ries und stellt fest, daß "die Zipfelzahl sowohl im gesamten Untersuchungsgebiet als auch an den einzelnen Standorten stark variiert (a.a.O.: 27). Auch nach VOELTER-HEDKE (1975) und ZIMMERMANN (1963), die die hybridogene Verschmelzung von *P. vulgaris* mit *P. grandis* im bayerisch-österreichischen Donaauraum analysierten, ist im Fränkischen Jura mit einem Spektrum an Zwischenformen beider Sippen zu rechnen.

Aus diesen Gründen wurde in den Tabellen der Formenkreis zusammengefaßt und durchweg als *Pulsatilla vulgaris* agg. bezeichnet.

### **Thymus**

Die Trennung der beiden Sippen *Thymus pulegioides* L. und *T. praecox* OPIZ fällt auch bei genauer Betrachtung der Triebbehaarung unter dem Binokular bei manchen Formen nicht leicht. Teilweise kann es sich hier um Bastarde handeln (*T. x braunii* BORBÁS, der nach ROTHMALER 1990 im Gebiet zerstreut vorkommt), die nach SCHMIDT (1977: 382) zwischen verschiedenen *Thymus*-Arten leicht entstehen können. Da jedoch die Unterscheidung der beiden Sippen in den meisten Fällen eindeutig ist (siehe SCHÖNFELDER 1975), wurde auf eine Zusammenfassung der beiden wie im Fall von *Pulsatilla* verzichtet.

Die Nomenklatur von *T. pulegioides* L. unterscheidet sich je nach der verwendeten Bestimmungsliteratur. In vorliegender Untersuchung wurde ROTHMALER (1986) und nicht Flora Europaea (TUTIN, HEYWOOD et al. 1972) gefolgt, der die ssp. *chamaedrys* (FRIES) GUSULEAC (als weit verbreitete Sippe) und die ssp. *carniolicus* (BORBÁS) P. SCHMIDT (als stark behaarte Form mit Vorkommen vorwiegend in *Xerobrometen*) unterscheidet. Obwohl im Gelände auch einige mäßig behaarte Formen gefunden (und gesammelt) wurden, brachte ein Vergleich mit Herbarexemplaren der Botanischen Staatssammlung, München, keine eindeutige Klärung der Sippenzugehörigkeit. Diese scheinen jedoch innerhalb der Schwankungsbreite der Unterart zu liegen, daher wurden sie durchweg als *T. pulegioides* ssp. *chamaedrys* bezeichnet.

## 2.3 Erhebung der Nutzungsgeschichte

Eine weitere Zusatzinformation, die zur Beurteilung der Veränderungsvorgänge und deren Ursachen als äußerst wichtig erachtet wurde, ist die Kenntnis der Nutzungsgeschichte der Untersuchungsstellen. Dazu sollte idealerweise die Nutzungsweise zur Zeit der Erstaufnahmen sowie in dem Zeitraum bis zu den Wiederholungsaufnahmen möglichst detailliert bekannt sein. Es wurde ein "Fragebogen zur Erhebung der Nutzungsgeschichte von Kalk-Magerrasen im Landkreis" erstellt, der an alle zuständigen Behörden verschickt und nach dem Rücklauf ausgewertet wurde. Er wurde so konzipiert, daß er einerseits detailliert genug ist, um alle relevanten Einflußfaktoren erfassen zu können, andererseits aber einfach genug, um von den Behörden mit vertretbarem Zeitaufwand bearbeitbar zu sein. Ein Exemplar des Fragebogens ist im Anhang beigefügt.

## 2.4 Auswertung der Daten

### 2.4.1 Tabellenvergleich

Beim Auswertungsverfahren handelt es sich um eine Kombination aus Direktvergleich - also dem Vergleich von Einzelaufnahmen - und Typenvergleich - dem Vergleich von pflanzensoziologischen Einheiten, nach WILMANN (1989: 6) "der wohl aussagekräftigsten Methode", um Vegetationsveränderungen zu dokumentieren und interpretieren. Bei letzterer Methode ist es wichtig, daß nur Einheiten auf niedrigem Niveau verglichen werden, um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen. Auch WILMANN (1989) bemerkt dazu, daß ein solcher Vergleich nur dann zweckmäßig und statthaft ist, wenn die verglichenen Einheiten entsprechend feingliedert sind, wenn es sich also möglichst um Subassoziationen oder Varianten handelt.

Daher wurde zunächst das ausgewählte Erstaufnahme-Material bis zur Ebene der Variante hinab neu gegliedert. Anschließend wurden jeweils die zu einer Einheit gestellten Erstaufnahmen mit den zugehörigen Wiederholungsaufnahmen verglichen und ausgewertet.

Für die Erstellung der Vegetationstabellen, die Berechnung der mittleren Zeigerwerte und die Berechnung der Zeigerwertspektren wurde das "FORTRAN-Programm zur Bearbeitung von Vegetationstabellen" nach STORCH (1985) in der aktualisierten und erweiterten PC-Fassung vom März 1992 verwendet, das Herr Dr. M. STORCH dem Autor freundlicherweise zur Verfügung stellte.

### 2.4.2 Ordination

Neben der Auswertung der Ergebnisse mit "traditionellen" Methoden bot sich eine Analyse mit Hilfe multivariater, numerischer Verfahren an. Für die Darstellung von gleitenden Veränderungen und Übergängen wird die Ordination verwendet. Ziel einer Ordination ist es stets, komplexe Strukturen in den Datensätzen aufzuzeigen, die etwa in Vegetati-

onstabellen - aufgrund deren nur zweidimensionaler Struktur und den dadurch begrenzten Darstellungsmöglichkeiten - auch einem sehr erfahrenen Bearbeiter verborgen bleiben können. Bei der Ordination werden dagegen die vieldimensionalen Ähnlichkeitsstrukturen, wie sie in einem Kollektiv von Vegetationsaufnahmen existieren, in möglichst wenigen Dimensionen übersichtlich abgebildet (DIERSSEN 1990). Dabei soll möglichst wenig Information über die Abstände der Punkte (= der Aufnahmen bzw. Arten) verloren gehen.

Grundsätzlich bieten numerische Analysen den Vorteil, daß sie jederzeit reproduzierbar zu identischen Ergebnissen führen, deren Interpretation und Bewertung allerdings durchaus von der Einschätzung des Bearbeiters abhängt. Voraussetzung dafür ist, daß alle Arbeitsschritte genau angegeben werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß (zunächst) alle Arten in die Ordination eingehen, unbeeinflusst von einer einschränkenden, persönlichen Vorauswahl und Einteilung in diagnostisch "wichtige" und "weniger wichtige" Arten durch den Bearbeiter. Interessant war für die Fragestellung der Arbeit außerdem vor allem die Möglichkeit, mit Hilfe der Ordination die unterschiedlichen Korrelationen der Erst- und Wiederholungsaufnahmen mit verschiedenen Standortfaktoren zu untersuchen, um die Interpretation der komplexen Ursache-Wirkungsbeziehungen zu erleichtern.

Die Methode sei im folgenden kurz näher erläutert. Für eine allgemeine Einführung zu den Grundlagen der Ordination wird auf WHITTAKER (1973), GAUCH (1982), JONGMAN et al. (1987), TER BRAAK & PRENTICE (1987) und FISCHER & BEMMERLEIN-LUX (1992) verwiesen. Spezielle Darstellungen zur CCA finden sich etwa bei GITTINS (1985) und TER BRAAK (1986 und 1987).

### Einführung in die Methode

Grundsätzlich geht die Ordination von einem n-dimensionalen Raum aus, in dem jede Raumachse eine Art repräsentiert. Der Skalenwert einer Art auf einer Achse entspricht jeweils ihrer Artmächtigkeit (bzw. ihrem Deckungsgrad) in der Aufnahme, in der sie auftritt. Jeder Aufnahme kann somit aufgrund ihrer Artenkombination ein genau definierter Punkt in dem n-dimensionalen Koordinatensystem zugeordnet werden. Er ergibt sich aus der Kombination der Lage der Punkte aller Arten, die in dieser Aufnahme enthalten sind. Mehrere Aufnahmen ergeben eine komplexe Punktwolke von meist mehr oder weniger eiförmiger Gestalt.

Es wird davon ausgegangen, daß nicht alle Arten gleich viel zur Unterscheidung und standörtlichen Charakterisierung der Aufnahmen beitragen, sondern es wird die Existenz von "Datenrauschen" unterstellt (dies entspricht den zahlreichen zufälligen, unstillen Begleitern in den Vegetationstabellen, die meist keine spezifizierende ökologische Relevanz besitzen). Bei einer Ordination wird versucht, dieses Datenrauschen (also die Zahl der Achsen, die diese Arten mit sehr geringer Stetigkeit repräsentieren)

soweit zu verringern, daß möglichst wenige Achsen übrigbleiben, die jedoch ein Maximum der Artenverteilung repräsentieren und somit eine höchste Informationsdichte darstellen. Dies wird erreicht, indem mittels rechenaufwendiger Verfahren neue Achsen gesucht (errechnet) werden, die nicht mehr nur einer Art, sondern einer Kombination von Arten entsprechen; die Verteilung der Punkte, die Punktwolke, bleibt dabei unverändert. Erst dadurch wird eine Darstellung und damit auch Interpretation der Beziehung von Arten und Aufnahmen ermöglicht. Die neuen Achsen, die sogenannten Hauptachsen, werden bei jedem Ordinationsverfahren anders berechnet. Bei der Hauptkomponentenanalyse etwa, einer sehr gängigen Ordination, werden sie durch Rotation und Verschiebung der Artenachsen gefunden. Dabei gilt als Bedingung, daß die erste, neu berechnete Achse das Maximum der Artenvarianz bzw. -dispersion repräsentieren muß, sich also entlang der maximalen Ausdehnung der Punktwolke erstrecken soll. Die 2., neu berechnete Achse muß das Maximum der Rest-Varianz erklären, sie soll senkrecht im Nullpunkt auf dieser stehen und gibt damit die größte Breite der Punktwolke wieder. Dadurch ist sie möglichst unkorreliert zur ersten Achse; gleiches gilt für die durch sie repräsentierten Standortparameter, was für die Interpretation wichtig ist.

Auch die folgenden Achsen werden nach dem gleichen Prinzip errechnet. Dargestellt werden jedoch jeweils nur die 1. bis 3., bei Bedarf auch noch die 4. Achse, die zusammen gewöhnlich die Hauptstreuung im Datensatz erklären (die Anzahl der Achsen, die für die Erklärung eines bestimmten Varianzanteils des Datensatzes benötigt werden, kann durch den "screen-test" ermittelt werden, bei dem die Eigenwerte auf der y- und die Achsenzahle auf der x-Achse aufgetragen werden; es ergibt sich eine asymptotische Kurve, auf der der Schnittpunkt beim gewünschten Prozentsatz festgelegt werden kann). Die restlichen Achsen bleiben unberücksichtigt, da sie vorwiegend das Datenrauschen repräsentieren und daher auch nichts zur Interpretation beitragen. Bei den Diagrammen werden jeweils die sogenannten Eigenwerte der Hauptachsen angegeben (siehe 3.4). Sie entsprechen dem Anteil an der Gesamtstreuung im Datensatz, der durch die jeweilige Achse repräsentiert wird. Die Summe der Eigenwerte der interpretierten Achsen sollte daher möglichst hoch liegen. Die Höhe der Eigenwerte nimmt mit jeder weiteren Achse ab. Ist dies nicht der Fall, so ist der Einfluß zufälliger Meß- und Schätzfehler höher als der der untersuchten Datenstruktur (FISCHER & BEMMERLEIN-LUX 1992).

### **Kanonische Korrespondenzanalyse**

Als die für obige Fragestellung am besten geeignete Methode hat sich die Kanonische Korrespondenzanalyse (im folgenden CCA genannt für Canonical Correspondence Analysis) erwiesen, mit der zugleich Artenverteilung und Standortfaktoren der Aufnahmen verrechnet werden können. Sie leitet

sich von der Korrespondenzanalyse ab (CA, in der Literatur auch RA (für "Reciprocal Averaging") genannt), einer Eigenwerttechnik, in der die Berechnung der Aufnahmewerte (sample scores) im Diagramm durch Mittelwertbildung aus den Artwerten (species scores) erfolgt, die wiederum eine Berechnung neuer Artwerte nach sich zieht, die wiederum gemittelt werden, und so fort. Es findet also eine wiederholte Mittelwertbildung (Reciprocal Averaging) statt, die nach HILL (1973) unabhängig vom Startpunkt zu einer stabilen Anordnung entlang eines theoretischen Gradienten führt. Bei der CCA folgt dabei jedem Schritt der Mittelwertbildung noch eine multiple Regression mit den eingegebenen Standortfaktoren (Umweltvariablen), nach denen die Arten gewichtet werden.

### **Umweltvariablen**

Die CCA geht von der Annahme aus, daß das Auftreten von Pflanzen nicht gegenüber einem einzelnen Umweltfaktor, sondern gegenüber einer linearen Kombination mehrerer Umweltfaktoren annähernd einer Gauß-Verteilung folgt (TER BRAAK & PRENTICE 1987). Natürlich stellt dies eine Vereinfachung der tatsächlichen Verhältnisse dar, jedoch kommt dieses Modell der Realität bereits wesentlich näher als früher verwendete. Die CCA wählt dazu die optimale Gewichtung der in die Berechnung eingehenden Umweltvariablen aus, um die Datenstruktur zu erklären, so daß die gefundenen Achsen einer linearen Kombination von Umweltfaktoren entsprechen (TER BRAAK 1987). Im Diagramm werden die Umweltfaktoren als Vektoren dargestellt, wobei der Einfluß des Faktors in Richtung des Vektors zunimmt. Eine Aufnahme oder Art, die im Diagramm in Richtung eines Umweltfaktors liegt, wird durch diesen am stärksten geprägt und zugleich durch entgegengesetzt gerichtete Faktoren am schwächsten.

Die errechneten Umweltvektoren stellen keine echten quantitativen Daten dar. Man kann sie also auch nicht unmittelbar quantitativ interpretieren. Vielmehr dienen sie als qualitative Anhaltspunkte der Feststellung, welche Faktoren am stärksten mit den aufgetretenen Veränderungen korreliert sind. Dabei muß außerdem berücksichtigt werden, daß natürlich nur die eingegebenen Faktoren verrechnet werden können. Dadurch können auch Parameter übersehen werden. Im vorliegenden Fall wäre es etwa interessant, den Einfluß der Streudecke beurteilen zu können, doch fehlen dazu die entsprechenden Daten in den Erstaufnahmen.

Da für die Erstaufnahmen keine Meßdaten vorliegen und aus diesem Grund (fehlende Vergleichsbasis) auch bei den Wiederholungsaufnahmen keine Messungen durchgeführt wurden, konnten als "Umweltfaktoren" nur die Zeigerwerte nach ELLENBERG (1991) verwendet werden. Als "integrierende" Faktoren sind sie in der überarbeiteten Fassung von 1991 bereits recht gut abgesichert und decken vermutlich den größten Teil der relevanten Standortfaktoren ab. Auch von anderen Autoren werden

Zeigerwerte zur Interpretation von Ordinationsdiagrammen gebraucht, so etwa von PERSSON (1981) oder BEMMERLEIN-LUX et al. (1993).

Dennoch ist dieses Vorgehen nicht unproblematisch, da die veränderten Artengruppen direkte Ursache für die veränderten Zeigerwerte sind (siehe dazu auch BÖCKER et al. 1983). Außerdem muß bedacht werden, daß die Zeigerwerte für den gesamten mitteleuropäischen Raum gelten, so daß lokale Unterschiede in der Ausprägung der Werte unberücksichtigt bleiben. Obwohl die Zeigerwerte teilweise mit Meßwerten gut korrelieren (siehe z.B. SCHÖNHAR 1952, JUNKER 1978, RODENKIRCHEN 1982), bleiben sie doch prinzipiell "Hinweise auf die Größenordnung direkt wirksamer Umweltfaktoren" (ELLENBERG 1991: 5). Bei der Interpretation muß damit berücksichtigt werden, daß sie keine kausalen Wirkgrößen darstellen, sondern indirekt über die Artenkombination als Ausdruck veränderter Standortbedingungen Aussagen über diese ermöglichen. Letztlich können sie damit zumindest über die Richtung der Veränderungen Aufschluß geben.

### Interpretation

Zueinander gehörige Paare von Erst- und Wiederholungsaufnahmen werden jeweils zusammen in einem Ordinationsdiagramm (siehe Abb. 16) dargestellt. Durch Vergleich der Richtungsverschiebung des Vektors Erstaufnahme ==> zugehörige Wiederholungsaufnahmen mit den im gleichen Diagramm dargestellten Umweltvektoren lassen sich die mit den Veränderungen am stärksten korrelierten Standortfaktoren herausfiltern und entsprechend interpretieren. Für die veränderte Lage der Wiederholungsaufnahmen im Ordinationsdiagramm ist jedoch letztendlich immer die geänderte Artenkombination verantwortlich, die daher die Interpretationsgrundlage liefert.

Die hier verwendete Methode kann keine vollständigen Kausalerklärungen liefern. Erstens wurden keine direkten Meßwerte als Umweltparameter verwendet, sondern es mußte auf (zwangsläufig verallgemeinernde) Werte aus der Literatur zurückgegriffen werden. Zweitens besteht die Möglichkeit, daß es außer den berücksichtigten Standortfaktoren noch weitere, unbekanntere Einflußfaktoren gibt, die sich auf die Zusammensetzung der Vegetation ausgewirkt haben. Zudem lassen sich, wie in Kap. 4 dargestellt, die festgestellten Veränderungen nicht auf isoliert wirkende Einzelfaktoren zurückführen, sondern diese sind vielfältig miteinander vernetzt und rückgekoppelt, sie wirken als Faktorenkomple-

xe, so daß der maßgebliche, die Veränderungen auslösende Hauptfaktor nicht immer sicher identifiziert werden kann. In jedem Fall sind jedoch die Ergebnisse aus der Interpretation der Ordinationsdiagramme zur Absicherung derjenigen Erkenntnisse, die über die Ergebnisse der anderen Auswertungen gewonnen wurden, sehr hilfreich.

## Durchgeführte Bearbeitungen des Ausgangsdatensatzes

### 1. Umfang der Basisdaten:

In die Ordination gingen sowohl bei den Erst- als auch bei den Wiederholungsaufnahmen jeweils alle Arten ein, auch diejenigen, die als "außerhalb der Aufnahmeflächen vorkommend" notiert worden waren (letzteres trifft jedoch nur auf einen sehr kleinen Prozentsatz der Arten zu, wodurch die Diagrammstruktur kaum beeinflusst wird! siehe Kap. 2.2.2). Als Umweltfaktoren wurden die mittleren Zeigerwerte der Aufnahmen verwendet. Ihre Berechnung erfolgte analog wie für die Auswertung der Zeigerwertveränderungen - also qualitativ (nur nach Auftreten einer Art) und ohne Berücksichtigung der Kryptogamen und Gehölze (siehe dazu Kap. 3.4).

### 2. Transformation der Artmächtigkeitsskala:

Für die Ordination ist eine Verhältnisskala der Deckungsangaben Voraussetzung. Die verwendeten Artmächtigkeitsstufen sind jedoch ordinal skaliert und müssen daher transformiert werden. Dafür bieten sich die mittleren Deckungswerte nach TÜXEN & ELLENBERG (1937, zitiert in MAAREL 1979) an. Die Artmächtigkeitsstufe '+' wurde demgegenüber statt mit 0.1 mit 0.5 festgesetzt und damit ihr Einfluß gegenüber Artmächtigkeitsstufe '1' etwas erhöht. Dies soll den vielen nur mit '+' vorgefundenen Arten Rechnung tragen, da die Zuordnung zur Stufe '+' oder '1' allein aufgrund der scharfen Grenze bei 5 Individuen bei gleicher Deckung erfolgt (siehe Kap. 2.2.2), was möglichen Aufnahmeffehlern wenig Rechnung trägt.

In dieser Skala wird der Einfluß von Arten mit geringer Deckung jedoch zugunsten solcher mit größerem Deckungsanteil stark verringert, was die tatsächliche Situation des Artengefüges verzerrt. Daher wurde anschließend eine Wurzeltransformation der mittleren Deckungswerte vorgenommen, um den Einfluß der höheren Deckungsstufen zu mindern. Die so transformierten Angaben gingen in die Ausgangsmatrix für die Ordination ein.

**Transformation der Artmächtigkeitsstufen (Stufe '0' bedeutet Arten außerhalb der Aufnahmeffäche, siehe Kap. 2.2.2; die Artmächtigkeitsstufe '2' der Erstaufnahmen wurde wie '2b' verrechnet)**

Artmächtigkeitsstufe:	0	+	1	2m	2a	2b	3	4	5
Mittlere Deckung:	0.05	0.5	2.5	5.0	8.75	18.75	37.5	62.5	87.5
Quadratwurzel daraus:	0.22	0.71	1.58	2.24	2.96	4.33	6.12	7.91	9.35

### 3. Maskierung und Herabgewichten von Arten, bzw. Aufnahmen:

Arten mit sehr geringer Stetigkeit beeinflussen die Darstellung im Ordinationsdiagramm insofern, als daß sie quasi als "Ausreißer" weit außen zu liegen kommen und damit die wesentlich zahlreicheren, in der Mitte liegenden Arten (also diejenigen mit durchschnittlichen Werten) stark zusammendrängen. Aufnahmen, die solche Arten enthalten, werden dadurch natürlich ebenfalls in ihrer Lage beeinflusst und kommen weiter außen im Diagramm zu liegen. Die Interpretation des Ordinationsdiagramms wird dadurch erschwert, weil die Struktur aufgrund der Klumpung im Zentrum unübersichtlich wird. Eine gängige Abhilfe bietet das "Herabgewichten" oder Ausschließen (Maskieren) solcher Arten (bzw. Aufnahmen) bei der Berechnung. Da diese Arten in den allermeisten Fällen auch bei der "klassischen" Bearbeitung von Vegetationstabellen unberücksichtigt bleiben - für die Tabellengliederung werden ja im wesentlichen die Arten mit mittlerer Stetigkeit herangezogen - ist dieses Verfahren durchaus legitim. Die Datenstruktur selbst wird dadurch außerdem kaum beeinflusst, denn sie liegt bereits mit nur etwa 70% der Arten (mittlerer Stetigkeit!) fest (BEMMERLEIN-LUX mdl.). So wurde etwa bei einem Testdurchlauf, in dem sämtliche Kryptogamen des Datensatzes gelöscht wurden, überhaupt keine Lageveränderung der Aufnahmepunkte bezüglich der ersten drei Achsen im Diagramm sichtbar. Veränderungen werden erst in übergeordneten Achsen (ab 5. Achse) sichtbar, die jedoch nicht mehr sinnvoll interpretiert werden können. Damit entsteht also kein Widerspruch zu den theoretischen Voraussetzungen der Methode, sondern die Maskierung dient allein dem Ziel einer besseren Interpretierbarkeit des Diagrammes.

Für die Ordination wurden alle Arten, die nur jeweils einmal in den Erst- und Wiederholungsaufnahmen eines Vergleichszeitraums vorkamen, maskiert. Dies entspricht den Arten mit einer Stetigkeit von 0,7 % (GAUCKLER) bzw. 0,6 % (ZIELONKOWSKI).

Ähnliches kann natürlich auch für die Aufnahmen vorgenommen werden. Darauf konnte jedoch verzichtet werden, da mit dem verwendeten Programm CanoDraw gezielt einzelne Aufnahmen nicht im Diagramm dargestellt werden können, obwohl sie in die Ordination eingingen, bzw. freie Ausschnitte aus dem Ordinationsdiagramm bei jeder Achsenkombination wählbar sind, so daß dadurch evt. verdeckt oder geklumpt liegende Aufnahmepunkte sichtbar werden.

### 4. Gewichtung von Arten bzw. Aufnahmen:

Analog können bestimmte, etwa als diagnostisch besonders wichtig erachtete Arten, gezielt verstärkt gewichtet werden. Darauf wurde in vorliegender Untersuchung jedoch verzichtet.

### 5. Skalierung der Ordination:

Die Aufnahmewerte entsprechen gewichteten mittleren Artwerten. Diese Art der Skalierung bringt die

besten Ergebnisse, wenn auf eine Darstellung der Lage der Aufnahmepunkte abgezielt wird.

### Verwendete Programme

Die Ordinationsauswertungen wurden mit dem Programm CANOCO Version 3.12 (1992) von C. J. F. TER BRAAK (1988 und 1990) durchgeführt. Die grafische Darstellung erfolgte mit dem dazu erhältlichen Programm CanoDraw, Version 3.0  $\alpha$ -user (SMILAUER 1990 und 1992).

## 3. Darstellung, Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

### 3.1 Pflanzensoziologische Einordnung der untersuchten Bestände

#### 3.1.1 Erstaufnahmen von GAUCKLER (Aufnahmezeitraum: 1931-36)

In den Tabellen zu den verschiedenen Assoziationen der "Steppenheide" und des "Steppenheidewaldes" hat GAUCKLER jeweils die "Charakterarten verschiedenen Grades", wie er sie nennt, gekennzeichnet. Sie entsprechen in etwa den Assoziations-, Verbands- und Ordnungscharakterarten im Sinne von BRAUN-BLANQUET. Differentialarten sind ebenfalls vermerkt. Wohl ganz bewußt hat er es jedoch vermieden, Charakter- bzw. Differentialarten bei den "halbkulturellen Trockenrasen" (S. 68), also den für die Wiederholungsuntersuchung ausgewählten Tabellen (Nr. 7 bis 9 in GAUCKLER 1938) auszuscheiden, es sind nur einige im Text (a.a.O.: 46) aufgezählt. Vermutlich war er der Auffassung, daß sich die "natürlichen" (der Begriff "naturmah" im heutigen Sinne war damals nicht gebräuchlich) Pflanzengesellschaften soziologisch wesentlich klarer gliedern und beschreiben lassen.

Aus heutiger Sicht ist GAUCKLERs Aufnahmemaaterial nicht überzeugend gegliedert (siehe Übersicht nächste Seite). So ist das *Xerobrometum Francojurassicum* (Tab. 7 in GAUCKLER 1938) durch das Auftreten von *Bromus erectus* gekennzeichnet, fast alle Aufnahmen dieser Einheit enthalten dazu auch *Carex humilis*, meist mit hohen Deckungswerten. Die Aufnahmen des *Festucetum sulcatae et duriusculae Francojurassicum* (Tab. Nr. 8, a.a.O.) sind dagegen durch das Fehlen von *Bromus erectus* gekennzeichnet, *Carex humilis* tritt nur selten auf, wogegen *Festuca rupicola* und *F. "duriuscula"*, wie auch in den Aufnahmen des *Xerobrometum Francojurassicum*, durchgehend vorhanden sind. In den Aufnahmen des *Brachypodietum pinnati (Mesobrometum) Francojurassicum* (Tab. Nr. 9, a.a.O.) treten alle drei Grasarten und dazu *Brachypodium pinnatum* in hoher Deckung auf. *Carex humilis* fehlt dort vollständig, dafür treten mesophilere Arten wie *Carex flacca* und andere hinzu.

Innerhalb seiner Tabellen, auch derjenigen der "Steppenheide", sind immer die Grasarten an den Anfang gestellt, die offensichtlich als die diagnostisch wichtigsten angesehen wurden - worauf auch

**Übersicht über die pflanzensoziologische Gliederung der GAUCKLERSchen Aufnahmen nach verschiedenen Autoren (die Zuordnung bei HAGEN erfolgte aufgrund des für die Wiederholungsuntersuchung ausgewählten Aufnahmемaterials)**

**Anmerkung:** Einige der Aufnahmen aus GAUCKLERS Tabelle Nr. 7 und Nr. 8 werden bei HAGEN der "Brometalia-Fragmentgesellschaft" zugeordnet.

<b>Einheit nach GAUCKLER (1938)</b>	<b>nach OBERDORFER (1978)</b>	<b>nach HAGEN (1993)</b>
<i>Xerobrometum Francojurassicum</i> (Tab. 7)	--- (nicht erwähnt)	<i>Pulsatillo-Caricetum typicum</i> <i>Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis</i> <i>Gentiano-Koelerietum typicum</i> (typische Var.)
<i>Festucetum sulcatae et duriusculae</i> <i>Francojurassicum</i> (Tab. 8)	<i>Gentiano-Koelerietum</i>	dto., außerdem: <i>Gentiano-Koelerietum typicum</i> (Var. <i>Potentilla cinerea</i> )
<i>Brachypodietum pinnati</i> ( <i>Mesobrometum</i> ) <i>Francojurassicum</i> (Tab. 9)	<i>Gentiano-Koelerietum</i>	<i>Gentiano-Koelerietum typicum</i> (Var. <i>Leontodon hispidus</i> )

**Anmerkung:** einige Aufnahmen aus GAUCKLERS Tabelle Nr. 7 und Nr. 8 werden bei HAGEN der "Brometalia-Fragmentgesellschaft" zugeordnet.

die Namen der Assoziationen hindeuten. Die anderen Krautarten sind nach Pflanzenfamilien in der damals üblichen Reihenfolge angeordnet, von *Caryophyllaceae* über *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Apiaceae*, *Labiatae* bis *Asteraceae*. Die Reihenfolge der Aufnahmen spiegelt den Verlauf der Frankenalb wieder, sie sind rein geographisch von Südwesten über den Regensburger Raum nach Norden angeordnet. Diese nach pflanzensoziologischen Gesichtspunkten unzureichende Anordnung wurde wohl deshalb gewählt, um die geographische Verbreitung der Arten besser herauszustellen, denn die Aufdeckung pflanzengeographischer Verbreitungstypen bildete einen Schwerpunkt der Arbeit GAUCKLERS.

In der neueren Literatur werden die Einheiten GAUCKLERS anders bezeichnet und gewertet. OBERDORFER (1978) ordnet zwei der Einheiten, nämlich das *Festucetum sulcatae et duriusculae Francojurassicum* und das *Brachypodietum pinnati (Mesobrometum) Francojurassicum* dem *Gentiano-Koelerietum* KNAPP 42 ex BORNK. 60 zu. Er unterscheidet in dieser Assoziation zwei geographische Rassen, eine östliche *Festuca sulcata*-Rasse, zu der das Aufnahmемaterial GAUCKLERS zu stellen ist, und eine westliche *Bromus erectus*-Rasse aus der südwestlichen Schwäbischen Alb, der die subkontinentalen Arten der Frankenalb wie *Festuca rupicola*, *Erysimum odoratum* oder *Cytisus ratisbonensis* weitgehend fehlen. Das *Xerobrometum Francojurassicum* GAUCKLERS wird von OBERDORFER nicht näher betrachtet.

Standörtlich unterscheidet OBERDORFER (1978: 141) in der Fränkischen Alb nach zahlreichen Aufnahmen von KORNECK drei Subassoziationen: neben der "typischen" eine "zum *Xerobromion* vermit-

telnde Subassoziation mit *Carex humilis*" und eine "Bodenversauerung anzeigende mit *Genistella sagittalis*"

Um beim Vergleich der Wiederholungsaufnahmen zu möglichst aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen, wurden die ausgewählten Aufnahmen GAUCKLERS neu gegliedert. Dabei wurde versucht, möglichst solche Einheiten herauszuarbeiten, die sowohl floristisch als auch standörtlich einheitlich sind. Für die Auswertung der Ergebnisse aus den Wiederholungsuntersuchungen bilden diese Einheiten die Interpretationsgrundlage, da es sinnvoll erschien, die festgestellten Veränderungen jeweils getrennt nach Standorttypen zu behandeln.

Bei der neu durchgeführten Gliederung konnten 6 verschiedene Einheiten unterschieden werden. Einen Überblick über die durchgeführte Gliederung soll die folgende Teiltabelle geben (siehe Tabelle 1). Im folgenden Teil werden die einzelnen Einheiten näher charakterisiert.

*1 Brometalia-Fragmentgesellschaft*

Diese Einheit enthält zwar nur 3 Aufnahmen, hebt sich aber deutlich von allen anderen ab. Sie läßt sich aufgrund des Fehlens jeglicher Kenn- und Trennarten keiner Assoziation zuordnen. Einzig das stete Auftreten von *Sesleria albicans* könnte zur Kennzeichnung herangezogen werden, doch kommt diese Art erstens auch in zwei Aufnahmen des *Pulsatillo-Caricetum typicum* vor und zweitens sind zu wenig weitere Lückenzeiger vorhanden, um sie beispielsweise dem *Pulsatillo-Caricetum seslerietosum* im Sinne von OBERDORFER (1978) anschließen zu können. Nur die übergeordneten Kennarten treten mit hoher Stetigkeit auf. Insgesamt handelt es sich um die artenärmsten Aufnahmen.

Tabelle 1

Erstaufnahmen von GAUCKLER, neu gegliedert (Teiltabelle der Tab. 6 im Anhang)

- 1 Brometalia-Fragmentgesellschaft
- 2 Pulsatillo-Caricetum typicum
- 3 Gentiano-Koelerietum, *Festuca sulcata*-Rasse
  - a caricetosum humilis
  - b typicum
    - α Variante mit *Potentilla cinerea*
    - β typische Variante
    - γ Variante mit *Leontodon hispidus*

1	2	3			
		a	b		
			α	β	γ

AUFNAHMENUMMER	878	7777778888	77777788	888888	88787	9999
	111	1000000011	10001000	211010	11201	0000
	988	2458134504	97621929	023811	65067	8751

A 2, zugleich d 3a

Teucrium montanum	111+11+++.	.11.11+1	.....
Globularia punctata	111.++11+1	1++11..	...0..
Fumana procumbens	21.1.....	.0+1...	

A 3	Cirsium acaule	1++++++	+.....	11+..	221+
	Gentianella ciliata	+......	+......		1++.

D 3	Ranunculus bulbosus	.....	+...+2.	+...+.	..+12.	.11+
	Euphrasia stricta	.....+	+......11	.11..0	...+.	+1+
	Onobrychis viciifolia			+.....	...+1	+..

d 3a	Carex humilis	21.	32222.....	.12122..		....
	Anthericum ramosum	.1.	+0.+++....	..+11..+		1...
	Dichanthium ischaemum		+....+1+0.	..+1.02.		

d 3ba	Potentilla cinerea	.0+	1...121+2	++.+1+.1	11212+	
	Artemisia campestris	++1	+.+++++1+1	+..0+++	++++1+	
	Teucrium chamaedrys		2+1+0.1++.	+.1.11.1	.1210.	

d 3by	Leontodon hispidus ssp. hispidus		.....			+21+
	Hypnum cupressiforme s. lat.		.1.....			+12.
	Gentianella germanica					1.1+
	Poa pratensis					..+++
	Trifolium pratense ssp. pratense					..+1

Δ	Festuca rupicola	3.2	++.11+3321	2+..2223	2..3.1	32+32	.2..
---	------------------	-----	------------	----------	--------	-------	------

O Brometalia

	Helianthemum nummularium ssp. obscurum	+1	11+111.1+2	1+1+11+1	+12111	10++2	..1+
	Potentilla tabernaemontani	111	1+11+.+21+	1+21.+1	221112	21121	.121
	Koeleria pyramidata	..+	+......+2	1+.....1	1++++.	21.2+	1111
	Bromus erectus	.2.	2233+3....	313233..		..1.3	.22.

2 Pulsatillo-Caricetum humilis GAUCKL. 38 em. OBERD. et KORN. typicum, Jura-Rasse  
 Diese aus 10 Aufnahmen bestehende Einheit ist durch die hohe Stetigkeit der Assoziationscharakterarten einerseits und das Fehlen von *Cirsium acaule* und anderen Kennarten des *Gentiano-Koelerietum* andererseits gut gekennzeichnet. Es bestehen enge Beziehungen zum *Gentiano-Koelerietum cariceto-*

*sum humilis*, mit dem diese Einheit eng verzahnt vorkommt (siehe dazu auch WITSCHERL 1991: 209). *Erysimum odoratum* als geographische Trennart der Rasse kommt nur in einer Aufnahme vor, *Festuca rupicola* dagegen höchstens. Daher wäre zu klären, ob nicht eventuell diese Art, wie auch im Fall des *Gentiano-Koelerietum*, zur geographischen Differenzierung herangezogen werden sollte. Dies kann

jedoch nicht im Rahmen dieser Untersuchung, sondern nur im überregionalen Vergleich beurteilt werden.

Zusätzlich wäre es im vorliegenden Aufnahmematerial möglich, eine Ausbildung mit *Carex humilis* und eine ohne diese Art zu unterscheiden, der auch weitere Arten fehlen und in der etwas mesophilere Arten angereichert sind. Im Rahmen dieser Arbeit wurde aber darauf verzichtet, da die Unterschiede als nicht groß genug erachtet wurden.

### 3 *Gentiano-Koelerietum* KNAPP 42 ex BORNK. 60, *Festuca sulcata*-Rasse

Die zweite Assoziation ist durch ihre Charakterarten *Cirsium acaule* und *Gentianella ciliata* gekennzeichnet. Da diese jedoch nicht durchgehend in allen Aufnahmen vorkommen, mußten weitere differenzierende Verbandscharakterarten zu deren Kennzeichnung herangezogen werden. Dennoch bleiben die Aufnahmen Nr. 811 und 801 schlecht charakterisiert. Es wurde hier aber bewußt das *Gentiano-Koelerietum* etwas weiter gefaßt, um das *Pulsatillo-Caricetum* dadurch besser abzugrenzen, da letztere Gesellschaft nach heutiger Auffassung eine von menschlichen Einflüssen weitgehend unabhängige Dauergesellschaft (OBERDORFER 1978: 178) darstellt, die vorwiegend in Felskontakt und meist nur kleinflächig auftritt. Im Vergleich zur Literatur (vor allem dem Tabellenmaterial von KORNECK in OBERDORFER 1978) ist die Kennzeichnung des *Gentiano-Koelerietum* eher schwach und vor allem die Ausbildung mit *Carex humilis* durch die hohe Stetigkeit einiger xerophytischer Arten als Gesellschaft betont trockener Standorte ausgewiesen. Die Zuordnung zum *Gentiano-Koelerietum* wurde hier vor allem wegen des Auftretens von *Cirsium acaule* getroffen, es wurde aber auch die Nutzung in die Beurteilung einbezogen.

GAUCKLER hat bei fast allen der für die Wiederholungsaufnahmen ausgewählten Vegetationsaufnahmen angegeben, daß es sich um beweidete Trockenrasen handelt. Sie sollten daher nach heutiger Auffassung in den meisten Fällen dem *Gentiano-Koelerietum* und nur in Ausnahmen dem *Pulsatillo-Caricetum* zuzuordnen sein. Eine Erklärung für den relativ extremen Charakter einiger seiner *Gentiano-Koelerieten* könnte in eventuell nicht ganz homogen gewählten Aufnahmeflächen liegen. Es ist zumindest auffällig, daß auch solch extreme Standorte besiedelnde Arten wie *Fumana procumbens* zusammen mit eher mesophytischen wie *Cirsium acaule* und *Plantago media* vorkommen. Auch scheint eine Flächengröße von 100 m<sup>2</sup>, wie GAUCKLER sie bei mehreren Aufnahmen wählte, zu groß für standörtlich wirklich homogene Flächen zu sein - zumindest nach heutigen Verhältnissen. Es muß jedoch auch der Einfluß der früheren Nutzung berücksichtigt werden. Zu Zeiten GAUCKLERs wurden auch wesentlich flachgründigere Magerrasen als heute noch beweidet, und dies weitaus intensiver, als es heutzutage stattfindet. Darauf deuten auch einige Äußerungen im Text seiner Arbeit

hin (z.B. S. 41). Dies hatte zur Folge, daß die beweideten "Trockenrasen" sehr viel lückiger waren als heute, so daß das stete Auftreten von extremen Lücken- und Trockenheitszeigern zusammen mit Beweidungszeigern plausibel wird. Da die Weide auch auf extreme Grenzstandorte ausgedehnt wurde, konnten durchaus auch einzelne Felspartien mit den sie besiedelnden Arten in einer Aufnahmefläche liegen. Wenn man die Aufnahmeflächen wirklich homogen wählen wollte, so müßten solche Flächenteile bei der Aufnahme der Arten und der Deckungsschätzung konsequent ausgespart bleiben. Ähnliche Probleme bei der Abgrenzung homogener Flächen und dadurch auch der pflanzensoziologischen Einheiten beschreibt WITSCHHEL (1991: 209) aus der Hohen Schwabenalb für eng mit dem *Gentiano-Koelerietum* verzähnte *Xerobromion*-Gesellschaften.

### 3 a *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*

Diese Ausbildung zeigt deutliche Anklänge an das *Pulsatillo-Caricetum typicum*. *Carex humilis* als Differentialart gegen das *Gentiano-Koelerietum typicum* kommt mit hoher Stetigkeit vor, ebenso *Anthericum ramosum* und das lückige, magere Stellen besiedelnde Bartgras *Dichanthium ischamum*. Wie in der standörtlich nahestehenden Variante mit *Potentilla cinerea* des *Gentiano-Koelerietum typicum* (Einheit 3 b) treten auch im *caricetosum humilis* die Lückenbesiedler *Potentilla cinerea* und *Artemisia campestris* mit hoher Stetigkeit auf.

OBERDORFER (1978) gibt in der Tabelle zur standörtlichen Gliederung des *Gentiano-Koelerietum* nur das Material von MÜLLER aus der Schwäbischen Alb an (Tab. Nr. 100). Danach kann eine Subassoziation mit *Teucrium montanum* ausgeschieden werden, das standörtlich wohl dem *caricetosum humilis* entspricht, wie es von KORNECK für die Fränkische Alb beschrieben wurde (OBERDORFER erwähnt diese nur im Text und bezieht sich auf eine nicht publizierte Tabelle KORNECKs). Die zum *teucrietosum montani* gebrachten Aufnahmen ähneln denjenigen GAUCKLERs, die hier zur Subassoziation mit *Carex humilis* gestellt werden.

### 3 b *Gentiano-Koelerietum typicum*

Die Grenze zum *Pulsatillo-Caricetum* und zum *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* (Einheit 3 a) ist mit dem Ausfall von *Teucrium montanum*, *Globularia punctata* und *Fumana procumbens* sowie von *Carex humilis* sehr scharf. Die Zugehörigkeit zur Assoziation tritt jedoch nur in den Varianten  $\beta$  und  $\gamma$  deutlich in Erscheinung. Insgesamt sind gegenüber der Einheit 3a im *typicum* mesophile Arten stärker angereichert, während die Lückenzeiger vor allem in den Varianten  $\beta$  und  $\gamma$  klar zurücktreten.

Das *Gentiano-Koelerietum typicum*, wie es hier aufgefaßt wird, ist offenbar vom Wasserhaushalt her etwas extremer als dasjenige nach den Aufnahmen MÜLLERs, dem beispielsweise *Pulsatilla vulgaris* vollständig fehlt. Diese Art läßt sich wegen ihrer

hohen Stetigkeit im Aufnahmematerial von GAUCKLER jedoch nicht zur näheren Differenzierung der Subassoziation heranziehen. Die Unterschiede können einerseits arealgeographische Ursachen haben, andererseits könnte ein *typicum* zu Zeiten GAUCKLERS auch einen anderen Charakter als zum Aufnahmezeitpunkt MÜLLERS besessen haben.

*3 b α Gentiano-Koelerietum typicum, Variante mit Potentilla cinerea*

Diese Einheit hat mit dem *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* (Einheit 3 a) Arten wie *Potentilla cinerea* und *Teucrium chamaedrys* gemeinsam, durch die sie andererseits von den folgenden beiden Varianten getrennt wird. Sie ist standörtlich im trockeneren Bereich der Subassoziation angesiedelt und hebt sich dadurch von den beiden anderen Varianten β und γ ab.

Aufnahme Nr. 801 ist schlecht charakterisiert, sie besitzt keine Assoziationskennarten, von den Differentialarten der Assoziation kommt nur eine und diese nur außerhalb der Aufnahmefläche vor. Damit bestehen Ähnlichkeiten zur *Brometalia*-Fragment-

der Varianten α (mit *Potentilla cinerea*) als auch γ (mit *Leontodon hispidus*) völlig.

*3 b γ Gentiano-Koelerietum typicum, Variante mit Leontodon hispidus*

Hier sind diejenigen Aufnahmen zusammengefaßt, die sich durch das Hervortreten von Fettwiesenarten deutlich von den anderen Aufnahmen abheben. Sie sind von GAUCKLER in eine eigene Assoziation, das *Brachypodietum pinnati* (*Mesobrometum Francojurassicum*, gestellt worden und besiedeln den frischeren Standortbereich innerhalb der Subassoziation.

**Standortgradient:**

Die Einheiten sind in der Tabelle (Nr. 6, siehe Anhang) von links nach rechts entlang eines Standortgradienten angeordnet, der von relativ trockenen und nährstoffarmen bis zu relativ frischeren und nährstoffreicheren Standorten reicht. Dies wird auch an den mittleren Zeigerwerten der Gefäßpflanzen deutlich (qualitative Berechnung, ohne Gehölze; in der linken Spalte jeder Einheit stehen jeweils die Werte für die Erst- und in der rechten für die Wiederholungsaufnahmen).

**Standortgradient der Einheiten von GAUCKLER**

EINHEIT NR.	1		2		3a		3ba		3bb		3bc	
	alt	neu										
Mittlere Stickstoffzahlen:	2,1	3,1	2,2	2,7	2,4	2,7	2,2	2,7	2,6	3,2	2,8	3,1
Mittlere Feuchtezahlen:	3,0	3,7	3,0	3,3	3,1	3,3	3,1	3,5	3,4	3,7	3,7	3,7

gesellschaft, gegen die auch das Vorkommen der Differentialartengruppe mit *Potentilla cinerea* keine hinreichende Abgrenzung bietet. Das Vorkommen der Verbandsdifferentialarten, die jener Einheit fast völlig fehlen, ermöglicht jedoch die Zuordnung zum *typicum*. Ähnliches trifft auch für die Aufnahme-Nr. 811 zu, der die Differentialarten der Assoziation ganz fehlen. Hier können jedoch das Vorkommen von *Koeleria pyramidata* als Weidezeiger, das Fehlen von *Bromus erectus* als nicht weidefester Art sowie der Artenreichtum der Aufnahme (40 gegenüber 19-30 Gefäßpflanzen bei der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft) die Einordnung beim *typicum* rechtfertigen.

*3 b β Gentiano-Koelerietum typicum, typische Variante*

Die in ihr zusammengefaßten Aufnahmen kommen im mittleren Standortbereich der Subassoziation vor. Ihr fehlen die differenzierenden Arten sowohl

**3.1.2 Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI (Aufnahmezeitraum: 1968-70)**

Umfang und Abgrenzung der pflanzensoziologischen Einheiten des Aufnahmematerials in ZIELONKOWSKI (1973) sind in der gängigen Literatur bereits mehrfach diskutiert worden. Danach werden sie wie folgt eingeordnet bzw. kommentiert:

Die Aufnahmen in ZIELONKOWSKIs Tabelle Nr. 17, die er zum *Diantho gratianopolitani-Festucetum pallentis* GAUCKLER 38 stellt, werden von OBERDORFER (1978) nicht gesondert behandelt. Nach SCHUSTER (1980: 81) "kommen hingegen bei dem Belegmaterial ZIELONKOWSKIs aus dem Regensburger Raum Zweifel an der Zuordnung zu den Felsfluren auf. Dort fallen ... hochdeckende Xerothermsrasenarten ... auf, welche weitaus stärker beteiligt sind als die eigentlichen Felsbandarten. Berücksichtigt man darüber hinaus noch seine Profilbe-

**Übersicht über die pflanzensoziologische Gliederung der ZIELONKOWSKI'schen Aufnahmen nach verschiedenen Autoren ("???" steht für eine zweifelhafte Einordnung nach Angaben des Autors; die Zuordnung bei HAGEN erfolgte aufgrund des für die Wiederholungsuntersuchung ausgewählten Aufnahmемaterials)**

**Anmerkung:** Einige Aufnahmen aus ZIELONKOWSKI's Tabelle Nr. 20 und 21 werden bei HAGEN der "Brometalia-Fragmentgesellschaft" zugeordnet.

Einheit nach ZIEL. (1973)	nach OBERDORFER (1978)	nach SCHUSTER (1980)	nach HAGEN (1993)
Diantho-Festucetum pallentis (Tab. 17)	— (nicht behandelt)	Festuco rupicolae-Brometum (Carex humilis-reich)	Pulsatillo-Caricetum typicum
Teucrio montani-Seslerietum (Tab. 18)	Pulsatillo-Caricetum (z.T.) Bromo-Seslerietum (z.T.)	—	Pulsatillo-Caricetum seslerietosum
Xerobrometum (Tab. 19)	Pulsatillo-Caricetum	—	Pulsatillo-Caricetum seslerietosum
Carici humilis-Brometum (Tab. 20)	—	(Pulsatillo-Caricetum ???)	Pulsatillo-Caricetum typicum Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis
Festuco rupicolae-Brometum (Tab. 21)	Gentiano-Koelerietum	Festuco rupicolae-Brometum	Gentiano-Koelerietum typicum typische Variante (z.T.) Var. mit Säurezeigern (z.T.)
Sieglingio-Brachypodietum (Tab. 22)	Gentiano-Koelerietum agrostietosum	—	dto.

**Anmerkung:** einige Aufnahmen aus ZIELONKOWSKI's Tabelle Nr. 20 und 21 werden bei HAGEN der "Brometalia-Fragmentgesellschaft" zugeordnet.

schreibung ..., so scheinen eher sehr trockene, *Carex humilis*-reiche *Festuco rupicolae-Brometen* mit einem hohen Anteil an Felsbandarten vorzuliegen" Diese Gesellschaft wiederum ist nach OBERDORFER (1978) als Subassoziation von *Carex humilis* des *Gentiano-Koelerietum* KNAPP 42 ex BORNK. 60 in der östlichen *Festuca sulcata*-Rasse zu bezeichnen.

Das *Teucrio montani-Seslerietum* ZIELONKOWSKI's wird von OBERDORFER (1978) teils dem *Pulsatillo-Caricetum humilis* GAUCKL. 38 em. OBERD. et KORN., teils dem *Bromo-Seslerietum* (KUHN 37) OBERD. 57 nom. inv. zugerechnet, beide jeweils in der *Festuca sulcata*-Rasse. Das eigentliche *Teucrio-Seslerietum* VOLK 37 wird von OBERDORFER (1978) dagegen als an dealpinen Arten arme Assoziation nur für Mainfranken anerkannt und steht dort eher dem *Trinio-Caricetum humilis* nahe.

Das *Xerobrometum* ZIELONKOWSKI's wird von OBERDORFER (1978) zum *Pulsatillo-Caricetum humilis* gestellt.

Nach SCHUSTER (1980: 191) ist es zweifelhaft, ob die Aufnahmen, die ZIELONKOWSKI in der Tabelle Nr. 20 veröffentlicht hat (dort als *Carici humilis-Brometum* KUHN 37 bezeichnet), zum *Xerobromion* zu stellen sind, da einerseits darin *Mesobromion*- und sogar *Arrhenatherion*-Arten mit relativ hoher Stetigkeit auftreten und andererseits diese Einheit an sich schwach gekennzeichnet ist und sich von den anderen, nahestehenden nicht eindeutig abtrennen läßt. In OBERDORFER (1978) werden diese Aufnahmen nicht berücksichtigt.

Das *Festuco rupicolae-Brometum* von ZIELONKOWSKI zählt laut OBERDORFER (1978) zur östlichen *Festuca sulcata*-Rasse des *Gentiano-Koelerietum*.

Das *Sieglingio-Brachypodietum* von ZIELONKOWSKI stellt OBERDORFER (1978) zum bodensauren *Gentiano-Koelerietum agrostietosum* (KORN. 60) in einer artenreichen Ausbildung der östlichen *Festuca sulcata*-Rasse.

Wie bei den Aufnahmen GAUCKLER's wurde als Basis für die zur Wiederholung ausgewählten Aufnahmen ZIELONKOWSKI's wiederum versucht, eine neue pflanzensoziologische Gliederung zu erarbeiten. Dabei können 6 Einheiten unterschieden werden, über die die folgende Teiltabelle einen Überblick geben soll (siehe Tabelle 2).

Im folgenden werden die einzelnen Einheiten näher charakterisiert.

*1 Pulsatillo-Caricetum humilis* GAUCKL. 38 em. OBERD. et KORN., Jura-Rasse

Die hierzu gestellten Aufnahmen sind durch die hohe Stetigkeit der Assoziationscharakterarten *Fumana procumbens*, *Globularia punctata* und *Teucrium montanum* einerseits sowie durch das völlige Fehlen der Kennarten des *Gentiano-Koelerietum* (*Cirsium acaule* und *Gentianella ciliata*) wie auch von *Ranunculus bulbosus* als dessen Differentialart andererseits gut charakterisiert. Die Umgrenzung ist wesentlich schärfer als beim Material GAUCKLER's, was wohl auf die schon oben angeführten nutzungsgeschichtlichen Gründe zurückzuführen ist. *Carex humilis* als steter Begleiter tritt in fast allen Aufnahmen auf.

Tabelle 2

Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI, neu gegliedert (Teiltabelle der Tab. 8 im Anhang)

- 1 Pulsatillo-Caricetum humilis
  - a seslerietosum
  - b typicum
- 2 Gentiano-Koelerietum, *Festuca sulcata*-Rasse
  - a caricetosum humilis
  - b typicum
    - α typische Variante
    - ß Variante mit Säurezeigern
- 3 Brometalia-Fragmentgesellschaft

1		2		3	
a	b	a	b		
			α		β

AUFNAHMENUMMER		111111	211222222221	22222222	222222	222222	2222
		888888	0790000001077	000000000	1	111121	222212 3110
		001010	1002102121201	100011010	10	000211	001011 1111
		961861	9615882734190	253463916140	892022	357401	6385
<b>A 1</b>	<i>Teucrium montanum</i>	111111	33211++++2..	2..1.+.+1+..			
	<i>Globularia punctata</i>	2++11+	1+.1+++++.+	...++++...			
	<i>Fumana procumbens</i>	1.....	..1.....				
<b>d 1a (meist dealpine Begleiter)</b>							
	<i>Sesleria albicans</i> ssp. <i>albicans</i>	353321					
	<i>Bupthalmum salicifolium</i>	1231.1	.1.			...1	
	<i>Anthericum ramosum</i>	1222.+	+.+			+.+	
	<i>Polygala chamaebuxus</i>	223.+.	.1.....				
	<i>Leontodon incanus</i>	1..11.	...+.....				
	<i>Thlaspi montanum</i>	11+...					
	<i>Carduus defloratus</i>	1.....					
	<i>Daphne cneorum</i>	2.....					
<b>A 2</b>	<i>Cirsium acaule</i>			+++311+..	11.		+11+.
	<i>Gentianella ciliata</i>			+++... .+			+...
<b>D 2</b>	<i>Ranunculus bulbosus</i>						
<b>d 2a</b>	<i>Carex humilis</i>	211232	133++31+..232	3222122223++			.2
<b>d 2bß</b>	<i>Festuca nigrescens</i> ssp. <i>nigrescens</i>						+.++1+
	<i>Luzula campestris</i>						+++..++
	<i>Agrostis capillaris</i>			....2.....			1.1+..
	<i>Danthonia decumbens</i>						+1+.
<b>Δ</b>	<i>Festuca rupicola</i>	+1.+12	.1+21323222.2	212+12321231	2123+1	.22221	2241
<b>O Brometalia</b>							
	<i>Helianthemum nummularium</i> ssp. <i>obscurum</i>	1+1121	++221211..211	111+1++..+2+1	211.+2	+++..2+	.1
	<i>Koeleria pyramidata</i>	1.1... 1+1+11121111+	2211++..+111+	11.1+1	+1.		.1..
	<i>Potentilla tabernaemontani</i>	1+++..	..1.++++1+++	++..+....++	1.		+2+1

*I a Pulsatillo-Caricetum seslerietosum*  
 Hochstete Differentialart dieser Einheit ist *Sesleria albicans* ssp. *albicans*, die von zahlreichen dealpinen Arten sowie von *Anthericum ramosum* in hoher Stetigkeit begleitet wird. *Carex humilis* tritt ebenfalls in allen Aufnahmen auf. Die Einheit entspricht damit gut dem in OBERDORFER (1978: Tab. Nr. 108) skizzierten Inhalt.

Problematisch und unscharf ist die Abgrenzung zum *Bromo-Seslerietum* (KUHNS 37) OBERDORFER: 57 nom. inv., wie es in OBERDORFER (1978) beschrieben wird. OBERDORFER bemerkt hierzu (a.a.O.: 180): "Während in der Schwäbischen Alb *Sesleria varia*-freie *Xerobromion*-Gesellschaften nur eine untergeordnete Rolle spielen, also keine Abgrenzungsschwierigkeiten gegen diese bestehen, gibt es im

Fränkischen Jura bei häufigem Kontakt mit dem *Pulsatillo-Caricetum humilis* zahlreiche Übergänge zum *Xerobromion* s. str. Wir haben *Sesleria*-Bestände, die noch die mehr oder weniger vollständige Kennartengruppe des *Pulsatillo-Caricetum* enthalten, zu deren Subassoziation mit *Sesleria varia* gestellt; *Sesleria*-Gesellschaften, bei denen so bezeichnende Arten wie *Fumana procumbens* ausfallen zum *Bromo-Seslerietum* gezogen."

Mit "Kennartengruppe des *Pulsatillo-Caricetum*" kann hier nur das Dreigespann *Teucrium montanum*, *Globularia punctata* und die seltene *Fumana procumbens* gemeint sein. Diese drei Arten treten aber auch in den Tabellen des *Pulsatillo-Caricetum*, die OBERDORFER (1978) anführt, nicht mit so hoher Stetigkeit auf, als daß jede Aufnahme eindeutig zuzuordnen wäre. Aufschlußreich ist ein Vergleich seiner Tabellen Nr. 108 (Ausbildungsformen des *Pulsatillo-Caricetum humilis* in der Fränkischen Alb, darunter eine Spalte zur Subassoziation mit *Sesleria*) und Nr. 109 (geographische Gliederung der Assoziationsgruppe *Sesleria varia*-reicher Trockenrasen im Gebiet, hier eine Spalte mit dem *Bromo-Seslerietum* in der *Festuca sulcata*-Rasse der Fränkischen Alb).

Alb ... häufiger und deutlicher ausgeprägt (ist) als im Fränkischen Jura, wo es neben dem *Pulsatillo-Caricetum* nur kleinflächig und mehr auf Felsbändern zu finden ist". Da eine Zuordnung des Aufnahmematerials zum *Pulsatillo-Caricetum seslerietosum* also wesentlich klarer und eindeutiger als zum *Bromo-Seslerietum* erfolgen kann, wurde dies auch so durchgeführt.

*1 b Pulsatillo-Caricetum typicum*

Dieser Einheit fehlen *Sesleria albicans* ssp. *albicans* völlig und die dealpinen Begleitarten weitgehend. Die mesophilen Begleiter sind bereits etwas häufiger als im *seslerietosum* vertreten, aber auch Lückenzeiger sind deutlich angereichert. Die Aufnahmen Nr. 1709 und 1710 besitzen zwar nicht die Kennarten der Assoziation, ihnen fehlen aber andererseits auch die Kennarten des *Gentiano-Koelerietum*. Aufgrund des reichen Vorkommens von Lückenzeigern und des fast völligen Fehlens der Differentialartengruppe des "*seslerietosum*" wurden diese Aufnahmen dem *typicum* zugeordnet.

Die mittlere Artenzahl dieser Einheit ist mit 40,9 etwas höher als im *seslerietosum* mit 37,8 (siehe Tab. 5). Dies kann dadurch erklärt werden, daß im

**Stetigkeit (in %) diagnostisch wichtiger Arten in Aufnahmen aus der Fränkischen Alb (nach OBERDORFER 1978, Tab. Nr. 108 und 109)**

Tab. Nr. 108 ist nur eine Teiltabelle, daher erscheinen einige Arten mit ???. Abkürzungen: A = Assoziations-Charakterart, d = regionale Differentialart, D = standörtliche Differentialart, V = Verbandscharakterart, B = Begleiter

Kenn- und Trennarten		<i>Pulsatillo-Caricetum seslerietosum</i>	<i>Bromo-Seslerietum</i>
A	<i>Globularia punctata</i>	79	73
	<i>Fumana procumbens</i>	14	
d	<i>Erysimum odoratum</i>	64	9
V	<i>Teucrium montanum</i>	93	100
D	<i>Sesleria varia</i>	100	100
	<i>Leontodon incanus</i>	43	
	<i>Thlaspi montanum</i>	???	27
	<i>Buphthalmum salicifolium</i>	36	100
	<i>Carduus defloratus</i>	21	27
	<i>Polygala chamaebuxus</i>	???	82
B	<i>Carex humilis</i>	100	100

Durch den Vergleich wird klar, daß nur einige wenige Arten, die noch dazu eine Stetigkeit von teilweise weit unter 50% haben, über die Zugehörigkeit zur einen oder anderen Assoziation entscheiden. Im Einzelfall kann es hier also zu erheblichen Abgrenzungs- bzw. Zuordnungsschwierigkeiten kommen, zumal wenn es, wie meistens, nur um eine kleinräumliche Betrachtung mit relativ wenigen Aufnahmen geht. Denn abgesehen von der selten auftretenden *Fumana procumbens* schließen sich einzig die dealpinen Arten *Thlaspi montanum* und *Leontodon incanus* wirklich aus, die jedoch nur in geringer bis mittlerer Stetigkeit vorkommen.

OBERDORFER (1978: 180) erwähnt außerdem, daß "das *Bromo-Seslerietum* in der Schwäbischen

*seslerietosum* der Anteil der Gräser relativ höher ist, so daß sich dort Kräuter schwieriger durchsetzen können, während sich das *typicum* durch ein deutlich ausgewogeneres Verhältnis zwischen Grasartigen und Kräutern auszeichnet. Dies wird v.a. auch am unterschiedlichen Anteil der Lückenzeiger beider Einheiten sichtbar; im *typicum* sind sie reichlich vertreten, im *seslerietosum* treten sie stark zurück. Die Ursache dafür ist wohl zumindest größtenteils im Wasserhaushalt zu suchen. OBERDORFER (1978: 179) deutet dies für das *Teucrio-Seslerietum* an, das standörtlich dem *seslerietosum* nahesteht und dem ZIELONKOWSKI (1973) diese Aufnahmen (in seiner Tab. Nr. 18) zuordnete: "Trotz der Wärmeeinstrahlung ist die Wasserversorgung des

lockeren Steinschutt-Substrates besser als in den dichteren Böden reiner Trockenrasen" Davon profitieren offenbar in erster Linie die Grasartigen, während die Bestände des *typicum* von der Wasserversorgung her extremer, dadurch an Lücken und diese besiedelnden Arten reicher ist.

**2 *Gentiano-Koelerietum* KNAPP 42 ex BORNK. 60, *Festuca sulcata*-Rasse**

Ähnlich wie bei den Aufnahmen von GAUCKLER gibt es auch hier Zuordnungsprobleme, da die Kennarten *Cirsium acaule* und *Gentianella ciliata* nicht mit genügend hoher Stetigkeit auftreten. Dies ist aber auch aus der Literatur bekannt. So gibt OBERDORFER (1978) für das *Gentiano-Koelerietum* aus der Südlichen Frankenalb nach 51 Aufnahmen von KORNECK eine Stetigkeit von 86% für *Cirsium acaule* und 10% für *Gentianella ciliata* an, während sie in vorliegender Untersuchung 50% bzw. 18% betragen. Daher wurde auch hier *Ranunculus bulbosus* als zusätzliche Trennart für die Zuordnung herangezogen. Dennoch bleiben 4 Aufnahmen ganz ohne diagnostische Arten. Sie wurden in eine eigene "*Brometalia*-Fragmentgesellschaft" (Einheit 3) gestellt (zu Aufnahme Nr. 2112 siehe unten).

**2 a *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis***

In dieser Einheit tritt durchweg *Carex humilis* als Differentialart auf. Dazu sind noch *Teucrium montanum* und *Globularia punctata* in mehreren Aufnahmen vorhanden, aber auch die mesophilen Begleitarten des *Mesobromion* sind bereits stark vertreten. Standortlich ist diese Einheit im trockeneren Bereich des *Gentiano-Koelerietum* angesiedelt. Im Vergleich zur gleichen Einheit bei GAUCKLER (siehe oben) sind die Aufnahmen von ZIELONKOWSKI jedoch deutlicher durch mesophile Arten geprägt und spiegeln dadurch weniger extreme Standorte wieder.

**2 b *Gentiano-Koelerietum typicum***

Der mittlere Standortbereich innerhalb des *Gentiano-Koelerietum* ist durch den Ausfall von *Carex humilis* und das Seltenerwerden von *Festucetalia*-Arten wie *Centaurea rhenana* ssp. *rhenana* und *Thesium linophyllum* einerseits wie auch durch das

Fehlen von deutlichen Säurezeigern andererseits (siehe auch Einheit 2 b  $\beta$ ) gekennzeichnet.

**2 b  $\alpha$  *Gentiano-Koelerietum typicum*, typische Variante**

Wie *typicum*. Der Aufnahme-Nr. 2112 fehlen jegliche Charakterarten der Assoziation und deren Differentialart *Ranunculus bulbosus*, so daß sie auch der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft zugeordnet werden könnte. Doch kommen im Gegensatz zu jener Einheit Verbandscharakterarten und Differentialarten des Verbands reichlich vor, die eine Zuordnung zum *typicum* rechtfertigen.

**2 b  $\beta$  *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit Säurezeigern**

Obwohl OBERDORFER (1978: Tab. Nr. 102) das von ZIELONKOWSKI als *Sieglingio-Brachypodium* veröffentlichte Aufnahmematerial als *Gentiano-Koelerietum agrostietosum* bezeichnet, werden hier die daraus ausgewählten 5 Aufnahmen als "Variante mit Säurezeigern" zur typischen Subassoziation gerechnet. Im Vergleich zu den restlichen Aufnahmen der Tab. Nr. 102 fehlen diesen nämlich die kennzeichnenden, deutlichen Säurezeiger wie *Calluna vulgaris*, *Polygala vulgaris* und *Nardus stricta*. Die differenzierende Artengruppe im vorliegenden Fall sind dagegen eher Schwachsäurezeiger. Da *Chamaespartium sagittale* nur in 1 von 6 Aufnahmen, mit höherer Stetigkeit dagegen in den anderen Einheiten auftritt, wurde hier nicht der Name "*Gentista sagittalis*-reiche Gesellschaft" benutzt, den OBERDORFER (1978) für die Bodenversauerung anzeigende Aufnahmegruppe innerhalb der Standortbreite des *Gentiano-Koelerietum* verwendet, sondern es wurde eine neutrale Bezeichnung vorgezogen.

**3 *Brometalia*-Fragmentgesellschaft**

Diese Aufnahmen enthalten keine Kennarten des *Gentiano-Koelerietum* (oder des *Pulsatillo-Caricetum*), auch Verbandscharakterarten des *Mesobromion* und weitere Differentialarten fehlen völlig, von *Euphorbia brittingeri* in zwei Aufnahmen abgesehen. Einzig einige mesophile Begleiter und Lückenzeiger mit ruderalem Charakter (*Echium vulgare*) treten häufiger auf. Bei Aufnahme-Nr. 2316

**Standortgradient der Einheiten von ZIELONKOWSKI**

EINHEIT NR.	1a		1b		2a		2ba		2bb		3	
	alt	neu										
Mittlere Stickstoffzahl:	2,4	2,5	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,1	2,8	3,1	3,1	3,1
Mittlere Feuchtezahl:	3,1	3,1	3,1	3,1	3,3	3,3	3,5	3,6	3,6	3,7	3,5	3,5

handelt es sich nach den Angaben von ZIELONKOWSKI um eine Raseneinseesaat an einer Straßenböschung, die wohl deshalb noch einige sonst nicht auftretende Ruderalarten aufweist (wie *Cerintho minor*, *Salvia verticillata*). Die Zusammenfassung zu dieser Einheit kann damit nur provisorischen Charakter haben.

### Standortgradient:

Analog zu den Erstaufnahmen von GAUCKLER sind auch die Einheiten von ZIELONKOWSKI nach der Neugliederung (siehe Tab. 8 im Anhang) von links nach rechts entlang eines Standortgradienten (siehe vorherige Seite) angeordnet, der von relativ trockenen und nährstoffarmen bis zu relativ frischen und nährstoffreicheren Standorten reicht. Nur die *Brometalia*-Fragmentgesellschaft (Einheit Nr. 3) weicht von diesem Gradienten leicht ab. Anhand der mittleren Zeigerwerte der Gefäßpflanzen läßt sich der Gradient deutlich erkennen (qualitative Berechnung der Zeigerwerte ohne Gehölze; in der linken Spalte jeder Einheit stehen jeweils die mittleren Werte für die Erst-, in der rechten für die Wiederholungsaufnahmen).

## 3.2 Veränderung der Artenzahlen

### 3.2.1 Veränderung der Gesamtartenzahl

Die mittlere Gesamtartenzahl der Gefäßpflanzen (ohne Gehölze) liegt sowohl bei den Wiederholungen der Erstaufnahmen von GAUCKLER als auch bei denjenigen von ZIELONKOWSKI deutlich niedriger: im Zeitraum von 57 Jahren (Vergleich mit GAUCKLER) um 4,3 Arten und im Zeitraum von 22 Jahren (Vergleich mit ZIELONKOWSKI) um 6,7 Arten (siehe unten, Tab. 3).

Der relativ geringere Artenrückgang beim Vergleich mit den GAUCKLERSchen Aufnahmen erscheint auf den ersten Blick erstaunlich. Eine mögliche Erklärung wäre darin zu suchen, daß aufgrund des längeren Vergleichszeitraums, über den die standortverändernden Vorgänge wirken konnten, das Neuaufreten von Arten teilweise den Artenverlust wieder kompensiert haben kann. Die Gesamtzahl der vorkommenden Taxa hat sich jedoch erhöht, wie der Tab. 3 zu entnehmen ist. Grund hierfür ist einerseits das verstärkte Auftreten von Saumarten, andererseits die erhöhte Zahl von Fettwiesenarten und ruderalen Begleitern, die den Erstaufnahmen größtenteils fehlen. Auch WILMANN (1984: 190) und KRATOCHWIL (1983) weisen auf eine Erhöhung der Gesamtartenzahl bei der "Versaumung" von Kalk-Magerrasen hin. Der wichtigste Grund ist jedoch in der fast dreimal so hohen Anzahl der Wiederholungsaufnahmen im Vergleich zu den Erstaufnahmen zu sehen.

Der starke Anstieg der Gehölzarten ("Verbuschung") auf über das Doppelte verdeutlicht sehr klar den sekundären Charakter der Kalk-Magerrasen. Sobald menschliche Eingriffe in Form von Mahd oder Beweidung nachlassen, kann sich die potentielle natürliche Vegetation, meist in Form eines Orchideen-Buchenwaldes, wieder ausbreiten. Vor allem zu den Zeitpunkten der Aufnahmen von GAUCKLER, teilweise auch noch von ZIELONKOWSKI, wurden die Magerrasen noch wesentlich intensiver beweidet als heute (siehe Kap. 3.7 und Liste 3 bzw. 4 im Anhang). Obwohl bei der Festlegung der Aufnahmeflächen für die Wiederholungsaufnahmen streng darauf geachtet wurde, vergleichbare Standortbedingungen zu erfassen (siehe Kap. 2.2.1.2), ist die Vielzahl von Gehölz-Keimlingen und die erhöhte Stetigkeit vieler Gehölzarten

Tabelle 3

### Veränderung der mittleren Gesamtartenzahlen aller Aufnahmen in beiden Vergleichszeiträumen

Bastarde und nicht näher bestimmte Taxa wie *Rosa sp.* wurden mitgerechnet; die Differenz bezieht sich jeweils auf die Erstaufnahmen

	GAUCKLER	HAGEN	Differenz	ZIELONK.	HAGEN	Differenz
Mittlere Gesamtartenzahl der Krautarten	39,4	35,1	- 10,9 %	38,9	32,2	- 17,2 %
Standardabweichung	9,5	6,2		5,8	7,8	
Mittlere Gesamtartenzahl der Kryptogamen	3,8	4,7		2,1	4,3	
Standardabweichung	1,9	2,0		1,3	1,8	
Aufnahmezahl	36	106		47	121	
Gesamtzahl vorkommender Sippen davon	204	265	+ 29,9 %	208	261	+ 25,5 %
Krautarten	172	209	+ 21,5 %	184	210	+ 14,1 %
Gehölze	13	27	+ 108 %	9	22	+ 144 %
Kryptogamen	19	29		15	29	

Tabelle 4

Mittlere Artenzahlen der Gefäßpflanzen (ohne Gehölze) der pflanzensoziologischen Einheiten im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)

Nr.	Einheit	GAUCKLER	HAGEN (1931-36)	Differenz (1989-91)
1	<i>Brometalia-Fragmentgesellschaft</i>	24,3	32,1	+ 32,1 %
2	<i>Pulsatillo-Caricetum typicum</i>	41,5	33,3	- 17,8 %
3a	<i>Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis</i>	44	37,8	- 5,0 %
3ba	<i>Gentiano-Koelerietum typicum</i> , Variante mit <i>Potentilla cinerea</i>	40,2	33,8	- 15,9 %
3bβ	<i>Gentiano-Koelerietum typicum</i> , typische Variante	34,2	38,8	+ 13,5 %
3by	<i>Gentiano-Koelerietum typicum</i> , Variante mit <i>Leontodon hispidus</i>	41,5	33,3	- 19,8 %

(siehe Kap. 3.2.2) in den Wiederholungsaufnahmen unübersehbares Zeichen für deren "schlechten Pflegezustand"

Was den Anstieg der Zahl der Kryptogamen betrifft, so werden hier neben reinen Standortveränderungen, die besser beim Stetigkeitsvergleich auf Artniveau (siehe Kap. 3.3.1 und 3.3.2) beurteilt werden, auch Unterschiede in der Aufnahmemethodik deutlich (siehe Kap. 2.1 und 2.2.2). Von ZIELONKOWSKI wurden durchschnittlich nur 2 Moose oder Flechten je Aufnahme notiert, bei den Wiederholungsaufnahmen mehr als doppelt so viele. Bei den Wiederholungsaufnahmen wurde versucht, auch solche, oft schwer zu entdeckende Moose vollständig zu erfassen, die sich unter der angesammelten Streuschicht fanden. Dies mag die "Zunahme" der Artenzahl bei den Kryptogamen zum Teil erklären.

### 3.2.2 Veränderung der mittleren Artenzahlen in den pflanzensoziologischen Einheiten

Im folgenden soll unter "Artenzahl" die Zahl aller Gefäßpflanzen ohne Gehölzkeimlinge (siehe dazu Kap. 2.2.1.2) verstanden werden. Die Kryptogamen werden hier nicht weiter betrachtet, da deren durchschnittliche Artenzahlen zu niedrig sind, um begründete Aussagen machen zu können.

Die Veränderungen innerhalb der in Kap. 3.1.1 und 3.1.2 abgegrenzten pflanzensoziologischen Einheiten bezüglich der Artenzahl sind unterschiedlich stark (siehe unten, Tab. 4 und 5) und werden daher im folgenden getrennt betrachtet.

#### 3.2.2.1 Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER / HAGEN)

In den Erstaufnahmen von GAUCKLER fand sich die höchste mittlere Artenzahl im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* mit 44 Arten, die niedrigste in der *Brometalia-Fragmentgesellschaft* mit nur 24,3 Arten (siehe Tab. 4). Wie aus der Tab. 6 im Anhang ersichtlich, sind die Aufnahmen dieser Einheit insgesamt schlecht charakterisiert, sie weisen

nur relativ wenige Klassencharakterarten und bezeichnende Begleitarten auf. Mesophile Begleiter und Saumarten fehlen fast völlig, einzig einige Lückenbesiedler treten hervor. Die hohen Artenzahlen im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* sind dagegen durch den standörtlichen Übergangsbereich zwischen *Pulsatillo-Caricetum* und *Gentiano-Koelerietum* plausibel, der den Arten beider Einheiten Entfaltungsmöglichkeiten bietet.

Bei den zugehörigen Wiederholungsaufnahmen tritt die höchste Artenzahl in der typischen Variante des *Gentiano-Koelerietum typicum* auf, das bei GAUCKLER noch die zweitniedrigste Artenzahl besaß. Hier ist ein Artenanstieg um 4,6 Arten zu verzeichnen, der hauptsächlich durch das Eindringen von Fettwiesen- und Saumarten bedingt ist (siehe 3.2.2). Die zweithöchste Artenzahl findet sich im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*.

Die niedrigste Artenzahl zeichnet auch hier die *Brometalia-Fragmentgesellschaft* aus, im Vergleich zu den Erstaufnahmen ist aber ein Anstieg von im Mittel 7,8 Arten zu verzeichnen. Hier scheint vor allem die relativ schlechte Übereinstimmung der Aufnahmeflächen eine Rolle zu spielen, worauf bei der Diskussion der Artenveränderungen (3.2.3 und 3.3.2.1) ausführlicher eingegangen wird.

Im *Gentiano-Koelerietum* in der Variante mit *Leontodon hispidus* ist der Ausfall der differenzierenden Artengruppe zumindest teilweise für den starken Rückgang der mittleren Artenzahl verantwortlich (siehe dazu Tab. 6 und 8 im Anhang). Auch in den anderen Einheiten hat die Artenzahl in den Wiederholungsaufnahmen recht stark um 6,3 bis 8,2 Arten abgenommen, was vor allem durch den Ausfall von Lückenzeigern erklärt werden kann.

#### 3.2.2.2 Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)

Bei den Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI treten die höchsten Artenzahlen mit etwa 40 Arten im *Pulsatillo-Caricetum typicum* sowie im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* und in der typi-

Tabelle 5

Mittlere Artenzahlen der Gefäßpflanzen (ohne Gehölze) der pflanzensoziologischen Einheiten im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)

Nr.	Einheit	ZIELONKOWSKI (1968-70)	HAGEN (1990-91)	Differenz
1a	<i>Pulsatillo-Caricetum seslerietosum</i>	37,8	36,9	- 2,4 %
1b	<i>Pulsatillo-Caricetum typicum</i>	40,9	32,1	- 21,5 %
2a	<i>Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis</i>	41	33,2	- 19,0 %
2b $\alpha$	<i>Gentiano-Koelerietum typicum</i> , typische Variante	40,3	32,4	- 19,6 %
2b $\beta$	<i>Gentiano-Koelerietum typicum</i> , Variante mit Säurezeigern	34,8	27,3	- 21,6 %
3	<i>Brometalia-Fragmentgesellschaft</i>	31,3	23,1	- 26,2 %

schen Variante des *Gentiano-Koelerietum typicum* auf (siehe Tab. 5). In den zugehörigen Wiederholungsaufnahmen betragen die mittleren Artenzahlen in dieser Einheit nur 32 bis 33 Arten.

Dagegen hat im *Pulsatillo-Caricetum seslerietosum* die mittlere Artenzahl sehr viel weniger stark (nur um etwa 1 Art) abgenommen, so daß sich nun dort innerhalb der Wiederholungsaufnahmen mit 36,9 Arten die höchste mittlere Artenzahl ergibt.

Die artenärmsten Einheiten sind in den Erst- wie auch in den Wiederholungsaufnahmen das *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit Säurezeigern und die *Brometalia-Fragmentgesellschaft*. Mit nur etwa 23 Arten pro Aufnahme ist dort die Artenzahl jedoch bereits sehr niedrig für einen typischen Kalk-Magerrasen, sie ist im Vergleich zu ZIELONKOWSKI um über 8 Arten je Aufnahmen zurückgegangen.

Die Gründe für den in allen Einheiten feststellbaren, recht starken Artenrückgang sind wohl in einer Veränderung des Standorts hin zu ausgeglicheneren Verhältnissen zu suchen. Diese weniger extremen ökologischen Bedingungen beschränken jedoch die Entfaltungsmöglichkeiten für die Spezialisten unter den Pflanzen, da nun der Standort auch für anspruchsvollere und konkurrenzkräftigere Arten besiedelbar wird, die sich auf Kosten der Lückenzeiger ausbreiten können (siehe Kap. 3.3.2).

### 3.2.3 Veränderung der Anteile ökologisch-pflanzensoziologischer Artengruppen

Veränderungen in der Artenkombination, die sich als gerichtete Tendenzen interpretieren lassen und eine Standortveränderung nahelegen, werden besonders deutlich beim Vergleich der Stetigkeiten der Arten in den Erst- und Wiederholungsaufnahmen sichtbar (siehe Tab. 10 und 11 im Anhang). Die Tendenzen werden dabei klarer, wenn die Arten nicht einzeln für sich, sondern zu sinnvollen, ökologischen oder pflanzensoziologischen Gruppen zusammengefaßt betrachtet werden. Dies wird im folgenden Abschnitt dargestellt und erläutert.

Abb. 2 und 4 zeigen für jede pflanzensoziologische Einheit die prozentualen Anteile der Artengruppen Lückenbesiedler, Fettwiesenarten und Saumarten an der Gesamtartenzahl (berechnet als mittlere Zahl der Gefäßpflanzen ohne Gehölze).

Die Reihenfolge der Einheiten entspricht derjenigen in den Tabellen (Tab. 6 bzw. 8) und damit, wie bereits weiter oben erwähnt, auch einem Standortgradienten von relativ trocken und mager bis relativ frisch und nährstoffreich (siehe dazu auch die durchschnittlichen Zeigerwerte nach ELLENBERG in Tab. 10 bzw. 11 im Anhang).

#### Anmerkungen:

Berechnungsgrundlage für die Gruppenanteile waren jeweils mittlere Artenzahlen innerhalb einer Einheit, bezogen auf die mittlere Gesamtartenzahl dieser Einheit. Diese war bei Erst- und Wiederholungsaufnahmen verschieden, so daß die Prozentwerte nicht direkt als Anteile verglichen werden können. Um Tendenzen erkennen zu können, war es jedoch sinnvoll, das Verhalten des **relativen Anteils** der jeweiligen Arten darzustellen.

Außer den Arten, die in den Tabellen der Erst- bzw. Wiederholungsaufnahmen bei den entsprechenden Artengruppen aufgeführt sind, wurden noch einige weitere Arten den entsprechenden Gruppen zugerechnet (nach OBERDORFER 1990 bzw. ELLENBERG 1992):

Zu den Lückenbesiedlern wurden einige Kenn- und Differentialarten der Einheiten (*Artemisia campestris*, *Fumana procumbens*, *Globularia punctata*, *Potentilla cinerea*, *Potentilla pusilla*, *Potentilla x subcinerea*) sowie Bezeichnende Begleitarten (*Arenaria serpyllifolia*, *Cerastium arvense* ssp. *arvense*) gezählt.

Zu den Fettwiesenarten wurden auch einige Differentialarten der Einheiten (*Festuca nigrescens* ssp. *nigrescens*, *Leontodon hispidus* ssp. *hispidus*, *Poa pratensis*, *Trifolium pratense* ssp. *pra-*

tense), Differentialarten des *Mesobromion* (*Dactylis glomerata*, *Knautia arvensis*, *Linum catharticum*, *Lotus corniculatus*, *Plantago lanceolata*) und Bezeichnende Begleitarten (*Achillea millefolium* ssp. *millefolium*) hinzugerechnet.

Zu den Saumarten wurden ebenfalls einige Differentialarten der Einheiten (*Anthericum ramosum*), Differentialarten des *Mesobromion* (*Coronilla varia*) und Bezeichnende Begleitarten (*Hypericum perforatum* ssp. *angustifolium*, *Medicago falcata*) gezählt.

### 3.2.3.1 Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)

Vergleicht man jeweils nur die **Erstaufnahmen** der jeweiligen Einheiten miteinander (siehe Abb. 2), so sind folgende durchgehende Tendenzen feststellbar - von der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft abgesehen, die aufgrund der ungenügenden Standorthomologie hier nicht betrachtet wird (siehe dazu Kap. 3.3.2.1 und 2.2.2; in diese Einheit fällt der größte Teil der "Restbestandsflächen"):

Der Anteil der Fettwiesenarten nimmt von der 2. zur letzten Einheit stetig zu.

Gleiches gilt für die Saumarten, mit Ausnahme der letzten Einheit, die einen nur geringen Anteil dieser Artengruppe aufweist.

Die Lückenbesiedler nehmen in der gleichen Reihenfolge kontinuierlich ab. Eine Ausnahme bildet die 4. Einheit (*Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Potentilla cinerea*), die den höchsten Anteil aller Einheiten an dieser Artengruppe zeigt.

Beim Vergleich innerhalb der **Wiederholungsaufnahmen** gibt es ebenfalls gleichlaufende Tendenzen. Auch hier nehmen

Fettwiesenarten und

Saumarten stetig zu (ebenfalls mit Ausnahme der letzten Einheit, die den geringsten Anteil dieser Artengruppe aufweist).

Der Anteil an Lückenbesiedlern bleibt zunächst in Einheit 2-4, also denjenigen auf trockeneren Standorten, relativ konstant (9-11 %), nimmt bei den beiden letzten Einheiten jedoch sprunghaft ab.

Damit bleibt die Verteilung der Artengruppen in den Erstaufnahmen, die recht gut das durch die pflanzensoziologische Gliederung herausgearbeitete Standortgefälle wiedergibt, auch bei den Wiederholungsaufnahmen **qualitativ** betrachtet erhalten.

**Quantitativ** haben sich jedoch deutliche Verschiebungen im Artengefüge vollzogen, wie der Vergleich des prozentualen Anteils der jeweiligen Artengruppen an der Gesamtartenzahl für die einzelnen Einheiten zeigt (siehe Abbildung 3).

Die in Abb. 3 dargestellten Veränderungen können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Die Zunahme der Saumarten steigt von den trockeneren hin zu den frischeren Standorten

leicht an, fällt in der letzten Einheit jedoch deutlich geringer aus.

Die Zunahme der Fettwiesenarten zeigen einen deutlichen Anstieg vom trockensten bis zum frischesten Standort.

Die Zunahme der Fettwiesenarten ist in allen Einheiten stärker ausgeprägt als die der Saumarten.

Der Ausfall der Lückenbesiedler zeigt eine Zweigipfeligkeit mit Maxima beim *Pulsatillo-Caricetum typicum* und im *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Potentilla cinerea*. In den beiden letzten Einheiten (auf den frischeren Standorten) ist dagegen kaum ein Ausfall bzw. sogar eine leichte Zunahme dieser Artengruppe zu verzeichnen.

Der prozentuale Ausfall der Lückenbesiedler wird von der Summe des Anstiegs der beiden anderen Artengruppen überkompensiert.

Unerwartet gering ist der Ausfall der Lückenbesiedler im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*. Jedoch ist zu bedenken, daß ihr Anteil bereits bei den Erstaufnahmen im Vergleich zu den anderen Einheiten auf relativ trockenen Standorten (den Einheiten 2 und 4) deutlich geringer war, nun in den Wiederholungsaufnahmen aber etwa gleich hoch ist (siehe Abb. 2). Dies deutet die "Angleichung" der Standortverhältnisse dieser drei Einheiten an, die auch am Anteil der anderen Artengruppen abgelesen werden kann.

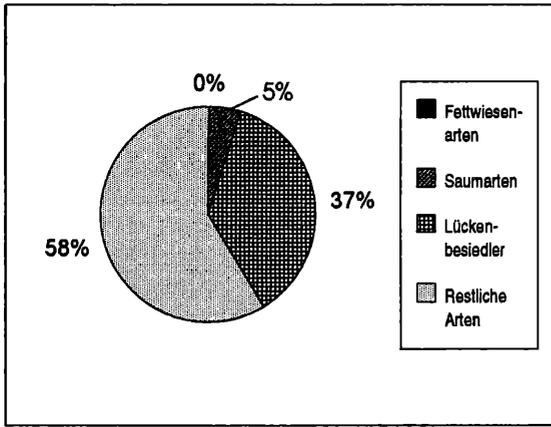
Die Veränderungen in der letzten Einheit, dem *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Leontodon hispidus*, fallen im Vergleich zu den anderen Einheiten sehr gering aus. Die dort aufgetretene Zunahme der Lückenzeiger ist kaum als Standortveränderung zu interpretieren, sondern hängt evt. mit der Art der Flächenwahl für die Wiederholungsaufnahmen zusammen (siehe dazu Kap. 2.2.1.2).

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß sich Saum- und Fettwiesenarten in allen Einheiten tendenziell gleich verhalten - mit einem Schwergewicht bei den Veränderungen der Fettwiesenarten - und daß die lückenbesiedelnden Arten demgegenüber eine entgegengesetzte Veränderungsrichtung zeigen. Die Einheiten mit den trockeneren Standortbedingungen weisen die relativ stärksten Verluste von Lückenbesiedlern und die schwächsten Zunahmen an Saum- und Fettwiesenarten auf, während es bei den Einheiten mit den frischeren Standortverhältnissen genau umgekehrt ist (zur Interpretation dieser Veränderungen siehe Kap. 4).

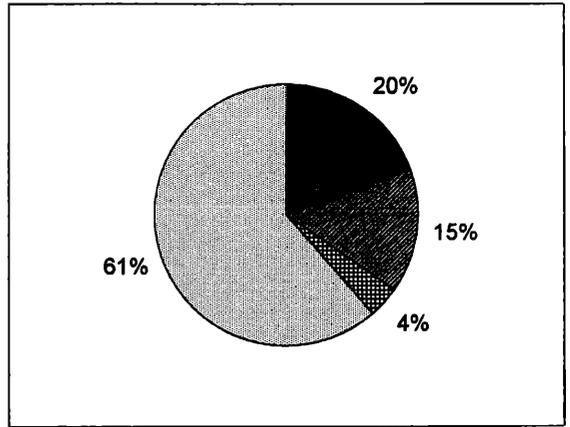
### 3.2.3.2 Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)

Ähnlich wie bei den GAUCKLERschen Flächen lassen sich auch hier Tendenzen feststellen, die in Richtung des Standortgefälles (von relativ trocken und mager bis frisch und nährstoffreich) ablaufen, das durch die Reihenfolge der Einheiten von Nr. 1

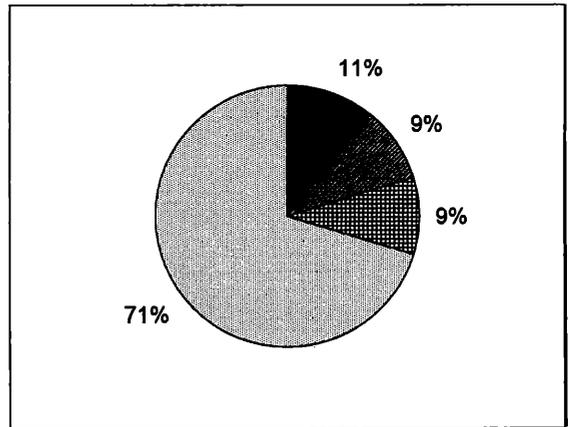
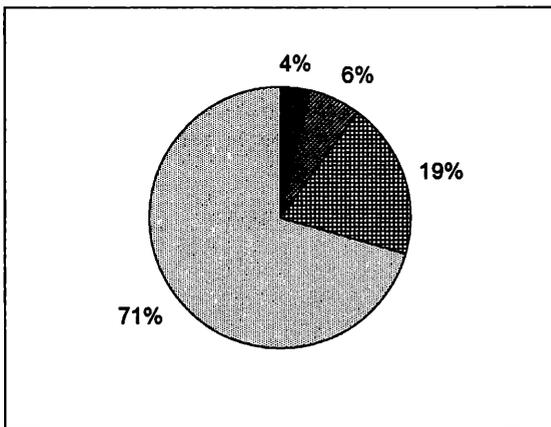
**Erstaufnahmen**



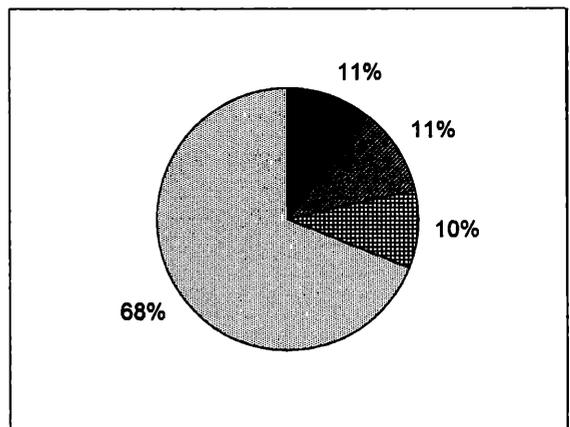
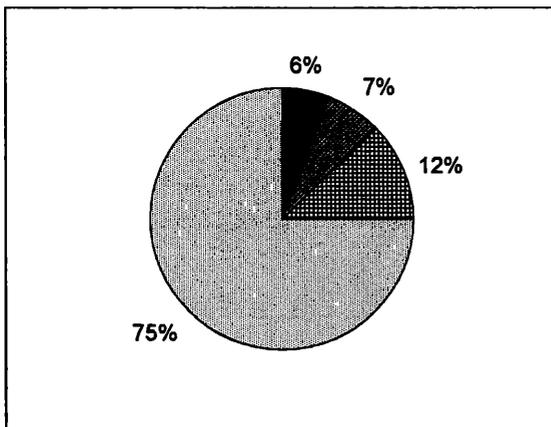
**Wiederholungsaufnahmen**



**Einheit 1: Brometalia-Fragmentgesellschaft**



**Einheit 2: Pulsatillo-Caricetum typicum**

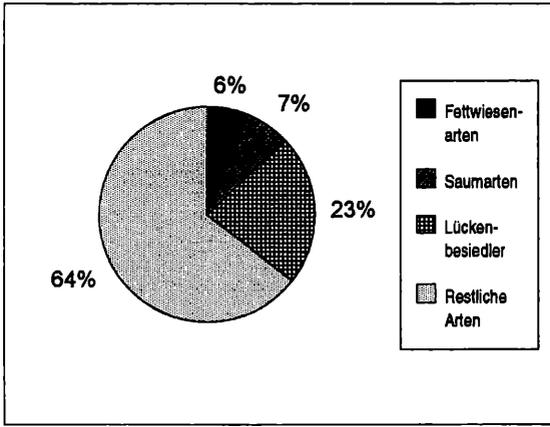


**Einheit 3: Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis**

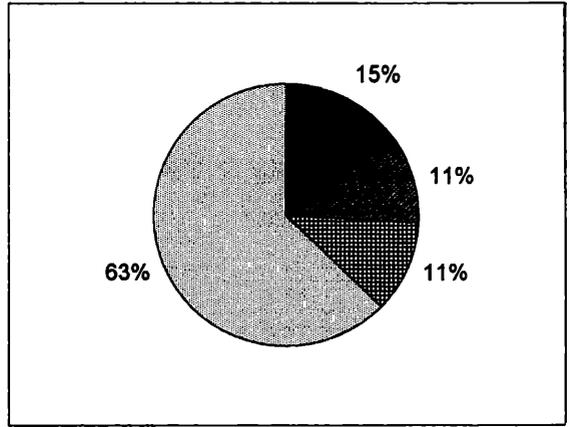
**Abbildung 2a**

Durchschnittlicher Anteil verschiedener Artengruppen an der Gesamtartenzahl jeder pflanzensoziologischen Einheit (jeweils Gefäßpflanzen ohne Gehölze) im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN; Einheiten Nr. 1-3)

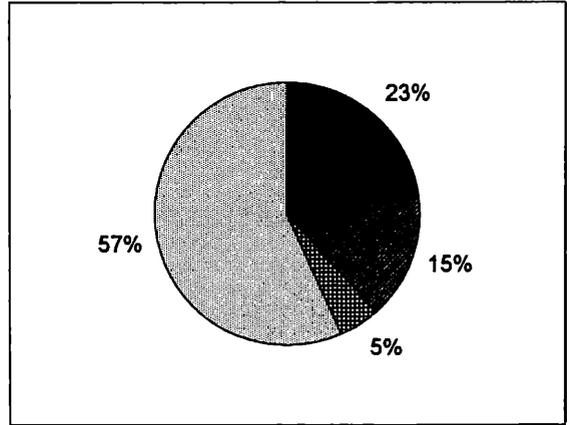
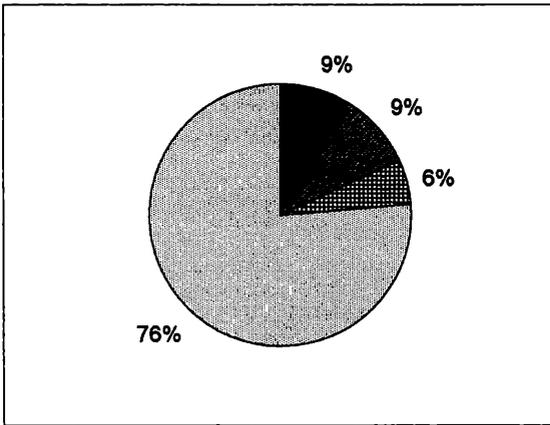
**Erstaufnahmen**



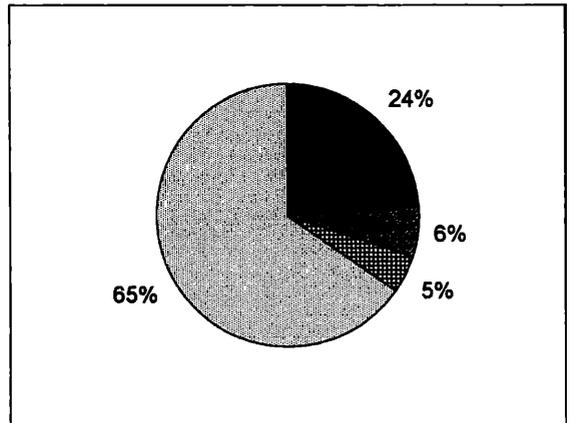
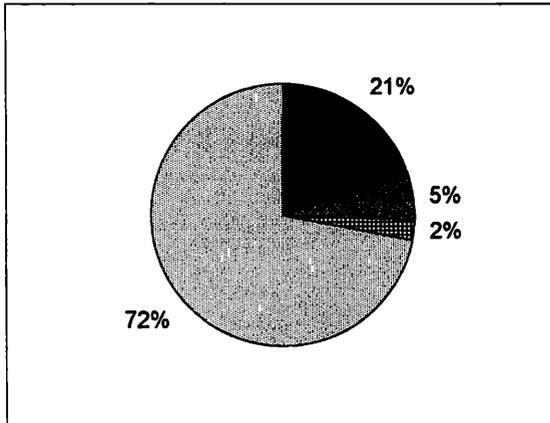
**Wiederholungsaufnahmen**



**Einheit 4: *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Potentilla cinerea***



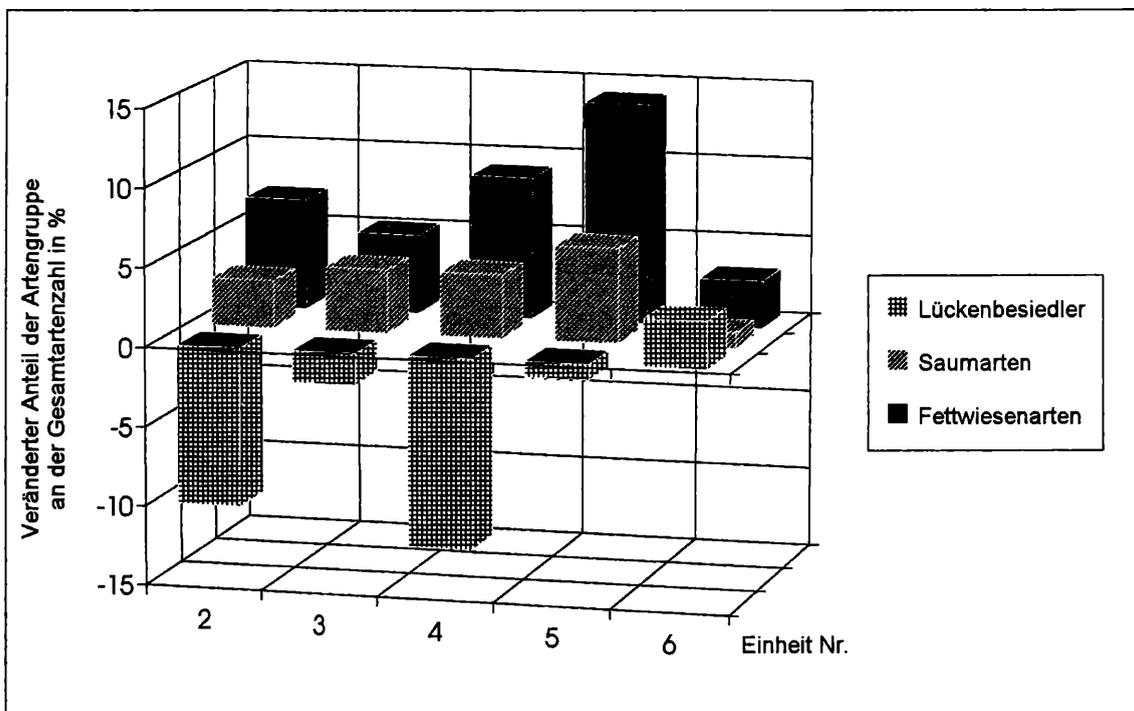
**Einheit 5: *Gentiano-Koelerietum typicum*, typische Variante**



**Einheit 6: *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Leontodon hispidus***

**Abbildung 2b**

Durchschnittlicher Anteil verschiedener Artengruppen an der Gesamtartenzahl jeder pflanzensoziologischen Einheit (jeweils Gefäßpflanzen ohne Gehölze) im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN; Einheiten Nr. 4-6)



**Abbildung 3**

**Veränderung des Anteils verschiedener Artengruppen im Zeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)**  
 Dargestellt sind jeweils die Differenzen der Artengruppenanteile zwischen Erst- und Wiederholungsaufnahmen einer Einheit (siehe Abb. 2). Nicht dargestellt sind die Werte der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft, da sie unverhältnismäßig starke Veränderungen implizieren, die jedoch standörtlich nicht verifizierbar sind (siehe Kap. 3.3.2.1 und 3.5.1). Die Bezeichnung der Einheiten ist Abb. 2 zu entnehmen.

bis 6 gegeben ist. Die *Brometalia*-Fragmentgesellschaft (Einheit Nr. 6) soll auch hier wie bei den GAUCKLERSchen Aufnahmen unberücksichtigt bleiben (siehe dazu Kap. 3.2.3.1).

Betrachtet man wieder zuerst nur die **Erstaufnahmen**, so wird folgendes deutlich (siehe Abb. 4):

Der Anteil der Fettwiesenarten nimmt von den Einheiten auf den trockeneren hin zu denjenigen auf den frischeren Standorten stetig und kräftig zu.

Der Anteil der lückenbesiedelnden Arten nimmt in gleicher Richtung deutlich ab.

Der Anteil der Saumarten nimmt in gleicher Richtung leicht ab.

Diese Tendenzen sind bei den **Wiederholungsaufnahmen** prinzipiell gleichlaufend. Die Saumarten nehmen jedoch nur in den ersten Einheiten ab und zeigen bei den Einheiten Nr. 3 bis 5 einen gleichbleibend hohen Anteil, der über dem der Erstaufnahmen liegt.

Der relative Artengruppenanteil ist demnach bei den Wiederholungsaufnahmen nur wenig gegenüber den Erstaufnahmen verändert. Dies spricht für die vergleichbaren Standortverhältnisse, die ja durch die Auswahl der Aufnahmeflächen möglichst konstant gehalten werden sollten (siehe Kap. 2.2.1.2).

Die Veränderungen des Anteils der jeweiligen Artengruppen im Vergleichszeitraum zeigt das Diagramm in Abbildung 5. Die in dieser Abbildung dargestellten Veränderungen können folgendermaßen zusammengefaßt werden (Einheit Nr. 6 bleibt dabei wie bisher außer Betracht):

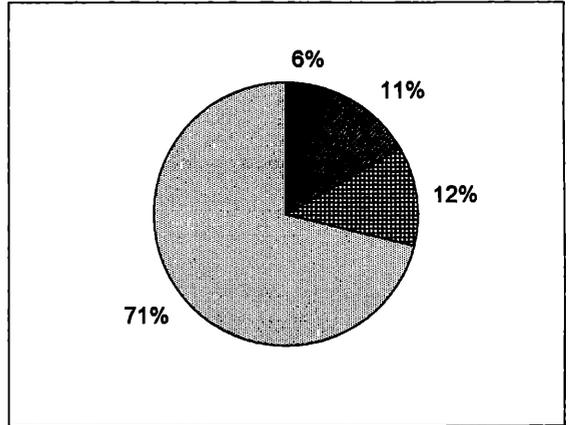
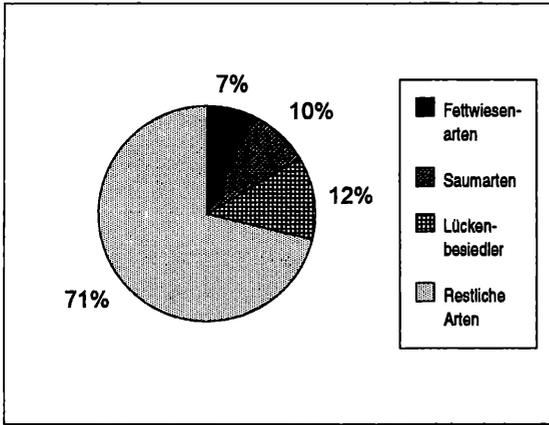
Am einheitlichsten und gleichmäßigsten über das gesamte Standortgefälle hinweg hat sich der Anteil der Saumarten verändert. Ausgehend von einer Abnahme in der 1. Einheit ist bei ihnen eine stetige und deutliche Zunahme bis hin zur 5. Einheit zu verzeichnen.

Bei den Lückenbesiedlern gibt es auf den trockeneren Standorten (Einheit Nr. 1 und 2) keine Veränderung. Die Einheiten Nr. 3 und 4 verhalten sich gegensätzlich, so daß keine eindeutige Tendenz zu erkennen ist.

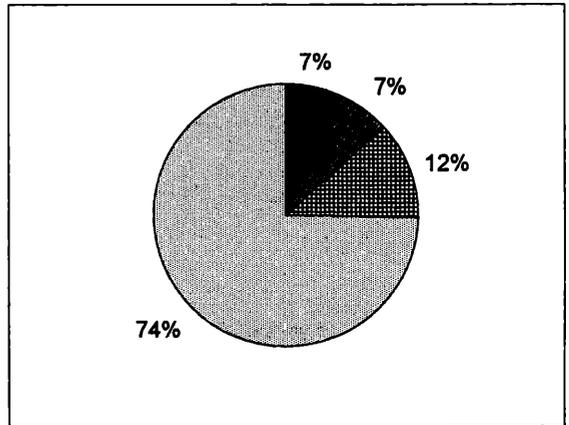
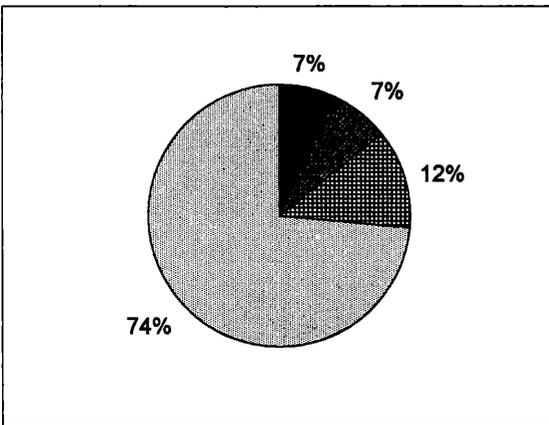
Der Anteil der Fettwiesenarten verändert sich ebenfalls kaum, nur in der 4. Einheit nimmt er auffallend zu, während in der 5. Einheit eine etwa ebenso deutliche Abnahme stattfand. Hier kann daher - wie für die Lückenbesiedler - nur das Auftreten uneinheitlicher Veränderungstendenzen festgehalten werden (siehe dazu auch die Ordinationsdiagramme in Kap. 3.5.2).

**Erstaufnahmen**

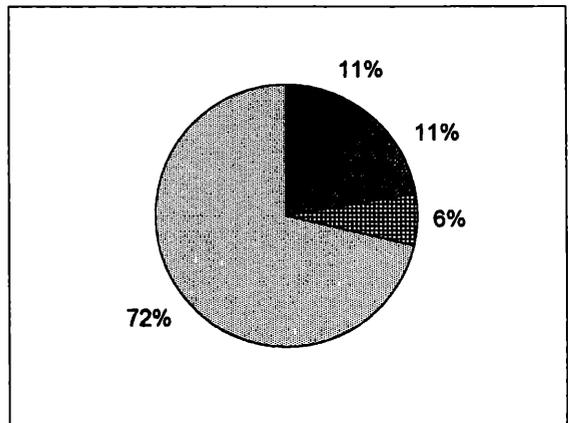
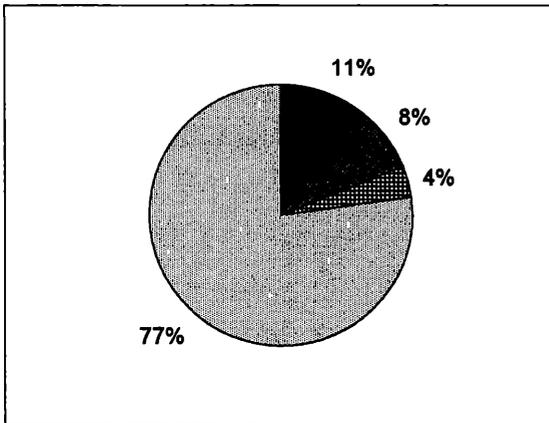
**Wiederholungsaufnahmen**



**Einheit 1: *Pulsatillo-Caricetum seslerietosum***



**Einheit 2: *Pulsatillo-Caricetum typicum***



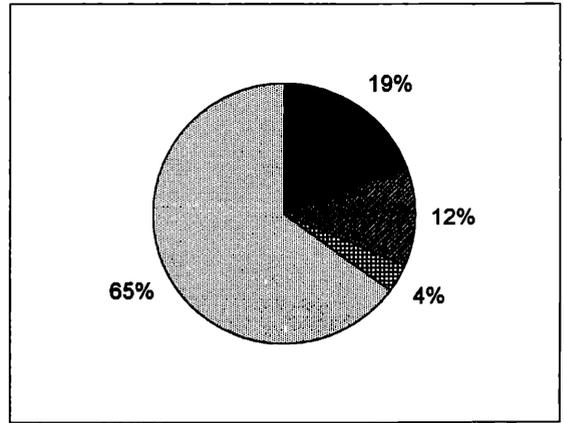
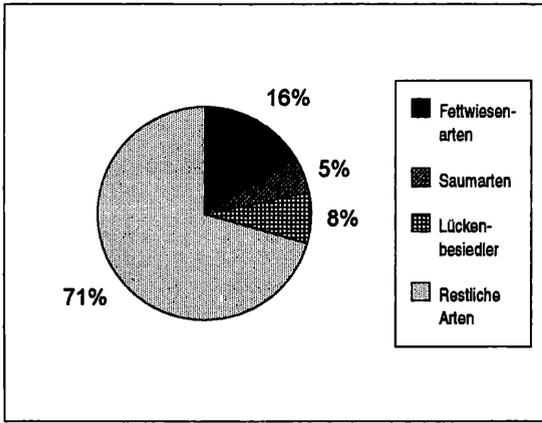
**Einheit 3: *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis***

**Abbildung 4a**

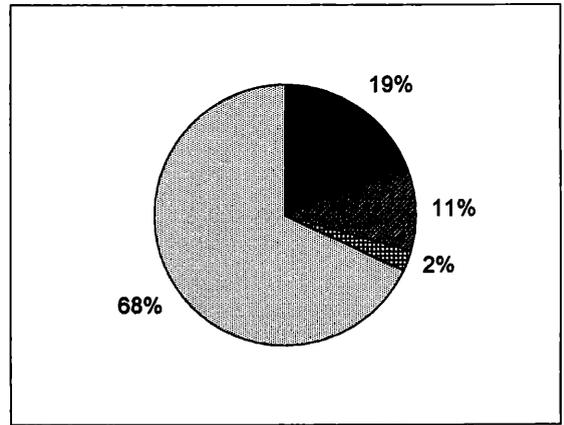
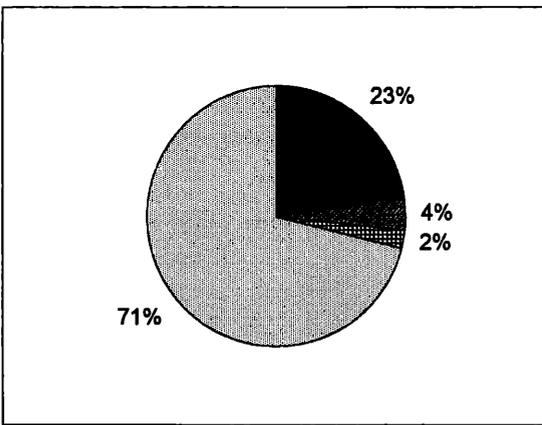
Durchschnittlicher Anteil verschiedener Artengruppen an der Gesamtartenzahl jeder pflanzensoziologischen Einheit (jeweils Gefäßpflanzen ohne Gehölze) im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN; Einheiten Nr. 1-3)

**Erstaufnahmen**

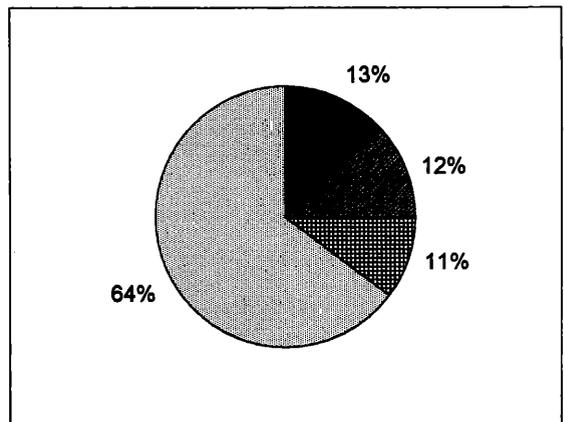
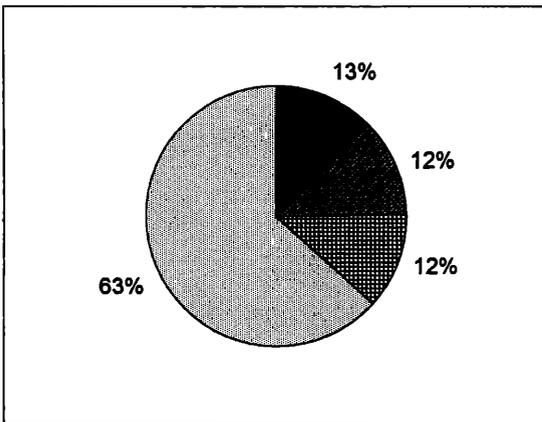
**Wiederholungsaufnahmen**



**Einheit 4: *Gentiano-Koelerietum typicum*, typische Variante**



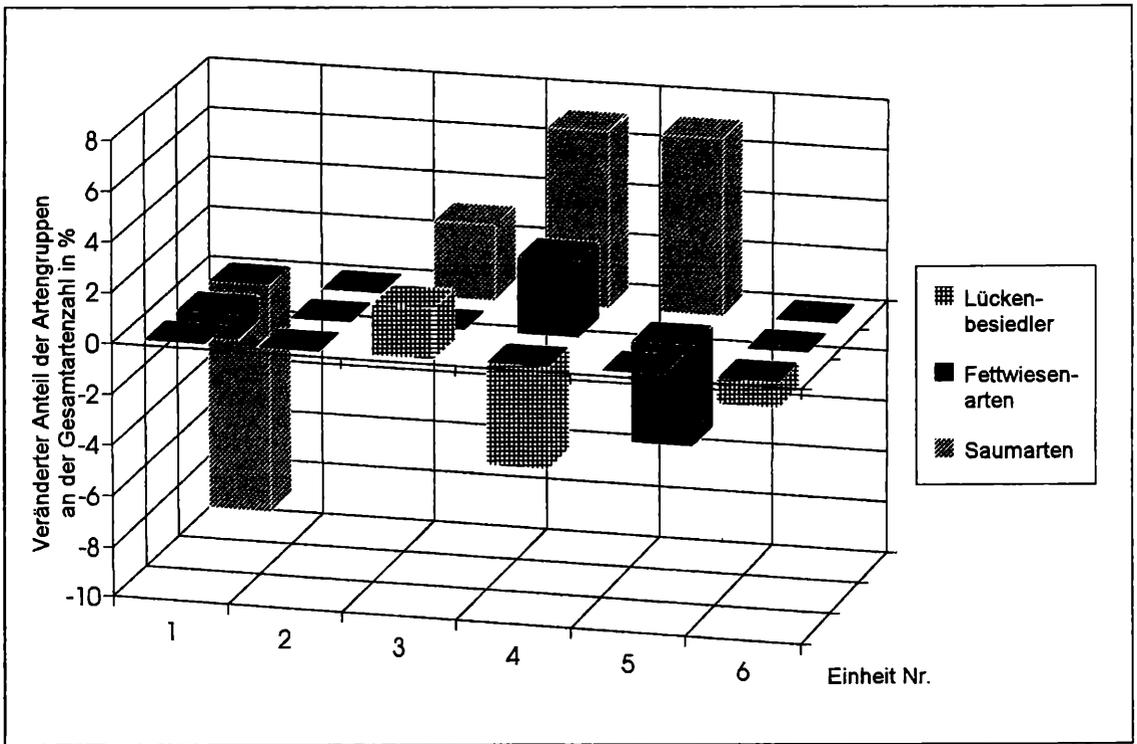
**Einheit 5: *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit Säurezeigern**



**Einheit 6: *Brometalia-Fragmentgesellschaft***

**Abbildung 4b**

Durchschnittlicher Anteil verschiedener Artengruppen an der Gesamtartenzahl jeder pflanzensoziologischen Einheit (jeweils Gefäßpflanzen ohne Gehölze) im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN; Einheiten Nr. 4-6)



**Abbildung 5**

**Veränderung des Anteils verschiedener Artengruppen im Zeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)**

Dargestellt sind jeweils die Differenzen der Artengruppenanteile zwischen Erst- und Wiederholungsaufnahmen einer Einheit (siehe Abb. 2). Die Bezeichnung der Einheiten ist Abb. 4 auf den vorhergehenden Seiten zu entnehmen. Ein unveränderter Gruppenanteil ist als schwarze Säulengrundfläche auf der Nulllinie dargestellt.

Auffällig ist, daß sich wie beim Vergleich der GAUCKLERSchen Aufnahmen - mit wenigen Ausnahmen stets die Gruppe der Fettwiesen- und Saumarten gleichläufig und die Gruppe der lückenbesiedelnden Arten dazu gegenläufig verhält, was von den Standortansprüchen dieser Arten auch zu erwarten ist (siehe Diskussion in Kap. 4).

**3.3 Veränderungen im Artenbestand**

Im folgenden Teil sollen die Veränderungen in der Artenzusammensetzung der Kalk-Magerrasen über die beiden Vergleichszeiträume dargestellt werden. Dabei werden zum einen die Veränderungen bei Berücksichtigung des gesamten Aufnahmematerials untersucht und zum anderen die Veränderungen innerhalb der einzelnen pflanzensoziologischen Einheiten. Letzteres bietet den Vorteil, daß die Veränderungstendenzen genauer mit den unterschiedlichen Standortbedingungen korreliert werden können.

**3.3.1 Veränderungen im Artenbestand beim Vergleich des gesamten Aufnahmematerials**

Grundlage des Vergleichs sind die prozentualen Stetigkeitswerte aller Arten in den jeweils 6 pflanzensoziologischen Einheiten, wie sie in Tab. 10 und 11 (siehe Anhang) dargestellt sind. Diese Stetigkeitswerte wurden dem verteilungsfreien Signifikanztest nach FISHER-PITMAN (beschrieben in BORTZ et al. 1990, S. 295 ff.) unterzogen, um das Signifikanzniveau zu errechnen. Gegenüber dem t-Test, wie ihn beispielsweise SCHWABE et al. (1989) wegen seiner "Robustheit" (der weitgehenden Unempfindlichkeit bei Abweichungen der Stichprobenverteilung von der Normalverteilung) empfehlen, hat der FISHER-PITMAN-Test den Vorteil der größeren Genauigkeit, da er tatsächlich unabhängig von der Verteilung der Stichproben ist.

Schwierigkeiten bereitete der niedrige Stichprobenumfang von nur 6 Proben (der Anzahl der Einheiten). Der FISHER-PITMAN-Test spricht erst ab ei-

nem Mindest-Stichprobenumfang von 5 an (es handelt sich um einen Randomisierungstest mit  $2^n$  Durchläufen, wobei  $n$  = Stichprobenumfang; Bsp.: bei  $n = 5$ :  $2^5 = 32$ ; möglicher Minimalwert:  $1/32 = 0,03125$ , also unter einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,05$  für einfach signifikante Absicherung. Bei  $n = 4$  wird  $p$  dagegen überschritten, so daß keine Aussagen über die Signifikanz möglich sind). Diese wurde theoretisch also gerade überschritten. Da viele Arten aber nicht in allen Einheiten vorkamen, ergab sich häufig eine Stichprobenanzahl von nur 4 oder weniger, so daß sich dann keine Signifikanzwerte mehr errechnen ließen. Daher konnten mit diesem Testverfahren nur für weniger als der Hälfte der Arten Aussagen gemacht werden.

Aus dem gleichen Grund wurden beim FISHER-PITMAN-Test die Signifikanzschwellen von  $p = 0,01$  für Hochsignifikanz oder gar  $p = 0,001$  für Höchstsignifikanz (jeweils für die einseitige Fragestellung) nie unterschritten, da dazu aufgrund des Testverfahrens (siehe oben) mindestens 7 Stichproben nötig sind ( $2^7 = 128$ ; minimal möglicher Wert:  $1/128 = 0,00781$ , damit unter der Grenze von  $p = 0,01$  für Hochsignifikanz; bei  $n = 6$  liegt der Minimalwert von  $0,0156$  noch zwischen  $0,01$  und  $0,05$ , damit ist höchstens Signifikanz erreichbar).

Der Vertrauensbereich ist bei den Wiederholungsaufnahmen aufgrund der höheren Aufnahmeanzahl wesentlich höher als bei den Erstaufnahmen, im Durchschnitt etwa dreimal so hoch.

#### Anmerkungen:

In die Berechnung ging nur das Vorkommen einer Art ohne Berücksichtigung des Deckungsgrades ein.

Vorkommen einer Art außerhalb der Aufnahmeflächen gingen mit in die Berechnung ein (siehe dazu auch die Hinweise in Kap. 2.2.2 und 3.4).

Unter *Potentilla pusilla* / *P. x subarenaria* gingen auch die Bastarde, an denen *P. pusilla* beteiligt ist, in die Berechnung ein.

Bei den *Cladonia*-Arten wurden jeweils mehrere Arten zusammengefaßt, einerseits *C. pyxidata* und die *C. chlorophaea*-Gruppe sowie andererseits *C. rangiformis*, *C. rangiformis/furcata* (Angabe bei GAUCKLER) und *C. furcata* ssp. *subrangiformis*, da deren Bestimmung bei den Autoren unterschiedlich genau erfolgte (siehe Kap. 2.2.3).

Es wurde versucht, die Arten möglichst aussagefähigen ökologischen Gruppen zuzuordnen. Als Grundlage dazu diente vor allem OBERDORFER (1990). Innerhalb der Gruppen sind die Arten zur besseren Übersicht alphabetisch geordnet.

Die Zeigerwerte, die zum Vergleich mit angegeben sind (N-Zahl = Stickstoffzahl, x = indifferent), stammen aus ELLENBERG (1991).

#### 3.3.1.1 Veränderungen im Artenbestand beim Vergleich des gesamten Aufnahmematerials aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER / HAGEN)

Folgende Arten haben im betrachteten Zeitraum bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $0,01 < p < 0,05$

statistisch signifikant abgenommen (-) bzw. zugenommen (+) (siehe auch Tab. 12 im Anhang):

#### Phanerogamen:

##### Zunahme (+):

##### Fettwiesenarten (*Arrhenatheretalia*):

*Achillea millefolium* ssp. *millefolium*  
*Arrhenatherum elatius*  
*Dactylis glomerata*  
*Daucus carota*  
*Knautia arvensis*  
*Plantago lanceolata*  
*Senecio jacobaea*  
*Taraxacum officinale* agg.  
*Tragopogon orientalis*  
*Trifolium pratense* ssp. *pratense*  
*Trifolium repens*  
*Trisetum flavescens*

##### Saumarten (meist *Origanetalia*):

*Agrimonia eupatoria*  
*Coronilla varia*  
*Hypericum perforatum* ssp. *angustifolium*  
*Origanum vulgare*  
*Poa angustifolia*  
*Trifolium medium*  
*Viola hirta*

##### Arten etwas frischerer, schwach versauerter Kalk-Magerrasen:

*Rhinanthus angustifolius* ssp. *angustifolius*

##### Nicht weidefeste Kalk-Magerrasenarten:

*Bromus erectus*

##### Eher mesomorphe Kalk-Magerrasenarten:

*Centaurea scabiosa* ssp. *scabiosa*  
*Potentilla heptaphylla*

##### Lückenbesiedelnde Pionierarten:

*Medicago lupulina*

##### Rudera, unstete Kalk-Magerrasen-Begleitarten:

*Allium oleraceum*  
*Echium vulgare*

##### Gehölze (alle Schichten):

*Quercus robur*

##### Gehölze (nur Krautschicht):

*Pinus sylvestris*  
*Prunus spinosa*  
*Quercus robur*

##### Abnahme (-):

##### Arten beweideter Kalk-Magerrasen:

*Carlina acaulis* ssp. *simplex*  
*Euphorbia cyparissias*  
*Festuca "duriuscula"*  
*Ranunculus bulbosus*

#### *Lückenbesiedelnde Pionierarten:*

Anthyllis vulneraria  
Artemisia campestris  
Cerastium semidecandrum  
Erigeron acer ssp. acer  
Erophila verna agg.  
Euphrasia stricta  
Potentilla cinerea  
Sedum acre

#### *Arten lückiger Kalk-Magerrasen, häufig mit Felskontakt oder an sandigen Stellen und Ameisenhügeln:*

Phleum phleoides  
Potentilla tabernaemontani  
Silene otites  
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys

#### *Weitere xeromorphe Kalk-Magerrasenarten:*

Helianthemum nummularium ssp. obscurum  
Hippocrepis comosa  
Pulsatilla vulgaris agg.  
Scabiosa columbaria

#### *Saumarten:*

Anthericum ramosum

#### *Sonstige Kalk-Magerrasenarten:*

Carex caryophylla  
Prunella grandiflora

#### *Gehölze (alle Schichten):*

Juniperus communis

#### **Kryptogamen:**

##### *Zunahme (+):*

##### *Arten mit höheren Feuchteansprüchen, untypisch für Kalk-Magerrasen:*

Fissidens taxifolius  
Hylocomium splendens  
Plagiomnium affine  
Scleropodium purum

##### *Weitere Arten:*

Campyllum chrysophyllum  
Entodon concinnus  
Homalothecium lutescens  
Hypnum lacunosum  
Peltigera rufescens

##### *Abnahme (-):*

##### *Lückenbesiedler:*

Abietinella abietina  
Rhytidium rugosum  
Tortella tortuosa  
Cladonia pyxidata/chlorophaea-Gruppe  
Cladonia rangiformis/furcata

#### **Interpretation**

Die Veränderungstendenzen lassen sich für die **Gefäßpflanzen** wie folgt zusammenfassen: (teilweise sehr deutliche) **Zunahme** von

Fettwiesenarten  
Saumarten  
mesomorphen Arten der Kalk-Magerrasen  
nicht weidefesten Arten  
Gehölzen

sowie **Abnahme** von

Weidezeigern  
Lückenbesiedlern und Pionierarten  
xeromorphen Arten der Kalk-Magerrasen.

Für die **Kryptogamen** lassen sich als übereinstimmende Tendenz die

**Zunahme** von Arten mit höheren Feuchtigkeitsansprüchen sowie  
die **Abnahme** von Lückenbesiedlern

feststellen.

Zu- und Abnahme von Arten halten sich in etwa die Waage. Dies deutet auf starke Veränderungen in der Vegetationsstruktur hin, die bei einem reinen Vergleich der Artenzahlen - relativ mäßige Abnahme der mittleren Gesamtartenzahl (siehe Kap. 3.2.1) - kaum deutlich wird.

Die Zunahme von Fettwiesen- und Saumarten ist besonders eindeutig und auffällig, ebenso die Abnahme solcher Arten, die konkurrenzarme, offene Standorte besiedeln.

Bei den Kryptogamen haben v.a. Moose mit höheren Feuchtigkeitsansprüchen deutlich zugenommen. Diese Gruppe wird von SPRANGER & TÜRK (1993) auch als "Verfäulungszeiger" bezeichnet. Eigene Beobachtungen bestätigen, daß diese Arten vorwiegend in etwas geschlosseneren Kalk-Magerrasen mit beginnender bis stärkerer Streuakkumulation vorkommen. Sie kennzeichnen damit auch eine nachgelassene Nutzungsintensität, denn nach MÖSELER (1989: 36) unterbleibt in den beweideten Flächen die Ausbildung einer dichten Streuschicht.

#### **3.3.1.2 Veränderungen im Artenbestand beim Vergleich des gesamten Aufnahmемaterials aus dem Vergleichszeitraums 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI / HAGEN**

Folgende Arten haben im betrachteten Zeitraum bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $0,01 < p < 0,05$  statistisch signifikant abgenommen (-) bzw. zugenommen (+) (siehe auch Tab. 13 im Anhang; *Phleum phleoides* hat mit  $p = 0,545$  die Signifikanzschwelle nur knapp überschritten und wird hier ebenfalls aufgeführt):

#### **Phanerogamen:**

##### *Zunahme (+):*

*Fettwiesenarten (Arrhenatheretalia):*  
Arrhenatherum elatius

Taraxacum officinale agg.

Prunella grandiflora

*Saumarten (Origanetalia):*

Peucedanum oreoselinum

*Weitere Arten:*

Thymus praecox ssp. praecox

*Gehölze (alle Schichten):*

Quercus robur

Rosa sp.

*Gehölze (nur Krautschicht):*

Pinus sylvestris

**Abnahme (-):**

*Arten beweideter Kalk-Magerrasen:*

Carlina acaulis ssp. simplex

Chamaespartium sagittale

Helictotrichon pratense

*Lückenbesiedelnde Pionierarten:*

Anthyllis vulneraria

Euphrasia stricta

Medicago lupulina

Sedum sexangulare

*Arten lückiger Kalk-Magerrasen, häufig mit Felskontakt oder an sandigen Stellen und Ameisenhöhlen:*

Arabis hirsuta ssp. hirsuta

Koeleria cristata

Odontites lutea

Phleum phleoides (-)

Potentilla tabernaemontani

Thymus pulegioides ssp. chamaedrya

*Weitere xeromorphe Kalk-Magerrasenarten:*

Dianthus carthusianorum

Helianthemum nummularium ssp. obscurum

Hippocrepis comosa

Scabiosa columbaria

*Magerkeitszeiger:*

Briza media

Hypericum perforatum ssp. angustifolium

Poa angustifolia

*Wiesenarten:*

Leontodon hispidus ssp. hispidus

Leucanthemum vulgare agg.

Linum catharticum

Plantago lanceolata

*Saumarten (Origanetalia):*

Medicago falcata

*Weitere Arten:*

Asperula cynanchica

Carex caryophylla

**Kryptogamen:**

**Zunahme (+):**

*Arten mit höheren Feuchteansprüchen, untypisch für Kalk-Magerrasen:*

Plagiomnium affine

Pleurozium schreberi

*Weitere Arten:*

Campylium chrysophyllum

Entodon concinnus

Homalothecium lutescens

Hypnum lacunosum

*Lückenbesiedler: (siehe dazu die Anmerkungen unten)*

Abietinella abietina

Acrocarpi div. sp.

Cladonia rangiformis/furcata

Cladonia pyxidata/chlorophaea-Gruppe

**Abnahme (-):**

*Lückenbesiedler:*

Rhytidium rugosum

**Interpretation**

Die Tendenzen bei den Artenveränderungen sind beim Vergleich ZIELONKOWSKI/HAGEN weit weniger deutlich und schwieriger zu interpretieren als beim Vergleich mit GAUCKLER. Zum einen überschritten insgesamt weniger Arten die Signifikanzschwelle im statistischen Test, und zum anderen lassen sich die Arten weniger klar bestimmten ökologischen Gruppen zuordnen.

Dies hat dreierlei Gründe:

- Erstens spielt der kürzere Beobachtungszeitraum sicher eine große Rolle, in dem sich die Artenveränderungen aufgrund der kürzeren Dauer gerichteter oder ungerichteter Standortveränderungen weniger deutlich manifestieren konnten.
- Zweitens muß man den unterschiedlichen Zustand der Magerrasen zum Zeitpunkt der Erstaufnahmen bei GAUCKLER und ZIELONKOWSKI berücksichtigen. Zu Zeiten GAUCKLERS waren die Magerrasen nicht nur etwas artenreicher (siehe Kap. 3.2), sondern die kennzeichnende Artenkombination war auch deutlicher ausgeprägt als zum Ende der 60er Jahre, als ZIELONKOWSKI seine Aufnahmen durchführte. Bei GAUCKLER waren beispielsweise (außer im *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Leontodon hispidus* auf den relativ frischen Standorten) noch keinerlei Fettwiesenarten in den Aufnahmen vorhanden, und die Flächen

waren durchweg durch extremere Verhältnisse in der Wasser- und Nährstoffversorgung geprägt, als dies bei denjenigen von ZIELONKOWSKI der Fall ist, wo Fettwiesenarten bereits im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* als einer Einheit auf relativ trockenen Standorten auftreten. Die Gründe für diese Unterschiede sind wohl vor allem in der Nutzungsumstellung zu suchen, die größtenteils bereits in der Periode zwischen den Aufnahmezeitpunkten von GAUCKLER und ZIELONKOWSKI stattfand.

- Drittens konnten die Aufnahmeflächen der Erstaufnahmen z.T. besser lokalisiert werden, da Herr Dr. Zielonkowski sich freundlicherweise die Zeit nahm, mehrfach mit dem Autor sowohl die Stellen im Gelände aufzusuchen als auch anhand von Kartenausschnitten zu besprechen bzw. dort zu kennzeichnen. Von GAUCKLER hingegen waren nur die Angaben zu den Aufnahmeorten aus seiner Veröffentlichung bekannt (siehe dazu auch Kap. 2.1.1). Eventuell mag dies ein Grund dafür sein, daß bei einzelnen Aufnahmestellen die Änderungen geringer ausfallen als beim Vergleich GAUCKLER/HAGEN, was allerdings durch die höhere Zahl an Wiederholungsaufnahmen pro Erstaufnahme bei GAUCKLER (2,94 gegenüber 2,58 bei ZIELONKOWSKI) teilweise wieder kompensiert wird.

Auffällig ist, daß die Artenabnahmen weitaus häufiger als die Artenzunahmen sind, was mit der festgestellten Abnahme der mittleren Artenzahlen übereinstimmt (siehe Kap. 3.2.2).

Die Veränderungstendenzen sind im wesentlichen dieselben wie bei den GAUCKLERSchen Aufnahmeflächen und lassen sich für die **Gefäßpflanzen** wie folgt zusammenfassen:

(Schwache) **Zunahme** von

Fettwiesenarten  
Saumarten  
Gehölzen

und (deutliche) **Abnahme** von

Weidezeigern  
Lückenbesiedlern und Pionierarten  
xeromorphen Arten der Kalk-Magerrasen  
Magerkeitszeigern.

Die Zunahme der Fettwiesen- und Saumarten läßt sich - im Gegensatz zum Vergleich GAUCKLER/HAGEN - nur anhand weniger, allerdings sehr typischer Arten feststellen. Merkwürdig erscheint zunächst die gleichzeitige Abnahme der Wiesenarten *Leucanthemum vulgare* agg., *Leontodon hispidus* ssp. *hispidus* und *Plantago lanceolata*. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß auch MEISEL (1984) für diese drei Arten einen starken Rückgang im norddeutschen Grünland verzeichnet, den er auf die Grünlandintensivierung zurückführt. Auch beim Vergleich von *Mesobrometen* (WILMANN 1989)

über einen Zeitraum von ca. 30-40 Jahren haben diese Arten in der Stetigkeit abgenommen.

*Plantago lanceolata* gilt zwar als Klassencharakterart für die *Molinio-Arrhenatheretea*, kennzeichnet jedoch die mageren Ausbildungsformen und kommt daher auch häufig in *Mesobromion*-Gesellschaften vor (OBERDORFER 1990). *Leontodon hispidus* ssp. *hispidus* wird als schwache Ordnungscharakterart für die *Arrhenatheretalia* gewertet, kommt jedoch auch im *Mesobromion* vor, vor allem wenn solche Bestände beweidet werden. Beide Arten gelten als Pionierarten (a.a.O.), so daß deren Rückgang auch als Zeichen für den dichteren Schluß der Vegetationsdecke angesehen werden kann, der sich im Zuge der Standortveränderungen einstellt. Ähnliches würde auch für *Leucanthemum vulgare* gelten, sofern es sich bei der in der Häufigkeit zurückgegangenen Sippe tatsächlich um *L. vulgare* s.str. handelt und nicht um *L. ircutianum* (was sich leider nicht genau klären läßt, siehe Kap. 2.2.3). Erstere besiedelt vorwiegend Halbtrockenrasen (OBERDORFER 1990), teilweise auch mit ausgeprägtem Felskontakt (F. SCHUHWERK, mdl.), und würde damit ebenfalls unter einer wiesenartig geschlossenen Pflanzendecke zurückgehen, wogegen *L. ircutianum* als typische Fettwiesenart davon nicht betroffen wäre und eher davon profitieren sollte.

Die Zunahme von *Thymus praecox* ssp. *praecox* ist schwer interpretierbar. Möglicherweise kann es sich hier auch bei einigen Angaben um Verwechslungen mit *Thymus pulegioides* ssp. *chamaedrys* handeln (siehe dazu Kap. 2.2.3).

Die Abnahme der Weide- und der lückenbesiedelnden Arten ist ebenso deutlich wie beim Vergleich GAUCKLER/HAGEN, doch sind z.T. andere Arten davon betroffen. So fehlt z.B. *Genistella sagittalis* in den Erstaufnahmen GAUCKLERS, *Festuca "duriuscula"* und *Erophila verna* agg. dagegen bei ZIELONKOWSKI. Auffällig ist die gute Übereinstimmung der zurückgegangenen xeromorphen Arten der Kalk-Magerrasen.

Daß einige Magerkeitszeiger abgenommen haben, ist insofern bemerkenswert, als dies die erkennbare Tendenz in der Standortveränderung hin zu besserer Nährstoff- und Wasserversorgung, wie sie durch die Zunahme von Fettwiesenarten angezeigt wird, deutlich unterstreicht.

Die generellen Veränderungstendenzen sind also die gleichen wie beim Vergleich GAUCKLER/HAGEN, der Rückgang an **Kryptogamen** ist jedoch scheinbar wesentlich schwächer ausgeprägt. Dies, sowie die (tatsächliche?) Zunahme von lückenbesiedelnden Moosen und Flechten ist jedoch zumindest zum Teil durch die unterschiedlich genaue Erfassung der Kryptogamen bei beiden Autoren zu erklären (siehe Kap. 2.1 und 2.2.3) und weniger durch eine Standortveränderung. Jedoch auch die Möglichkeit, daß die Flächen der Wiederholungsaufnahmen etwas lückiger als die der Erstaufnahmen waren (siehe dazu Kap. 3.6.2), kann eine weitere Erklärung für die Zunahme dieser Arten darstellen.

### 3.3.1.3 In beiden Vergleichszeiträumen übereinstimmende Artenbestandsveränderungen innerhalb des gesamten Aufnahmematerials

Es folgt eine Zusammenstellung der Arten, die in beiden Vergleichszeiträumen übereinstimmende Veränderungstendenzen zeigen:

#### Phanerogamen:

##### Zunahme (+):

##### Fettwiesenarten (*Arrhenatheretalia*):

*Arrhenatherum elatius*  
*Taraxacum officinale* agg.

##### Gehölze (alle Schichten):

*Quercus robur*

##### Gehölze (nur Krautschicht):

*Pinus sylvestris*

##### Abnahme (-):

##### Arten beweideter Kalk-Magerrasen:

*Carlina acaulis* ssp. *simplex*

##### Lückenbesiedelnde Pionierarten:

*Anthyllis vulneraria*  
*Euphrasia stricta*

##### Arten lückiger Kalk-Magerrasen, häufig mit Felskontakt oder an sandigen Stellen und Ameisenhöhlen:

*Phleum phleoides*  
*Potentilla tabernaemontani*  
*Thymus pulegioides* ssp. *chamaedrys*

##### Weitere, xeromorphe Kalk-Magerrasenarten:

*Helianthemum nummularium* ssp. *obscurum*  
*Hippocrepis comosa*  
*Scabiosa columbaria*

##### Weitere Arten:

*Carex caryophylla*  
*Prunella grandiflora*

#### Kryptogamen:

##### Zunahme (+):

##### Arten mit höheren Feuchteansprüchen:

*Plagiomnium affine*

##### Weitere Arten:

*Campyllum chrysophyllum*  
*Entodon concinnus*  
*Homalothecium lutescens*  
*Hypnum lacunosum*

##### Abnahme (-):

##### Lückenbesiedler:

*Rhytidium rugosum*

#### Interpretation

Von einer Zu- oder Abnahme innerhalb der verschiedenen ökologischen Gruppen sind in den beiden Vergleichszeiträumen teilweise die gleichen, zum Teil aber auch unterschiedliche Arten betroffen. Dies kann neben möglichen Standortunterschieden zum Teil auch arealgeographische Ursachen haben, da das Aufnahmematerial der beiden Erstautoren aus verschiedenen Gebieten stammt. So handelt es sich bei dem Material von ZIELONKOWSKI ausschließlich um Aufnahmen aus dem Regensburger Jura und dessen näherer Umgebung, während von GAUCKLER der gesamte Frankenjura abgedeckt wurde (siehe Liste 1 und 2 im Anhang). Arten wie z.B. *Biscutella laevigata*, *Centaurea rhenana* ssp. *rhenana*, *Euphorbia brittingeri*, *Minuartia fastigiata*, *Peucedanum oreoselinum* und *Silene otites* haben im Südzug des Frankenjura ihren Arealschwerpunkt und kommen im Mittel- und Nordteil des Jura wesentlich seltener oder gar nicht vor (GAUCKLER 1938, SCHÖNFELDER & BRESINSKY 1990).

Eine andere mögliche Ursache liegt in den Auswirkungen der Nutzungsumstellung. Sie erfolgte hauptsächlich nach dem Aufnahmezeitraum von GAUCKLER, aber vor demjenigen von ZIELONKOWSKI (siehe dazu auch Kap. 3.3.1.2, Kap. 3.7 und Kap. 4), so daß sich zumindest ein Teil der dadurch bedingten Veränderungen der Artenkombination bereits vollzogen hatte.

### 3.3.2 Veränderungen im Artenbestand innerhalb der pflanzensoziologischen Einheiten

Im folgenden sollen die unterschiedlichen Veränderungstendenzen in den pflanzensoziologischen Einheiten analysiert werden. Weil die Aufnahmen dieser Einheiten weitgehend einen homogenen Standortbereich und damit ähnliche Lebensbedingungen für die Arten repräsentieren, sollten die darauf bezogenen Veränderungen aufgrund der geringeren Streuung der Datengrundlage genauer und besser interpretierbar sein als beim Vergleich des gesamten Aufnahmematerials.

Grundlage für den Vergleich sind die Stetigkeiten der Arten in den jeweiligen Einheiten, die in Tab. 10 bzw. 11 (siehe Anhang) dargestellt sind. Wie in Kap. 3.3.1 gingen auch hier Präsenz und Absenz der Arten, unabhängig von ihrer Deckung, in die Berechnungen ein. Arten, die außerhalb der Aufnahmeflächen vorkamen, wurden ebenfalls mitberücksichtigt, da so weitgehend die vollständige Artengarnitur in den Vergleich einbezogen werden konnte (siehe dazu Kap. 2.2.2). Auch hier ist der Vertrauensbereich bei den Wiederholungsaufnahmen aufgrund der höheren Stichprobenzahl (der An-

zahl der Wiederholungsaufnahmen pro Erstaufnahme) wesentlich höher als bei den Erstaufnahmen (fast dreimal so hoch).

Da jeweils zwischen den möglichen Ereignissen Zunahme, Abnahme, Ausfall und Neuauftreten einer Art unterschieden werden sollte, kam kein statistischer Test auf Signifikanz zur Anwendung, da

erhaltene Wert wird nun auf die Ausgangs-Stetigkeit - also die in den Erstaufnahmen - bezogen. Bei Ausfall bzw. Neuauftreten einer Art ergibt sich die Stetigkeit unmittelbar aus dem Wert in der jeweiligen Einheit (siehe Beispiel).

Die in den Tabellen verwendeten Symbole sind wie folgt definiert:

Stetigkeit (bezogen auf die jeweilige Einheit) in den		Symbol
Erstaufnahmen	Wiederholungsaufnahmen	
51 - 100 %	0 % (Art fehlt)	00
20 - 50 %	0 % (Art fehlt)	0
20 - 100 %	Abnahme um > 50 %	--
20 - 100 %	Abnahme um 25 - 50 %	-
20 - 100 %	Zunahme um 25 - 50 %	+
20 - 100 %	Zunahme um > 50 %	++
0 % (Art fehlt)	20 - 50 %	1
0 % (Art fehlt)	51 - 100 %	11

dadurch nur unterschiedlich hohe Signifikanzniveaus von Zu- oder Abnahme hätten differenziert werden können. Die ebenso wichtige Information, ob eine Art im Vergleichszeitraum nur zugenommen hat - also in den Erstaufnahmen bereits vorhanden war - oder aber neu aufgetreten ist - also erstmals und nur in den Wiederholungsaufnahmen vorhanden ist - ginge dabei verloren.

Stattdessen wurde über ein Vergleichsverfahren die "Signifikanz" (zur Unterscheidung von mittels statistischer Tests berechneter Signifikanz wird der Begriff in Anführungszeichen gesetzt) des Auftretens einer Art in den Wiederholungsaufnahmen im Vergleich zur entsprechenden Einheit in den Erstaufnahmen berechnet und dargestellt (Tab. 12 und 13 im Anhang). Die Arten sind dabei der Übersichtlichkeit halber in der gleichen Reihenfolge wie in den pflanzensoziologischen Tabellen der Erstaufnahmen (Tab. 6 und 8) angeordnet. Die Berechnung der "Signifikanz" erfolgte für jede pflanzensoziologische Einheit folgendermaßen:

Bei einer Zu- oder Abnahme wurde für jede Art die Differenz in der Stetigkeit zwischen den Erst- und den Wiederholungsaufnahmen berechnet (bei negativem Vorzeichen als Absolutwert). Der

**Beispiel zur Berechnung der "Signifikanz"-Niveaus:**

**Stetigkeit einer Art (innerhalb einer Einheit):**

Bsp.: in den Erstaufnahmen: 70 %,  
in den Wiederholungsaufnahmen: 30 %  
Zustand: **Abnahme**.

**Ermittlung der Intensität der Abnahme:**

Differenz der Stetigkeiten: 70 % - 30 % = 40 %;  
Diese Differenz wird auf den Ausgangswert (70 %) bezogen. Es ergibt sich: 40 % / 70 % \* 100 = 57 %;

Ergebnis: Abnahme um > 50 %

Symbol gemäß folgender Tabelle: --

Für die + und - Symbole wurde die Stetigkeit in den Wiederholungsaufnahmen auf die jeweilige Stetigkeit in den Erstaufnahmen bezogen (wie im Beispiel oben dargelegt). Zu- und Abnahme unter 25 % blieben außer Betracht.

In die Berechnung wurden nur Arten einbezogen, die eine Mindest-Stetigkeit von 20 % erreichten. Dadurch entfielen zahlreiche der "Sonstigen Arten", die in diesem Zusammenhang meist kaum eine spezifische ökologische Aussagekraft besitzen. Der relativ hoch erscheinende Wert wurde aufgrund der niedrigen Aufnahmezahlen der Erstaufnahmen notwendig. Die jeweiligen Veränderungen innerhalb der einzelnen Einheiten werden im folgenden dargestellt und diskutiert. Dazu wurden die Arten stufenweise von stärkster Abnahme zu stärkster Zunahme geordnet (in Anlehnung an das Auswertungsbeispiel in ELLENBERG 1974) und innerhalb dieser Stufen der Übersichtlichkeit halber alphabetisch aufgelistet.

**3.3.2.1 Veränderungen im Artenbestand im Zeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER / HAGEN), bezogen auf die einzelnen pflanzensoziologischen Einheiten**

**a) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen in der Brometalia-Fragmentgesellschaft (GAUCKLER/HAGEN)**

**Krautarten:**

00 (Artenausfall nach Auftreten in 50% der Erstaufnahmen)

- Artemisia campestris
- Erophila verna agg.
- Potentilla cinerea
- Pulsatilla vulgaris agg.

Sesleria albicans ssp. albicans

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Alyssum alyssoides  
Bromus erectus  
Cerastium arvense ssp. arvense  
Cerastium semidecandrum  
Epipactis atrorubens  
Erigeron acer ssp. acer  
Erysimum odoratum  
Festuca pallens ssp. pallens  
Galium pumilum  
Herniaria glabra  
Minuartia hybrida  
Saxifraga tridactylites  
Silene nutans

-- (Abnahme um 50%)

Acinos arvensis  
Arenaria serpyllifolia  
Asperula cynanchica  
Carex humilis  
Carex caryophylla  
Helianthemum nummularium ssp. obscurum  
Hieracium pilosella  
Phleum phleoides  
Potentilla tabernaemontani  
Potentilla pusilla/x subcinerea

- (Abnahme um 25-50%)

Scabiosa columbaria  
Sedum acre  
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys

+ (Zunahme um 25-50%)

Festuca rupicola  
Hypericum perforatum ssp. angustifolium  
Koeleria pyramidata

++ (Zunahme um 50%)

Brachypodium pinnatum  
Briza media

1 (Neuauftreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Allium oleraceum  
Arrhenatherum elatius  
Astragalus glycyphyllos  
Bupleurum falcatum  
Centaurea scabiosa ssp. scabiosa  
Clinopodium vulgare  
Dactylis glomerata  
Daucus carota  
Helictotrichon pubescens  
Heracleum sphondylium  
Knautia arvensis  
Medicago lupulina  
Medicago falcata  
Potentilla heptaphylla

Rhinanthus angustifolius ssp. angustifolius  
Salvia pratensis  
Sedum sexangulare  
Trifolium pratense ssp. pratense  
Veronica austriaca ssp. teucrium

11 (Neuauftreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Achillea millefolium ssp. millefolium  
Agrimonia eupatoria  
Campanula rotundifolia  
Carex flacca  
Centaurea jacea ssp. angustifolia  
Cirsium acaule  
Dianthus carthusianorum  
Galium verum ssp. verum  
Leontodon hispidus ssp. hispidus  
Linum catharticum  
Lotus corniculatus  
Ononis spinosa agg.  
Pimpinella saxifraga  
Plantago lanceolata  
Plantago media  
Poa angustifolia  
Tragopogon orientalis  
Viola hirta

**Gehölze (alle Schichten):**

+ (Zunahme um 25-50%)

Juniperus communis

1 (Neuauftreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Pinus sylvestris  
Quercus robur

11 (Neuauftreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Prunus spinosa

**Kryptogamen:**

00 (Artenausfall nach Auftreten in 50% der Erstaufnahmen)

Tortella tortuosa

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Cladonia pyxidata/chlorophaea-Gr.  
Cladonia rangiformis/furcata

- (Abnahme um 25-50%)

Abietinella abietina

1 (Neuauftreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Entodon concinnus

II (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Homalothecium lutescens  
Hylocomium splendens  
Hypnum lacunosum  
Plagiomnium affine  
Rhytiadelphus squarrosus  
Scleropodium purum

Die Veränderungen in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft sind unter allen Einheiten am stärksten. Hier treten zahlenmäßig die höchsten Artenverluste, wie auch die höchsten Neuauftritte von Arten auf, während zugleich weniger Artenzu- und -abnahmen als bei den anderen Einheiten festzustellen sind. Vergleichbar hohe Artenverluste gab es sonst nur noch im *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Leontodon hispidus*.

Dies liegt neben aufgetretenen Standortveränderungen wohl zum größten Teil daran, daß bei zwei der Untersuchungsstellen (Treunitz und Oberaufseß) die Flächen der Erstaufnahmen nur schlecht lokalisierbar waren, so daß daher die Wiederholungsaufnahmen auf "Restbestandsflächen" (siehe Kap. 2.2.2) durchgeführt werden mußten.

Bei den Erstaufnahmen handelte es sich zumindest bei den Stellen Leidingshof (G 28 nach Liste 1 im Anhang, Aufnahme-Nr. 718) und Oberaufseß (G 33, Aufnahme-Nr. 818), evt. auch bei Treunitz (G 32, Aufnahme-Nr. 819), um eher felskopf- oder felsbandähnliche Vegetation, die heute aber aufgrund der weitgehend flächendeckenden und fortgeschrittenen Wiederbewaldung - vorwiegend mit Waldkiefern (*Pinus sylvestris*) verschwunden ist. Reste davon konnten nur noch erahnt werden, und wenn solche Stellen gefunden wurden, waren sie so kleinflächig, daß das notwendige Minimalareal weit unterschritten worden wäre. Allerdings hat GAUCKLER damals für seine Verhältnisse sehr kleine Aufnahmeflächen an diesen Stellen gewählt, so in Oberaufseß nur 6 m<sup>2</sup>, an den beiden anderen 20 bzw. 25 m<sup>2</sup>. Dies spricht dafür, daß wohl bereits zu damaliger Zeit ein kleinräumiges Vegetationsmosaik bestand, das heute allerdings in allen Fällen durch die fortgeschrittene Sukzession nivelliert worden ist. An diesen Stellen kann somit von einem Verlust dieses Vegetationstyps gesprochen werden.

Die Vegetation der aufgenommenen "Restbestandsflächen" war dagegen, obwohl auch hier noch Felskontakt bestand, bereits stärker ruderalisiert und/oder versauert und wies dazu Kontakt zu benachbartem Grünland auf, was das Auftreten von Arten wie *Heracleum sphondylium* und *Astragalus glycyphyllos* erklären kann. Dadurch wird andererseits auch der Verlust der Lückenbesiedler *Minuartia hybrida* und *Saxifraga tridactylites* plausibel. Auch das Verschwinden von *Sesleria albicans* ssp. *albicans* kann dadurch erklärt werden, zumal wenn man die schlechte Ausbreitungsfähigkeit dieser an Felskontakt gebundenen Art berücksichtigt (SCHUBERT 1963, WITSCHHEL 1980).

Daß die Standortverhältnisse zu Zeiten GAUCKLERS nicht völlig anders waren, bestätigt andererseits die Tatsache, daß die beiden vorhergenannten lückenbesiedelnden Arten auch an ruderalen Standorten vorkommen und etwa von *Epipactis atrorubens* begleitet wurden, was einen gewissen Saumkontakt andeutet.

**b) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im *Pulsatillo-Caricetum typicum* (GAUCKLER / HAGEN)**

**Krautarten:**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Alyssum alyssoides  
Erophila verna agg.  
Silene otites

-- (Abnahme um 50%)

Acinos arvensis  
Anthericum ramosum  
Anthyllis vulneraria  
Arabis hirsuta ssp. hirsuta  
Arenaria serpyllifolia  
Artemisia campestris  
Aster linosyris  
Centaurea rhenana ssp. rhenana  
Dichanthium ischaemum  
Erigeron acer ssp. acer  
Festuca "duriuscula"  
Festuca pallens ssp. pallens  
Fumana procumbens  
Helictotrichon pratense  
Hippocrepis comosa  
Koeleria cristata  
Medicago minima  
Ononis spinosa agg.  
Petrorhagia saxifraga  
Peucedanum oreoselinum  
Potentilla pusilla/x subcinerea  
Potentilla cinerea  
Sedum acre  
Veronica spicata

- (Abnahme um 25-50%)

Alyssum montanum ssp. montanum  
Campanula rotundifolia  
Carlina acaulis ssp. simplex  
Dianthus carthusianorum  
Fragaria viridis  
Globularia punctata  
Helianthemum nummularium ssp. obscurum  
Hieracium pilosella  
Inula hirta  
Lotus corniculatus  
Odontites lutea  
Phleum phleoides  
Polygala comosa

Potentilla tabernaemontani  
Prunella grandiflora  
Pulsatilla vulgaris agg.  
Sedum sexangulare  
Sedum album  
Stachys recta  
Teucrium montanum  
Thymus praecox ssp. praecox

+ (Zunahme um 25-50%)

Bromus erectus  
Cerastium arvense ssp. arvense  
Koeleria pyramidata  
Potentilla heptaphylla

++ (Zunahme um 50%)

Achillea millefolium ssp. millefolium  
Coronilla varia  
Echium vulgare  
Euphrasia stricta  
Hypericum perforatum ssp. angustifolium  
Medicago lupulina  
Plantago media  
Plantago lanceolata

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Cirsium acaule  
Taraxacum officinale agg.

**Gehölze (alle Schichten):**

-- (Abnahme um 50%)

Berberis vulgaris  
Rhamnus saxatilis

- (Abnahme um 25-50%)

Juniperus communis

++ (Zunahme um 50%)

Pinus sylvestris

**Kryptogamen:**

-- (Abnahme um 50%)

Cladonia pyxidata/chlorophaea-Gr.

- (Abnahme um 25-50%)

Cladonia rangiformis/furcata  
Tortella tortuosa  
Hypnum lacunosum

Sehr deutlich fällt im *Pulsatillo-Caricetum typicum* der Rückgang bzw. Verlust der Lückenbesiedler (wie z.B. *Erophila verna* agg., *Alyssum alyssoides* oder *Fumana procumbens*) und der weidefesten Arten (wie *Carlina acaulis* ssp. *simplex* und *Helic-*

*totrichon pratense*) aus. Auch lückenbesiedelnde Moose sind stark zurückgegangen.

Ebenso klar erkennbar ist die Zunahme bzw. das Neuaufreten von einigen Fettwiesenarten (wie *Taraxacum officinale* agg. und *Achillea millefolium* ssp. *millefolium*) und Saumarten (wie *Coronilla varia* und *Hypericum perforatum* ssp. *angustifolium*) in den Wiederholungsaufnahmen.

Zunächst merkwürdig erscheint die Zunahme der Weidezeiger *Cirsium acaule* und *Koeleria pyramidata*, die mit nachlassender Beweidung normalerweise eher zurückgehen. *Cirsium acaule* erscheint in 10 der 33 Wiederholungsaufnahmen (sowie in 1 Aufnahme außerhalb der Fläche), *Koeleria pyramidata* in mehr als der Hälfte. Die Artmächtigkeit beträgt jeweils '+' oder '1', also etwas weniger, als es gewöhnlich in stärker beweideten Magerrasen der Fall ist, wo diese Arten meist mit '2' auftreten (siehe OBERDORFER 1978).

Hier scheinen sich jedoch offenbar durch die (aufgrund der nachlassenden Nutzung) einsetzende Verbrachung die Standortbedingungen soweit verändert zu haben, daß sich das "ehemalige" *Pulsatillo-Caricetum typicum* dem *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* soweit annähert, daß auch die Abgrenzung dieser beiden Einheiten in den Wiederholungsaufnahmen erschwert wird (siehe dazu Kap. 3.6.1 und Tab. 7 im Anhang).

**c) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* (GAUCKLER / HAGEN)**

**Krautarten:**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erst-aufnahmen)

Achillea nobilis  
Erophila verna agg.  
Ranunculus bulbosus  
Silene otites

-- (Abnahme um 50%)

Alyssum montanum ssp. montanum  
Anthericum ramosum  
Artemisia campestris  
Carlina acaulis ssp. simplex  
Centaurea scabiosa ssp. scabiosa  
Centaurea rhenana ssp. rhenana  
Cirsium acaule  
Dichanthium ischaemum  
Euphrasia stricta  
Festuca "duriuscula"  
Fumana procumbens  
Hieracium pilosella  
Koeleria cristata  
Leucanthemum vulgare agg.  
Potentilla cinerea  
Sedum acre  
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys  
Veronica chamaedrys

- (Abnahme um 25-50%)

Anthyllis vulneraria  
Buphthalmum salicifolium  
Bupleurum falcatum  
Campanula rotundifolia  
Carex caryophyllea  
Centaurea jacea ssp. angustifolia  
Erysimum odoratum  
Globularia punctata  
Helictotrichon pratense  
Odontites lutea  
Petrophagia saxifraga  
Phleum phleoides  
Potentilla tabernaemontani  
Pulsatilla vulgaris agg.  
Sedum sexangulare  
Stachys recta  
Veronica austriaca ssp. teucrium

+ (Zunahme um 25-50%)

Fragaria viridis  
Medicago falcata  
Plantago lanceolata  
Thymus praecox ssp. praecox

++ (Zunahme um 50%)

Acinos arvensis  
Briza media  
Coronilla varia  
Hypericum perforatum ssp. angustifolium  
Koeleria pyramidata  
Potentilla heptaphylla  
Potentilla pusilla/x subcinerea  
Seseli annuum  
Silene vulgaris

11 (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Taraxacum officinale agg.

**Gehölze (alle Schichten):**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erst-aufnahmen)

Berberis vulgaris

-- (Abnahme um 50%)

Juniperus communis

**Kryptogamen:**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erst-aufnahmen)

Pleurochaete squarrosa

-- (Abnahme um 50%)

Cladonia pyxidata/chlorophaea-Gr.  
Cladonia rangiformis/furcata

- (Abnahme um 25-50%)

Tortella tortuosa

11 (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Hypnum lacunosum

In dieser Einheit ist auffällig, daß die Kennarten *Cirsium acaule* und *Ranunculus bulbosus* stark abgenommen haben, ebenso wie weitere Weidezeiger (wie *Carlina acaulis* ssp. *simplex* und *Festuca "duriuscula"*) und differenzierende Lückenbesiedler. Viele dieser lückenbesiedelnden Arten fehlen auch im *Pulsatilla-Caricetum typicum*, mit dem diese Einheit weiterhin viele Gemeinsamkeiten hat. Zugenommen haben ähnliche Artengruppen wie in der vorhergehenden Einheit, nämlich Fettwiesen-, Saumarten und mesophytische Arten der Kalk-Maggerrasen.

**d) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Potentilla cinerea* (GAUCKLER / HAGEN)**

**Krautarten:**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erst-aufnahmen)

Arabis hirsuta ssp. hirsuta  
Aster amellus  
Helichrysum arenarium  
Koeleria cristata  
Petrophagia prolifera  
Ranunculus bulbosus  
Silene otites

-- (Abnahme um 50%)

Acinos arvensis  
Artemisia campestris  
Centaurea rhenana ssp. rhenana  
Cerastium arvense ssp. arvense  
Erigeron acer ssp. acer  
Euphrasia stricta  
Festuca "duriuscula"  
Helictotrichon pubescens  
Hippocrepis comosa  
Medicago minima  
Potentilla cinerea  
Primula veris ssp. veris  
Pulsatilla vulgaris agg.  
Sedum acre  
Sedum album  
Teucrium chamaedrys  
Viola rupestris

- (Abnahme um 25-50%)

Anthyllis vulneraria  
Arenaria serpyllifolia  
Carex caryophyllea

Helictotrichon pratense  
Hieracium pilosella  
Hypericum perforatum ssp. angustifolium  
Medicago falcata  
Phleum phleoides  
Potentilla tabernaemontani  
Prunella grandiflora  
Stachys recta  
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys

+ (Zunahme um 25-50%)

Achillea millefolium ssp. millefolium  
Festuca rupicola  
Trifolium campestre

++ (Zunahme um 50%)

Briza media  
Cirsium acaule  
Coronilla varia  
Fragaria viridis  
Linum catharticum  
Medicago lupulina  
Plantago media  
Potentilla pusilla/x subcinerea  
Sedum sexangulare  
Veronica austriaca ssp. teucrium

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Anemone sylvestris  
Arrhenatherum elatius  
Bromus erectus  
Buphthalmum salicifolium  
Centaurea scabiosa ssp. scabiosa  
Dactylis glomerata  
Knautia arvensis  
Leontodon hispidus ssp. hispidus  
Rhinanthus angustifolius angustifolius  
Taraxacum officinale agg.  
Trifolium pratense ssp. pratense  
Trifolium medium

**Gehölze (alle Schichten):**

00 (Artenausfall nach Auftreten in 50% der Erstaufnahmen)

Juniperus communis

-- (Abnahme um 50%)

Pinus sylvestris

+ (Zunahme um 25-50%)

Prunus spinosa

**Kryptogamen:**

-- (Abnahme um 50%)

Cladonia pyxidata/chlorophaea-Gr.  
Tortella tortuosa

- (Abnahme um 25-50%)

Cladonia rangiformis/furcata

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Plagiomnium affine  
Pleurozium schreberi

11 (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Hypnum lacunosum

Im Unterschied zu den vorhergehenden Einheiten fallen bei den Arten mit Tendenz zur Abnahme hier weniger die Lückenbesiedler als vielmehr die selteneren Saumarten (wie *Aster amellus*) und mesophytischen Begleiter der Kalk-Magerrasen (wie *Helictotrichon pubescens*) auf. Dies spiegelt die weniger extremen Standortbedingungen dieser Einheit wieder.

Bei den Arten mit Tendenz zur Zunahme sind Fettwiesenarten und Saumarten (wie *Anemone sylvestris*, *Coronilla varia* und *Fragaria viridis*) deutlich stärker vertreten als in den beiden vorhergehenden Einheiten. Wie im *Pulsatillo-Caricetum typicum* hat auch hier *Cirsium acaule* stark zugenommen. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß diese Art in den Erstaufnahmen nur in 1 von 6 Aufnahmen vorkam, so daß sie hier vielleicht etwas zu deutlich herausgestellt wird.

Bei den Moosen und Flechten ist nicht nur wie bei den vorigen Einheiten die Abnahme der Lückenbesiedler zu verzeichnen, sondern im Unterschied zu diesen auch die Zunahme von Arten, die auf höhere Bodenfeuchtigkeit angewiesen sind und eine gewisse Streuakkumulation anzeigen (v. a. *Plagiomnium affine*, aber auch auch *Pleurozium schreberi*).

**e) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im *Gentiano-Koelerietum typicum*, typische Variante (GAUCKLER / HAGEN)**

**Krautarten:**

00 (Artenausfall nach Auftreten in 50% der Erstaufnahmen)

Asperula cynanchica  
Carex caryophyllea

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Helictotrichon pratense

-- (Abnahme um 50%)

Anthyllis vulneraria  
Dianthus carthusianorum  
Euphrasia stricta  
Festuca "duriuscula"  
Helianthemum nummularium ssp. obscurum

Hieracium pilosella  
Koeleria pyramidata  
Phleum phleoides  
Polygala comosa  
Pulsatilla vulgaris agg.  
Ranunculus bulbosus  
Sedum acre  
Trifolium montanum

- (Abnahme um 25-50%)

Aster amellus  
Brachypodium pinnatum  
Carduus acanthoides  
Erigeron acer ssp. acer  
Hippocrepis comosa  
Lotus corniculatus  
Onobrychis viciifolia  
Peucedanum cervaria  
Pimpinella saxifraga  
Sedum sexangulare  
Verbascum lychnitis

+ (Zunahme um 25-50%)

Centaurea jacea ssp. angustifolia

++ (Zunahme um 50%)

Achillea millefolium ssp. millefolium  
Arenaria serpyllifolia  
Bromus erectus  
Centaurea scabiosa ssp. scabiosa  
Fragaria viridis  
Hypericum perforatum ssp. angustifolium  
Knautia arvensis  
Plantago lanceolata  
Poa angustifolia  
Silene nutans

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Arabis hirsuta ssp. hirsuta  
Senecio erucifolius  
Senecio jacobaea  
Taraxacum officinale agg.

11 (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Agrimonia eupatoria  
Arrhenatherum elatius  
Dactylis glomerata  
Leontodon hispidus ssp. hispidus  
Medicago lupulina  
Trifolium pratense ssp. pratense  
Viola hirta

**Gehölze (alle Schichten):**

-- (Abnahme um 50%)

Pinus sylvestris  
Prunus spinosa

- (Abnahme um 25-50%)

Rosa sp.

**Kryptogamen:**

-- (Abnahme um 50%)

Cladonia rangiformis/furcata  
Rhytidium rugosum  
Pleurozium schreberi

11 (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Hypnum lacunosum

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Plagiomnium affine  
Scleropodium purum

Vom Rückgang sind in dieser Einheit zahlreiche Krautarten betroffen, die als Weidezeiger gelten (wie *Festuca "duriuscula"*, *Helictotrichon pratense*, *Ranunculus bulbosus*). Die Zahl der zurückgegangenen Lückenbesiedler ist wesentlich niedriger als in den vorigen Einheiten, da diese bereits in den Erstaufnahmen deutlich seltener auftraten.

Die Anzahl der vermehrt auftretenden oder neu hinzugekommenen Arten ist dagegen ähnlich hoch wie in der vorigen Einheit. Auch hier sind es wieder vorwiegend Fettwiesen- und Saumarten.

Bezüglich der Kryptogamen gilt das gleiche wie bei der vorigen Einheit. Gegenüber allen vorhergehenden Einheiten ist die Zahl der zurückgegangenen Lückenbesiedler jedoch (wie bei den Krautarten) niedriger, da *Tortella tortuosa* bereits in den Erstaufnahmen ganz fehlte und auch *Cladonia pyxidata* seltener auftrat. Dies verdeutlicht den weniger extremen Standortcharakter dieser Einheit (*typicum!*).

**f) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Leontodon hispidus* (GAUCKLER / HAGEN)**

**Krautarten:**

00 (Artenausfall nach Auftreten in 50% der Erstaufnahmen)

*Festuca "duriuscula"*  
*Gentianella ciliata*  
*Gentianella germanica*  
*Poa pratensis*

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

*Agrostis capillaris*  
*Antennaria dioica*  
*Anthericum ramosum*  
*Carlina vulgaris* ssp. *vulgaris*  
*Cerastium semidecandrum*

Cirsium vulgare  
Genista tinctoria  
Gentiana cruciata  
Odontites lutea  
Polygala vulgaris  
Prunella vulgaris  
Pulsatilla vulgaris agg.  
Ranunculus acris  
Senecio erucifolius  
Seseli annuum  
Solidago virgaurea ssp. virgaurea

Arrhenatherum elatius  
Coronilla varia  
Melampyrum arvense  
Potentilla heptaphylla  
Trisetum flavescens

11 (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Dactylis glomerata  
Origanum vulgare  
Poa angustifolia

-- (Abnahme um 50%)

Anthyllis vulneraria  
Bupleurum falcatum  
Campanula glomerata  
Carduus acanthoides  
Carex flacca  
Carex caryophyllea  
Cirsium acaule  
Euphrasia stricta  
Hippocrepis comosa  
Leucanthemum vulgare agg.  
Linum catharticum  
Medicago falcata  
Ononis spinosa agg.  
Phleum phleoides  
Ranunculus bulbosus  
Scabiosa columbaria  
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys  
Trifolium montanum  
Veronica austriaca ssp. teucrium

- (Abnahme um 25-50%)

Briza media  
Campanula rotundifolia  
Carlina acaulis ssp. simplex  
Cerastium arvense ssp. arvense  
Galium verum ssp. verum  
Helianthemum nummularium ssp. obscurum  
Helictotrichon pratense  
Hieracium pilosella  
Koeleria pyramidata  
Onobrychis viciifolia  
Pimpinella saxifraga  
Potentilla tabernaemontani

+ (Zunahme um 25-50%)

Achillea millefolium ssp. millefolium

++ (Zunahme um 50%)

Agrimonia eupatoria  
Bromus erectus  
Daucus carota  
Festuca rupicola  
Plantago lanceolata  
Sanguisorba minor  
Silene vulgaris

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Arenaria serpyllifolia

**Gehölze (alle Schichten):**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Prunus spinosa

**Kryptogamen:**

00 (Artenausfall nach Auftreten in 50% der Erstaufnahmen)

Hypnum cupressiforme s. lat.

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Rhytidiadelphus triquetrus

-- (Abnahme um 50%)

Abietinella abietina  
Cladonia rangiformis/furcata  
Rhytidium rugosum  
Tortella tortuosa

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Hypnum lacunosum  
Plagiomnium affine

In dieser Einheit ist, ähnlich wie in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft, die Zahl der abgenommenen und verschwundenen Arten sehr hoch. Der Grund dafür ist aber im Unterschied zu dieser weniger in einer mangelhaften Übereinstimmung der Aufnahmeflächen hinsichtlich des Standorts, sondern in den deutlicheren Auswirkungen der Nutzungsaufgabe zu sehen. Es handelt sich um die zu Zeiten GAUCKLERS am stärksten beweideten und teilweise von *Brachypodium pinnatum* dominierten Flächen, die wohl nach heutigem Ermessen am ehesten dem Eindruck eines beweideten *Gentiano-Koelerietum* entsprächen.

Im Gegensatz dazu sind diese Flächen heute in einem zwar nicht verbuschten und zugewachsenen, aber doch deutlich verbrachten und vergrasteten Zustand. Daher sind nicht nur die wenigen, in den Erstaufnahmen vorhandenen Lückenbesiedler (wie *Cerastium semidecandrum*, *Hieracium pilosella*, *Odontites lutea*) verschwunden oder haben stark abgenommen, sondern auch die damals sehr zahlreichen Weidezeiger (wie *Carlina vulgaris* ssp. *vulga-*

ris, *Carlina acaulis* ssp. *simplex*, *Helictotrichon pratense*, *Ononis spinosa* agg., *Ranunculus bulbosus*) und viele mesophile Begleitarten.

Zahlenmäßig haben dagegen relativ weniger Arten als in den vorigen beiden Einheiten zugenommen. Neu aufgetreten sind solche Arten, die eine Vergrasung und Versaumung anzeigen, jedoch weniger Fettwiesenarten als in den anderen Einheiten des *Gentiano-Koelerietum typicum*, da diese Einheit bereits in den Erstaufnahmen über die meisten Fettwiesenarten verfügt.

Die Kryptogamen zeigen wieder die gleichen Veränderungen wie in den beiden vorhergehenden Einheiten. Zum "Ausfall" von *Hypnum cupressiforme* s. lat. und dem "Neuauftreten" von *Hypnum lacunosum* muß bemerkt werden, daß erstere Bezeichnung nur von GAUCKLER verwendet wurde, wobei das Aggregat auch die Kleinart *H. lacunosum* umfaßt, die in seinen Tabellen nicht abgetrennt wurde. Bei den Wiederholungsaufnahmen ergab die Nachbestimmung, daß es sich stets um *H. lacunosum* handelte. Es kann jedoch nicht nachvollzogen werden, ob dies auch für die GAUCKLERschen Erstaufnahmen gilt.

### 3.3.2.2 Zusammenfassung der Artenbestandsveränderungen im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER / HAGEN)

Wenn man von der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft absieht, die aufgrund der ungenügenden Standortübereinstimmung nicht im Vergleich mit den anderen Einheiten interpretiert werden kann, so fallen bei den **Gefäßpflanzen** folgende Tendenzen auf:

Die Zahl der verschwundenen oder abgenommenen Arten ist im *Pulsatillo-Caricetum typicum* am größten und nimmt in der Reihenfolge, in der die Einheiten in Tab. 6 angeordnet sind, ab. Im *Gentiano-Koelerietum typicum* ist sie am schwächsten ausgeprägt. Da die Einheiten in dieser Anordnung einem Gradienten zunehmender Feuchte- und Stickstoffzahlen entsprechen (siehe Kap. 3.1.1 und Tab. 10 im Anhang), kann innerhalb der untersuchten Bestände von den **stärksten Artenverlusten auf den relativ trockensten und den schwächsten auf den relativ frischesten Standorten** gesprochen werden. Eine Ausnahme bildet das *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Leontodon hispidus* aufgrund der oben (Kap. 3.3.2.1) genannten Einschränkungen.

Von den **Artenverlusten** sind die **Lückenbesiedler und xeromorphe Arten der Kalk-Magerrasen** zahlenmäßig weitaus **am stärksten betroffen**, und dies vor allem in den Einheiten mit den relativ trockeneren Standortbedingungen (*Pulsatillo-Caricetum typicum* und *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*).

Die **Artenzunahmen** sind hingegen in den **Einheiten mit den relativ frischeren Standortver-**

**hältnissen** (*Gentiano-Koelerietum typicum*) **deutlicher** ausgeprägt. Zugenommen bzw. neu aufgetreten sind in diesen Einheiten **vor allem Saum- und Fettwiesenarten**, während dies bei den Einheiten auf den relativ trockeneren Standorten außer für einige wenige Fettwiesen- und Saumarten v.a. für **mesophytische Arten der Magerrasen und für Ruderalarten** gilt.

Auch bei den **Kryptogamen** ist auffällig, daß im *Pulsatillo-Caricetum typicum* und im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* zwar die **Lückenbesiedler stark abgenommen** haben, daß andererseits aber im Gegensatz zum *Gentiano-Koelerietum typicum* noch keine Moose mit höheren Feuchtigkeitsansprüchen wie *Plagiomnium affine* oder *Pleurozium schreberi* "signifikant" zunahm. Dies unterstreicht nochmals die oben dargestellten Veränderungstendenzen bei den Krautarten.

### 3.3.2.3 Veränderungen im Artenbestand im Zeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI / HAGEN), bezogen auf die einzelnen pflanzensoziologischen Einheiten

a) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im *Pulsatillo-Caricetum seslerietosum* (ZIELONKOWSKI/HAGEN)

**Krautarten:**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Galium boreale  
Veronica chamaedrys

-- (Abnahme um 50%)

Anthyllis vulneraria  
Briza media  
Campanula rotundifolia  
Carduus defloratus  
Carex caryophyllea  
Chamaespartium sagittale  
Euphrasia stricta  
Fumana procumbens  
Galium glaucum  
Linum catharticum  
Potentilla tabernaemontani  
Thlaspi montanum

- (Abnahme um 25-50%)

Arabis hirsuta ssp. hirsuta  
Buphthalmum salicifolium  
Dianthus carthusianorum  
Globularia punctata  
Helictotrichon pratense  
Koeleria cristata  
Leucanthemum vulgare agg.  
Sesleria albicans ssp. albicans  
Silene otites

Thymus pulegioides ssp. chamaedrys  
Vincetoxicum hirundinaria

+ (Zunahme um 25-50%)

Achillea millefolium ssp. millefolium  
Aster linosyris  
Brachypodium pinnatum

++ (Zunahme um 50%)

Artemisia campestris  
Centaurea rhenana ssp. rhenana  
Cerastium arvense ssp. arvense  
Coronilla varia  
Koeleria pyramidata  
Lotus corniculatus  
Medicago falcata  
Phleum phleoides  
Pimpinella saxifraga  
Plantago media  
Poa angustifolia  
Salvia pratensis  
Thymus praecox ssp. praecox

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Potentilla heptaphylla  
Thalictrum minus ssp. saxatile

**Gehölze (alle Schichten):**

++ (Zunahme um 50%)

Quercus robur

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Corylus avellana

**Kryptogamen:**

+ (Zunahme um 25-50%)

Cladonia rangiformis/furcata  
Tortella tortuosa

++ (Zunahme um 50%)

Abietinella abietina  
Fissidens taxifolius

1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Acrocarpi div. sp.  
Homalothecium lutescens  
Plagiomnium affine

11 (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Hypnum lacunosum

Obwohl die mittlere Gesamtartenzahl bei den Erst- und Wiederholungsaufnahmen nahezu identisch ist

(37,8 bzw. 36,9 Arten), haben sich deutliche Verschiebungen im Artenbestand vollzogen. Einige selten vorkommende Arten, meist felsgebundene Pionierarten (*Carduus defloratus*, *Fumana procumbens*, *Galium glaucum*) haben abgenommen. Die düngerfliehende Art *Galium boreale* ist eine der wenigen, die ganz verschwunden ist.

Unter den neu hinzugekommenen bzw. häufiger gewordenen Arten sind sowohl lückenbesiedelnde Arten (*Artemisia campestris*, *Cerastium arvense* ssp. *arvense*) als auch einige Saumarten (*Coronilla varia*, *Poa angustifolia*) und Kiefernbegleiter (*Thalictrum minus* ssp. *saxatile*), die eine schwache, einsetzende Sukzession andeuten. Hierzu muß bemerkt werden, daß ohne einige bereits durchgeführte pflegerische Eingriffe wie das Abholzen einiger Kiefern an der Untersuchungsstelle Plattenberg (Z02 nach Liste 2 im Anhang, Aufnahme-Nr. 1809) die Veränderungen vermutlich deutlicher ausgefallen wären. Die starke Zunahme der Kryptogamen, darunter vor allem Lückenbesiedler, ist vermutlich größtenteils durch unterschiedliche Erfassungsgenauigkeit bedingt (siehe Kap. 2.1.2 und 2.2.3).

Insgesamt ist bei den Artenverschiebungen keine klare Veränderungsrichtung erkennbar und sie sind als schwach einzustufen. Dies hängt sicherlich mit den extremen Standortbedingungen zusammen, unter denen Standortveränderungen nur sehr langsam ablaufen.

**b) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im Pulsatillo-Caricetum typicum (ZIELONKOWSKI / HAGEN)**

**Krautarten:**

-- (Abnahme um 50%)

Acinos arvensis  
Allium senescens ssp. montanum  
Artemisia campestris  
Carlina acaulis ssp. simplex  
Echium vulgare  
Euphrasia stricta  
Helictotrichon pratense  
Hypericum perforatum ssp. angustifolium  
Koeleria cristata  
Linum catharticum  
Odontites lutea  
Phleum phleoides  
Plantago media  
Sedum sexangulare  
Seseli annuum  
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys

- (Abnahme um 25-50%)

Carex caryophyllea  
Centaurea rhenana ssp. rhenana  
Cerastium arvense ssp. arvense  
Coronilla varia  
Dianthus carthusianorum

Lotus corniculatus  
 Medicago lupulina  
 Medicago falcata  
 Plantago lanceolata  
 Poa angustifolia  
 Potentilla tabernaemontani  
 Potentilla heptaphylla  
 Scabiosa columbaria  
 Silene otites  
 Stachys recta

+ (Zunahme um 25-50%)

Fragaria viridis  
 Koeleria pyramidata  
 Peucedanum oreoselinum

++ (Zunahme um 50%)

Alyssum montanum ssp. montanum  
 Anthericum ramosum  
 Hieracium pilosella

I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Potentilla pusilla/x subcinerea

II (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Thymus praecox praecox

**Gehölze (alle Schichten):**

Keine signifikanten Veränderungen.

**Kryptogamen:**

-- (Abnahme um 50%)

Tortula ruralis

++ (Zunahme um 50%)

Cladonia rangiformis/furcata

I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Acrocarpi div. sp.

II (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Hypnum lacunosum

Im *Pulsatillo-Caricetum typicum* fehlt in den Wiederholungsaufnahmen keine Art völlig. Die mittlere Artenzahl hat jedoch deutlich abgenommen. Unter den Arten mit Tendenz zur Abnahme sind Weidezeiger (*Carlina acaulis* ssp. *simplex*, *Helictotrichum pratense*) sowie Lückenbesiedler und einige schwach mesophytische Arten zu nennen. Nur sehr wenige Arten haben zugenommen. Auch hier sind wiederum, wie in der 1. Einheit, die Ten-

denzen uneinheitlich, denn sowohl lückenbesiedelnde als auch Saumarten sind davon betroffen.

**c) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* (ZIELONKOWSKI / HAGEN)**

**Krautarten:**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Gentianella ciliata

-- (Abnahme um 50%)

Acinos arvensis  
 Anthyllis vulneraria  
 Carlina acaulis ssp. *simplex*  
 Cirsium acaule  
 Euphrasia stricta  
 Medicago lupulina  
 Scabiosa columbaria  
 Trifolium montanum

- (Abnahme um 25-50%)

Briza media  
 Carex caryophyllea  
 Centaurea jacea ssp. *angustifolia*  
 Centaurea rhenana ssp. *rhenana*  
 Centaurea scabiosa ssp. *scabiosa*  
 Dianthus carthusianorum  
 Echium vulgare  
 Globularia punctata  
 Helianthemum nummularium ssp. *obscurum*  
 Helictotrichon pratense  
 Hippocrepis comosa  
 Hypericum perforatum ssp. *angustifolium*  
 Koeleria cristata  
 Linum catharticum  
 Lotus corniculatus  
 Medicago falcata  
 Plantago lanceolata  
 Plantago media  
 Potentilla tabernaemontani  
 Prunella grandiflora  
 Pulsatilla vulgaris agg.  
 Seseli annuum  
 Stachys recta  
 Thymus pulegioides ssp. *chamaedrys*

+ (Zunahme um 25-50%)

Agrimonia eupatoria  
 Koeleria pyramidata  
 Odontites lutea

++ (Zunahme um 50%)

Arrhenatherum elatius  
 Bromus erectus  
 Campanula rotundifolia  
 Cerastium arvense ssp. *arvense*  
 Fragaria viridis

Potentilla heptaphylla  
Thymus praecox praecox

Prunella vulgaris  
Sedum sexangulare

I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Potentilla pusilla/x subcinerea

II (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Taraxacum officinale agg.

**Gehölze (alle Schichten):**

I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Pinus sylvestris

**Kryptogamen:**

+ (Zunahme um 25-50%)

Abietinella abietina

I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Acrocarpi div. sp.

II (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Hypnum lacunosum

In dieser Einheit wurden besonders viele Arten mit Tendenz zur Abnahme festgestellt. Sehr ähnlich wie im *Pulsatillo-Caricetum typicum* sind auch hier Weidezeiger darunter, die wie beim Vergleich mit GAUCKLER auf die nachgelassene Nutzungsintensität hindeuten, sowie Lückenbesiedler und kennzeichnende Arten der Kalk-Magerrasen (wie *Anthyllis vulneraria*, *Dianthus carthusianorum*, *Hipocrepis comosa*).

Unter den Arten, die zugenommen haben, sind Fettwiesenarten (*Arrhenatherum elatius*, *Taraxacum officinale* agg.) sowie nicht weidefeste Arten (*Bromus erectus*) hervorzuheben. Eine Tendenz zur Versaumung ist deutlicher ausgeprägt als bei den ersten beiden Einheiten.

**d) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im *Gentiano-Koelerietum typicum*, typische Variante (ZIELONKOWSKI / HAGEN)**

**Krautarten:**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Chamaespantium sagittale  
Petrorhagia saxifraga

-- (Abnahme um 50%)

Anthyllis vulneraria  
Arabis hirsuta ssp. hirsuta  
Artemisia campestris  
Briza media  
Campanula rotundifolia  
Carex caryophyllea  
Cerastium arvense ssp. arvense  
Cirsium acaule  
Euphrasia stricta  
Hieracium pilosella  
Koeleria cristata  
Medicago lupulina  
Ranunculus bulbosus  
Scabiosa columbaria  
Silene otites  
Teucrium montanum  
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys

- (Abnahme um 25-50%)

Asperula cynanchica  
Centaurea jacea ssp. angustifolia  
Dianthus carthusianorum  
Echium vulgare  
Euphorbia brittingeri  
Knautia arvensis  
Linum catharticum  
Phleum phleoides  
Plantago lanceolata  
Plantago media  
Potentilla tabernaemontani  
Potentilla heptaphylla  
Veronica chamaedrys

+ (Zunahme um 25-50%)

Brachypodium pinnatum  
Helictotrichon pratense  
Leontodon hispidus ssp. hispidus  
Trifolium montanum

++ (Zunahme um 50%)

Arrhenatherum elatius  
Chamaecytisus ratisbonensis  
Coronilla varia  
Peucedanum oreoselinum  
Polygala comosa  
Prunella grandiflora  
Teucrium chamaedrys

I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Helictotrichon pubescens  
Thymus praecox ssp. praecox

II (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Taraxacum officinale agg.

## Gehölze (alle Schichten):

### + (Zunahme um 25-50%)

Populus tremula

### 1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Quercus robur

## Kryptogamen:

### - (Abnahme um 25-50%)

Rhytidium rugosum

### ++ (Zunahme um 50%)

Homalothecium lutescens

### 1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Hypnum lacunosum

Ähnlich wie in den vorhergehenden Einheiten hat auch hier eine Abnahme von Weidezeigern und lückenbesiedelnden Arten stattgefunden, jedoch noch auffälliger und stärker ausgeprägt.

Bei der Artenzunahme handelt es sich hier nicht mehr um ungerichtete, schwer einzuordnende Tendenzen wie in den ersten beiden Einheiten, sondern es ist eine klare Zunahme von fast ausschließlich Fettwiesen- und Saumarten zu verzeichnen.

## e) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen im *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit Säuzeigern (ZIELONKOWSKI / HAGEN)

## Krautarten:

### 00 (Artenausfall nach Auftreten in 50% der Erstaufnahmen)

Leontodon hispidus ssp. hispidus

### 0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Anthyllis vulneraria  
Asperula cynanchica  
Cerastium fontanum ssp. triviale  
Hieracium pilosella  
Leucanthemum vulgare agg.  
Potentilla tabernaemontani  
Pulsatilla vulgaris agg.  
Trifolium repens

### -- (Abnahme um 50%)

Agrostis capillaris  
Briza media  
Carlina acaulis ssp. simplex  
Cirsium acaule

Danthonia decumbens  
Euphrasia stricta  
Festuca nigrescens ssp. nigrescens  
Linum catharticum  
Luzula campestris  
Medicago lupulina  
Odontites lutea  
Phleum phleoides  
Plantago lanceolata  
Potentilla heptaphylla  
Ranunculus bulbosus  
Salvia pratensis  
Scabiosa columbaria

### - (Abnahme um 25-50%)

Arenaria serpyllifolia  
Fragaria viridis  
Helianthemum nummularium ssp. obscurum  
Hippocrepis comosa  
Knautia arvensis  
Lotus corniculatus  
Medicago falcata  
Prunella grandiflora  
Veronica chamaedrys

### + (Zunahme um 25-50%)

Achillea millefolium ssp. millefolium  
Agrimonia eupatoria  
Aster linosyris  
Pimpinella saxifraga  
Plantago media  
Teucrium chamaedrys

### ++ (Zunahme um 50%)

Arrhenatherum elatius  
Bromus erectus  
Centaurea jacea ssp. angustifolia  
Dactylis glomerata  
Dianthus carthusianorum  
Euphorbia cyparissias  
Trifolium montanum

### 1 (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Campanula rotundifolia  
Campanula persicifolia  
Carex muricata muricata  
Carum carvi  
Cirsium arvense  
Galium valdepilosum  
Geranium sanguineum  
Sedum reflexum  
Vicia sepium

### 11 (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Helictotrichon pubescens

## Gehölze (alle Schichten):

Keine signifikanten Veränderungen.

## Kryptogamen:

### ++ (Zunahme um 50%)

Abietinella abietina  
Homalothecium lutescens  
Hylocomium splendens

### I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Pleurozium schreberi

### II (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Plagiomnium affine

Auffällig ist in dieser Einheit die hohe Zahl der Artenverluste sowie die starke Zunahme von Fettwiesenarten. Unter den Arten, die abgenommen haben oder verschwunden sind, befinden sich Magerkeitszeiger (*Linum catharticum*, *Luzula campestris*), Weidezeiger (*Chamaespartium sagittale*, *Ranunculus bulbosus*) und typische Arten der Trockenrasen (*Odontites lutea*, *Phleum phleoides*, *Scabiosa columbaria*), sowie außerdem auch einige der Differentialarten dieser Einheit (*Danthonia decumbens*, *Festuca nigrescens* ssp. *nigrescens*).

Dies deutet darauf hin, daß der kennzeichnende Charakter dieser Einheit, nämlich die schwach sauren Bodenverhältnisse, fast gänzlich verloren gegangen ist und sich der Standort zum mittleren Bereich innerhalb der Standortbreite der untersuchten Einheiten hin gewandelt hat.

Dies wird auch durch die Artenzunahmen unterstrichen. Von den Zunahmen sind wiederum hauptsächlich Fettwiesen-, Saum- und mesophytische Magerrasenarten betroffen, dazu auch einige Ruderalarten. Offenbar ist der Standort doch deutlich weniger extrem als beispielweise der des *Pulsatillo-Caricetum*, und er bietet dadurch eher Arten aus ökologisch nahestehenden Gesellschaften Etablierungsmöglichkeiten. Dies vor allem auch deshalb, weil die selektierende Nutzung nicht mehr wirkt.

## f) "Signifikante" Stetigkeitsveränderungen in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft (ZIELONKOWSKI / HAGEN)

### Krautarten:

#### 00 (Artenausfall nach Auftreten in 50% der Erstaufnahmen)

*Hypericum perforatum* ssp. *angustifolium*

#### 0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

*Acinos arvensis*  
*Agrimonia eupatoria*  
*Artemisia vulgaris*  
*Bromus sterilis*  
*Cerintho minor*

*Convolvulus arvensis*  
*Daucus carota*  
*Elymus repens*  
*Falcaria vulgaris*  
*Festuca pratensis*  
*Galium album* ssp. *album*  
*Helictotrichon pratense*  
*Hippocrepis comosa*  
*Koeleria cristata*  
*Linum catharticum*  
*Lolium perenne*  
*Melilotus officinalis*  
*Poa compressa*  
*Prunella grandiflora*  
*Salvia verticillata*  
*Sedum sexangulare*  
*Thesium linophyllum*  
*Trifolium arvense*

#### -- (Abnahme um 50%)

*Agrostis capillaris*  
*Centaurea scabiosa* ssp. *scabiosa*  
*Echium vulgare*  
*Euphorbia brittingeri*  
*Euphorbia cyparissias*  
*Medicago lupulina*  
*Pimpinella saxifraga*  
*Ranunculus bulbosus*  
*Trifolium campestre*

#### - (Abnahme um 25-50%)

*Arenaria serpyllifolia*  
*Aster linosyris*  
*Brachypodium pinnatum*  
*Cerastium arvense* ssp. *arvense*  
*Cerastium fontanum* ssp. *triviale*  
*Dactylis glomerata*  
*Fragaria viridis*  
*Knautia arvensis*  
*Medicago falcata*  
*Odontites lutea*  
*Petrorhagia saxifraga*  
*Plantago lanceolata*  
*Poa angustifolia*  
*Potentilla tabernaemontani*  
*Salvia pratensis*  
*Silene vulgaris*  
*Stachys recta*

#### ++ (Zunahme um 50%)

*Hieracium pilosella*  
*Koeleria pyramidata*

#### I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

*Allium oleraceum*  
*Lotus corniculatus*  
*Medicago minima*  
*Petrorhagia prolifera*  
*Peucedanum oreoselinum*  
*Potentilla heptaphylla*

Pulsatilla vulgaris agg.  
Silene alba  
Tanacetum corymbosum  
Taraxacum officinale agg.  
Veronica agrestis  
Vicia sativa ssp. nigra

II (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Chamaecytisus supinus

**Gehölze (alle Schichten):**

I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Prunus spinosa

**Kryptogamen:**

0 (Artenausfall nach Auftreten in 20-50% der Erstaufnahmen)

Polytrichum piliferum  
Rhacomitrium canescens  
Rhytidium rugosum

+ (Zunahme um 25-50%)

Cladonia rangiformis/furcata

++ (Zunahme um 50%)

Abietinella abietina

I (Neuaufreten in 20-50% der Wiederholungsaufnahmen)

Acrocarpi div. sp.  
Campyllum chrysophyllum  
Homalothecium lutescens  
Plagiomnium affine

II (Neuaufreten in 50% der Wiederholungsaufnahmen)

Hypnum lacunosum

Die hohe Anzahl an Arten, die in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft verschwunden sind oder abgenommen haben, läßt vermuten, daß die Aufnahmen dieser Einheit standörtlich weniger homogen sind als die der anderen. Ein größerer Teil der Artenverluste bezieht sich auf die Erstaufnahme Nr. 2316, die ehemals durch einen ruderalen, offenen und sehr artenreichen Charakter geprägt war, der nunmehr deutlich abgenommen hat. Die Fläche ist ein straßennaher Böschungstreifen, auf dem hohe Fluktuationraten nichts Ungewöhnliches sind. Dieser Streifen ist mittlerweile vergrast und teilweise zugewachsen, was die hohen Artenverluste hinreichend erklärt.

Unter den Artenzunahmen fallen vor allem die Ruderalarten sowie Lückenbesiedler und Fettwiesenarten auf.

**3.3.2.4 Zusammenfassung der Artenbestandsveränderungen im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI / HAGEN)**

Abgesehen von der letzten Einheit, der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft, deren Aufnahmen sich heterogen verhalten, können die Veränderungstendenzen bei den **Gefäßpflanzen** folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Wie beim Vergleich mit den GAUCKLERSchen Aufnahmen kann auch hier festgestellt werden, daß die **Artenzunahme oder das Neuaufreten**, also Eindringen von Arten in den Bestand, bei den Einheiten **auf frischeren Standorten** (*Gentiano-Koelerietum typicum*) zahlenmäßig **deutlich stärker** ausgeprägt ist als auf den trockeneren Standorten.

Die **Artenverluste** sind in diesem Vergleichszeitraum bei den einzelnen Einheiten **zahlenmäßig weniger unterschiedlich** als beim Vergleich mit GAUCKLER, obwohl auch hier **tendenziell die stärkeren Verluste bzw. Abnahmen auf den trockeneren Standorten** (*Pulsatillo-Caricetum* sowie, etwas abgeschwächt, auch *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*) auftreten.

In allen Einheiten haben Weidezeiger und Lückenbesiedler sowie xeromorphe Kalk-Magerrasenarten am stärksten abgenommen.

Eine verstärkte Zunahme von Fettwiesenarten ist nur bei den Ausbildungen des *Gentiano-Koelerietum* zu beobachten, nicht jedoch im *Pulsatillo-Caricetum*.

In allen Einheiten haben einige Saumarten leicht zugenommen.

Eine Zunahme von Ruderalarten wie beim Vergleich mit den GAUCKLERSchen Aufnahmen ist kaum zu beobachten.

Aufgrund der zahlenmäßig größeren Artenzunahmen weichen die Veränderungen im *Pulsatillo-Caricetum seslerietosum* von den oben dargestellten, allgemeinen Tendenzen etwas ab. Hier scheint eine stärkere Versaumung stattgefunden zu haben, worauf die Zunahme von Arten wie *Poa angustifolia* oder *Medicago falcata* hindeutet.

Bei den **Kryptogamen** zeigen sich insgesamt etwas weniger Veränderungen als beim Vergleich mit den GAUCKLERSchen Aufnahmen, abgesehen von der ersten und letzten Einheit. Fast bei allen Änderungen handelt es sich um ein vermehrtes oder Neuaufreten von Arten. Wie bereits in Kap. 3.3.1.2 erwähnt, ist dies wohl hauptsächlich auf Unterschiede in der Aufnahmemethodik beider Autoren zurückzuführen (siehe auch Kap. 2.1 und 2.2.3).

### 3.3.2.5 Zusammenfassung der in beiden Vergleichszeiträumen übereinstimmenden Artenbestandsveränderungen innerhalb der pflanzensoziologischen Einheiten

Die in den vorhergehenden Abschnitten festgestellten Veränderungstendenzen seien hier nochmals zusammenfassend für beide Vergleichszeiträume aufgelistet:

#### Zunahme von

Fettwiesenarten  
Saumarten  
mesomorphen Arten der Kalk-Magerrasen  
nicht weidefesten Arten

#### sowie Abnahme von

Lückenbesiedlern und Pionierarten  
xeromorphen Arten der Kalk-Magerrasen  
Weidezeigern  
Magerkeitszeigern.

Zahlenmäßig ist beim Vergleich mit den GAUCKLERSchen Aufnahmen in allen Einheiten sowohl der Ausfall bzw. die Abnahme von Arten als auch die Zunahme bzw. das Neuaufreten von Arten deutlich stärker ausgeprägt als beim Vergleich mit den Aufnahmen von ZIELONKOWSKI.

Die weniger starken Veränderungen im Vergleich ZIELONKOWSKI/HAGEN sind einerseits durch den kürzeren Vergleichszeitraum begründbar, über den die Ursachen für die Standortveränderungen wirksam werden konnten. Andererseits ist aber bereits zum Zeitpunkt der Erstaufnahmen ZIELONKOWSKIs eine tendenzielle Verarmung der Artenkombination gegenüber vergleichbaren Einheiten bei GAUCKLER feststellbar, was auf eine schon damals herrschende, mäßige Verbrachung hindeutet (siehe dazu auch Kap. 3.3.1.2). Hauptursache dafür ist die nach dem zweiten Weltkrieg bis zu den 70er Jahren stark nachgelassene und großflächig zum Erliegen gekommene Schafbeweidung. Die verarmten Einheiten haben sich im anschließenden Zeitraum bis zu den Wiederholungsaufnahmen nun weniger stark verändert als die Bestände zum Zeitpunkt der Erstaufnahmen GAUCKLERS mit ihrer noch "vollständigeren" Artenkombination.

### 3.4 Veränderung der Zeigerwerte

Die ELLENBERG'schen Zeigerwerte charakterisieren in komprimierter Form das ökologische Verhalten von Pflanzenarten. Durch die Berechnung mittlerer Zeigerwerte können daher Vegetationsbestände ökologisch gekennzeichnet werden. Mit der Berechnung mittlerer Zeigerwerte für historisches Aufnahmestoffmaterial ist auch rückblickend eine gewisse Standortcharakterisierung möglich. Für vorliegende Untersuchung wurden von jeder Erstaufnahme und den zugehörigen Wiederholungsaufnahmen die mittleren Zeigerwerte berechnet. Von letzteren wurde anschließend wieder der Mittelwert gebildet; falls zwei Erstaufnahmen für den Vergleich zusammen-

genommen wurden, wie dies bei vier Untersuchungsstellen von ZIELONKOWSKI der Fall ist, wurden auch diese gemittelt. Dadurch wird jeweils immer ein Wertepaar direkt miteinander verglichen. Es wurde das qualitative Berechnungsverfahren gewählt, bei dem nur das Auftreten einer Art, unabhängig vom Deckungsgrad, in die Berechnung eingeht. Dieses Verfahren ist im Gegensatz zur quantitativen Berechnung nicht nur das einfachere, "sondern in den meisten Fällen auch das richtige" (ELLENBERG 1991: 27), da es nicht von individuellen Wuchseigenschaften einzelner Pflanzenarten und auch nicht von der individuellen Einschätzung des Deckungsgrades durch den jeweiligen Bearbeiter beeinflusst wird.

Einige Autoren (MÖLLER 1987 und 1992, KOWARIK & SEIDLING 1989) empfehlen, anstatt des arithmetischen Mittelwertes die Berechnung der Modal- oder Medianwerte. Dies ist mathematisch unbedenklicher, da die Zeigerwerte nach ELLENBERG weder kardinale Größen noch normalverteilt (sondern meist stark linksschief verteilt) sind. Die Nachteile mancher derartiger Berechnungsmethoden - wie das zufällige Springen des Zentralwertes - können zwar vermieden werden, indem etwa der Median nach einer sekundären, auf der 50%-Summenhäufigkeit beruhenden Häufigkeitstabelle festgelegt wird (KOWARIK & SEIDLING 1989) oder indem außer dem Medianwert noch ein zweiter Wert angegeben wird, der den prozentualen Anteil der übrigen Werte angibt, die unter- oder überhalb des Medians liegen (MÖLLER 1992).

Dennoch erschwert eine solche Angabe die Vergleichbarkeit mit Werten aus der Literatur, die bisher fast ausschließlich nach der Mittelwert-Methode berechnet wurden. Ob Medianwerte, auch wenn sie mathematisch korrekter sind, den Zweck der Zeigerwerte, nämlich eine Kurz-Charakterisierung des Standortes, besser erfüllen, bleibt abzuwarten, da dies selbst von Befürwortern einer solchen Berechnungsmethode noch nicht vorausgesagt werden kann (MÖLLER 1992: 27). Daher werden in vorliegender Arbeit, übereinstimmend mit BÖCKER et al. (1983: 46) und ELLENBERG (1991: 45), weiterhin arithmetische Mittelwerte verwendet, die für obigen Zweck als zulässig gelten können, da es sich bei den meisten Zeigerwerten um quasi-kardinale Zahlen handelt.

Die einzelnen Zeigerwerte sind ELLENBERG (1991) entnommen. Dort klein gedruckte, also unsichere Zeigerwerte - wie beispielsweise viele N-Zahlen - gingen mit in die Berechnung ein. Es gingen jeweils alle Krautarten einschließlich der *Rubus*-Arten in die Berechnung ein. Gehölze, auch als Jungwuchs, wurden nicht berücksichtigt, da deren Auftreten in den Magerrasen vor allem von der Nähe zu Samenbäumen und damit der Geländesituation abhängt und weniger ein Ausdruck des Standorts ist. Ebenfalls unberücksichtigt blieben die Kryptogamen, da sie bei Erst- und Wiederholungsaufnahmen unterschiedlich genau erhoben wurden (siehe Kap. 2.1.1, 2.1.2 und 2.2.3) und dadurch den Zeigerwert-

vergleich verfälschen würden. Nur beim Vergleich der mittleren Zeigerwerte aller Aufnahmen (Kap. 3.4.1) werden die Ergebnisse für die Kryptogamen dargestellt.

Eventuell außerhalb der Aufnahmeflächen vorkommende Arten (in den Tabellen mit Deckungsgrad '0' gekennzeichnet) gingen mit in die Berechnung ein. Dies wird damit begründet, daß einzelne Arten nur aufgrund der unterschiedlichen Art der Festlegung der Aufnahmeflächen im Gelände bei den drei Autoren nicht in den Aufnahmen erscheinen könnten (siehe Kap. 2.2.2). Daß diese Arten mit in die Berechnung eingehen, dient also der besseren Absicherung der mittleren Zeigerwerte gegen methodisch bedingte Fehler.

Es folgen einige Anmerkungen zur Festlegung der Zeigerwerte bei kritischen Arten (siehe dazu auch Kap. 2.2.3):

#### Kritische Kleinarten:

Für *F. "duriuscula"* wurden die Werte für *F. pallens* übernommen.

Nicht näher bestimmte Arten wie *Potentilla cf. thuringiaca* gehen nicht in die Berechnungen der Zeigerwerte ein. Eine Ausnahme wurde bei *Festuca cf. duvalii* gemacht, wofür die Werte von *F. duvalii* übernommen wurden.

#### Unterarten:

Soweit in ELLENBERG (1991) enthalten, wurden die Zeigerwerte für die betreffenden Unterarten übernommen. Dabei ergaben sich folgende Abweichungen oder Änderungen:

Für *Thymus pulegioides* L. ssp. *chamaedrys* (FRIES) GUSULE-AC wurden die Werte für *Thymus pulegioides* ssp. *pulegioides* übernommen.

Für *Leontodon hispidus* L. ssp. *danubialis* (JACQ.) SIMONK., der zweimal in GAUCKLERs Erstaufnahmen vorkommt, wurden die Werte der Art (also *L. hispidus*) un- verändert übernommen.

Sind bei ELLENBERG (1991) keine separaten Zeigerwerte für die Unterarten einer Art aufgeführt, so wurden hierfür die Zeigerwerte der jeweiligen Art verwendet.

#### Sippengruppen:

Für *Rubus fruticosus* agg., der einmal in den Erstaufnahmen ZIELONKOWSKIs und dreimal in den Wiederholungsaufnahmen vorkommt und jeweils nicht näher bestimmt werden konnte, wurde ein aus den Werten von WEBER (1991) sowie den pflanzensoziologischen Angaben aus OBERDORFER (1990) angenommener, mittlerer Wert (L8 T5 K- F5 R- N5) verwendet.

Für *Ononis spinosa* L. agg. wurden folgende Zeigerwerte verwendet: L8 T5 K- F4 R7 N2. Sie entsprechen weitgehend denjenigen von *O. repens*, der häufigsten Sippe dieser Gruppe.

Für *Pulsatilla vulgaris* MILL. agg. wurde, ähnlich wie bei den Bastarden, ein mittlerer Wert zwischen *P. vulgaris* und *P. grandis* verwendet (L8 T6 K5 F2 R8 N2).

#### Bastarde:

Es wurde jeweils versucht, die Mittelwerte zwischen den Elternarten für die Bastarde zu verwenden. Gibt es für eine der Elternarten keine Zeigerwert-Angabe, so wurde auch für den Bastard kein Zeigerwert festgelegt. War bei einzelnen Werten keine Mittelwertbildung möglich, so wurde jeweils der Wert von derjenigen Elternart verwendet, die stärker an der Bastardbildung beteiligt zu sein schien (nach morphologischen Merkmalen beurteilt). Ein Beispiel:

<i>Prunella grandiflora:</i>	L7 T- K5 F 3 R8 N3
<i>Prunella laciniata:</i>	L7 T7 K2 F3 R9 N2
<i>Prunella x dissecta:</i>	L7 T- K4 F3 R8 N3

#### Flechten:

GAUCKLER gibt in einer Vielzahl seiner Aufnahmen *Cladonia rangiformis/furcata* an. In den Wiederholungsaufnahmen wurde der allergrößte Teil dieser Flechtengruppe bei der Nachbestimmung als *Cladonia furcata* (HUDSON) SCHRADER ssp. *subrangiformis* (SANDST.) PISUT identifiziert. Zur besseren Vergleichbarkeit werden auch für die GAUCKLERschen Angaben die Zeigerwerte dieser Sippe verwendet (dies bezieht sich nur auf den Vergleich in Kap. 3.4.1.1).

#### Fehlergrenzen

Um die berechneten Zeigerwertunterschiede von zufälligen Schwankungen unterscheiden und auf deutliche Trends schließen zu können, sollten die in der Untersuchung von BÖCKER et al. (1983) angegebenen Fehlergrenzen berücksichtigt werden. Sie werden dort für den Vergleich von Einzelaufnahmen mit 0,5 - 1 Zeigerwertstufe, für den Vergleich von Vegetationstabellen (bei genügend großer Anzahl von Aufnahmen mit jeweils ausreichender Anzahl - 20-30 - an Indikatorarten) mit 0,2 Zeigerwertstufen angegeben.

Beim Gesamtvergleich (Kap. 3.4.1) handelt es sich um einen Tabellenvergleich - alle Erst- und Wiederholungsaufnahmen werden pauschal und unabhängig von der pflanzensoziologischen Zuordnung zusammengerechnet und verglichen, so daß Zeigerwert-Veränderungen von mindestens 0,2 Zeigerwertstufen als bedeutsam gelten können. Beim Vergleich der pflanzensoziologischen Einheiten (Kap. 3.4.3) werden zwar Einzelaufnahmen einander gegenübergestellt, doch werden sie nicht separat, sondern als Einheit und damit als Teiltabelle verglichen. Die Indikatorartenzahl ist mit fast durchweg 20 wie im ersten Fall genügend hoch. Daher wird hier ebenfalls davon ausgegangen, daß eine Änderung von 0,2 Zeigerwertstufen als deutliche Tendenz zu werten ist.

Anders verhält es sich beim Vergleich der Zeigerwerte der einzelnen Untersuchungsstellen (Kap. 3.4.2). Hier werden zwar z.T. mehrere Wiederholungsaufnahmen zusammengefaßt und deren mittlere Zeigerwerte dargestellt, doch handelt es sich (fast) immer um die zugehörigen Aufnahmen zu nur einer einzelnen Erstaufnahme. Daher ist von einer unteren Fehlergrenze von 0,5 Einheiten auszugehen. Ein Fehler von 1 Einheit erscheint im Rahmen dieser Arbeit zu hoch gegriffen. Einerseits wurde die Auswahl der Aufnahmeflächen sehr sorgfältig getroffen (siehe Kap. 2.2.1.2) und dabei bewußt das Risiko zufälliger Abweichungen möglichst gering gehalten (Kap. 2.2.2). Andererseits weist ELLENBERG (1991: 48) darauf hin, daß Standort- und Bestandsveränderungen auf mageren Böden meist besonders lange dauern. Daher können auch geringere Veränderungen der mittleren Zeigerwerte (zwischen 0,5 und 1 Einheiten), zumal solche bei den Mangelfaktoren Stickstoff und Feuchte, eine klare Richtung anzeigen.

Am aussagekräftigsten ist jedoch sicher der in Kap. 3.4.4 vorgenommene Vergleich der Zeigerwertspektren, nach Ansicht von BÖCKER et al. (1983: 44) streng genommen die einzig korrekte Darstellung zur Charakterisierung von Vegetationsaufnahmen bzw. -einheiten.

Die mittleren Zeigerwerte für alle Faktoren werden in Form von Säulendiagrammen für jede Untersuchungsstelle dargestellt (siehe Abb. 6 und 7 im Anhang). Die Einzelwerte für Flechte und Stickstoff für die pflanzensoziologischen Einheiten können Tab. 10 und 11 (im Anhang) entnommen werden. Die mittleren Kontinentalitätszahlen haben meist insgesamt leicht abgenommen, die aufgetretenen Veränderungen sind oft heterogen. Trends lassen sich kaum ablesen und sollen hier nicht näher diskutiert werden.

### 3.4.1 Zeigerwert-Veränderungen beim Vergleich des gesamten Aufnahmematerials

Zur Darstellung der Zeigerwertveränderungen, die sich beim Vergleich des gesamten Aufnahmematerials ergeben und die erste grobe Hinweise auf Standortveränderungen liefern können, wurden die mittleren Zeigerwerte aus allen Erstaufnahmen des jeweiligen Autors und den zugehörigen Wiederholungsaufnahmen errechnet.

#### 3.4.1.1 Zeigerwert-Veränderungen beim Vergleich des gesamten Aufnahme-materials aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER / HAGEN)

Hier zeigen sich für die Phanerogamen (ohne Berücksichtigung der Gehölze) folgende Veränderungen (nur Unterschiede 0,1 Einheiten wurden berücksichtigt; Bezugsgrundlage sind 36 Erst- und 106 Wiederholungsaufnahmen):

Zeigerwerte der Gefäßpflanzen:	Zunahme (Angaben in Zeigerwertstufen, jeweils im Zeitraum von 57 Jahren)	Abnahme
Lichtzahl		0,2
Temperaturzahl		0,1
Feuchtezahl	0,3	
Stickstoffzahl	0,4	

Am auffälligsten sind die Veränderungen bei den Stickstoffzahlen. Zur Interpretation der Ergebnisse siehe Kap. 3.4.5.

Bei den mittleren Zeigerwerten der Moose und Flechten sind ebenfalls klare Veränderungen sichtbar. So sind die Licht- und Temperaturzahlen deutlich zurückgegangen, während die Feuchtezahl angestiegen ist. Im Unterschied zu den Gefäßpflanzen ist jedoch auch die Reaktionszahl gesunken.

### Zeigerwert-Veränderungen der Kryptogamen (in Zeigerwertstufen)

Zeigerwerte der Moose und Flechten:	Zunahme (jeweils im Zeitraum von 57 Jahren)	Abnahme
Lichtzahl		0,3
Temperaturzahl		1,9
Reaktionszahl		0,5
Feuchtezahl	0,42	

Bei der relativ sehr starken Erniedrigung der Temperaturzahl ist offensichtlich, daß methodische Einflüsse (unterschiedliche Aufnahme- und Erfassungsmethode der Autoren, siehe Kap. 2.1 und 2.2.3) das Ergebnis stark überlagern. Auch die deutlich höhere Artenzahl (siehe Kap. 3.2.1), die bei den Wiederholungsaufnahmen in die Berechnung eingeht, wirkt sich hier aus. Damit deutet dieser niedrigere Wert nur begrenzt eine Standortveränderung an.

Die Nährstoffzahl muß für die Kryptogamen außer Betracht bleiben, da für Moose keine Stickstoff- bzw. Nährstoffzahlen vorliegen, so daß also nur die Flechtenarten in die Berechnung eingehen würden. Da diese aber nur in sehr geringer Zahl in den Aufnahmen vertreten sind, ist eine Mittelwertberechnung nicht sinnvoll und würde das Ergebnis verzerren. Zum anderen ist die Angabe einer solchen Nährstoffzahl für Kryptogamen überhaupt kritisch. Hierzu bemerkt WIRTH (1991: 220): "Die Angabe der N-Zahl ... ist bei Flechten besonders problematisch. Zuverlässige, vergleichende Daten fehlen fast ganz. ... Problematisch ist eine Stickstoffzahl bei Flechten (und Moosen) auch deshalb, weil ganz verschiedene Substrate berücksichtigt werden müssen. Während bei Gefäßpflanzen praktisch durchweg die Stickstoffnachlieferung aus dem Boden maßgebend ist, handelt es sich bei Flechten um verschiedene Substrate, um Gestein, Borke, Pflanzenreste, Mineralboden."

Dies deutet zugleich das grundsätzliche Problem der Beurteilung von Zeigerwert-Veränderungen bei Gefäßpflanzen und Kryptogamen an, wobei letztere eine getrennte Betrachtung von Moosen und Flechten erfordern. Da beide bzw. alle drei Gruppen unterschiedliche Substrate besiedeln, müssen zumin-

	Zunahme im Zeitraum von 22 Jahren (in Zeigerwertstufen)
Reaktionszahl	0,1
Stickstoffzahl	0,1

dest auch die Veränderungen einzeln nach den Gruppen ausgewertet und interpretiert werden.

### **3.4.1.2 Zeigerwert-Veränderungen beim Vergleich des gesamten Aufnahme-materials aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)**

Bedeutsame Veränderungen (0,1 Einheiten) zeigen sich in diesem Vergleichszeitraum bei den Phanerogamen (ohne Berücksichtigung der Gehölze) nur bei der Reaktionszahl (leichte Zunahme) und der Stickstoffzahl (leichte Zunahme)(siehe vorherige Seite)

Bezugsgrundlage bilden 47 Erst- und 121 Wiederholungsaufnahmen.

Für die Kryptogamen können aufgrund der Unterschiede in der Aufnahmemethodik (siehe Kap. 2.1.2 und 2.2.3) hier keine sinnvollen Angaben gemacht werden.

### **3.4.2 Zeigerwert-Veränderungen beim Vergleich der einzelnen Aufnahmepaare**

Im folgenden Abschnitt werden von allen Untersuchungsstellen jeweils die Erst- mit den zugehörigen Wiederholungsaufnahmen verglichen. Da bis auf wenige Ausnahmen mehrere Wiederholungsaufnahmen zu je einer Erstaufnahme erstellt wurden ("Mehr-Flächen-Prinzip", siehe Kap. 2.2.1.2), geht in all diesen Fällen der arithmetische Mittelwert der Zeigerwerte der Wiederholungsaufnahmen in den Vergleich ein. Dienten als Vergleichsgrundlage zwei zusammengefaßte Erstaufnahmen, so wurde hier entsprechend der Mittelwert aus den Zeigerwerten der Erstaufnahmen für den Vergleich verwendet. Die Reihenfolge der Diagramme richtet sich nach der Numerierung der Untersuchungsstellen (siehe Liste 1 und 2 im Anhang), sie sind somit nach abnehmenden MTB-Nummern geordnet.

#### **3.4.2.1 Zeigerwert-Veränderungen der einzelnen Untersuchungsstellen des Vergleichszeitraums 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)**

Wie aus Abb. 6 (siehe Anhang) ersichtlich ist, zeigt sich durchgehend bei allen Untersuchungsstellen eine leichte Erniedrigung der Licht- und Temperaturzahlen und eine meist etwas deutlichere Erhöhung der Feuchte- und der Stickstoffzahlen. Deren Zunahme verläuft fast synchron, so daß anzunehmen ist, daß beide Standortfaktoren stark miteinander korreliert sind (siehe dazu Kap. 3.5.1). Die Veränderungen der Reaktionszahl sind indifferent, auf manchen Untersuchungsstellen zeigt sie eine leichte Erhöhung, auf anderen eine schwache Abnahme. Vom Ausmaß her sind sie aber so gering, daß sie vernachlässigt werden können.

#### **3.4.2.2 Zeigerwert-Veränderungen der einzelnen Untersuchungsstellen des Vergleichszeitraums 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)**

Im Vergleich zu den Veränderungen auf den GAUCKLERschen Untersuchungsstellen (Kap. 3.4.2.1) haben sich die Zeigerwerte auf den Untersuchungsstellen von ZIELONKOWSKI (siehe Abb. 7 im Anhang) nur sehr wenig verändert. Hier waren auf 19 von 42 Stellen die Änderungen so gering, daß sie auf den Diagrammen kaum sichtbar sind. Eine auf die einzelnen Untersuchungsstellen bezogene Interpretation erscheint daher wenig sinnvoll.

### **3.4.3 Zeigerwert-Veränderungen innerhalb der pflanzensoziologischen Einheiten**

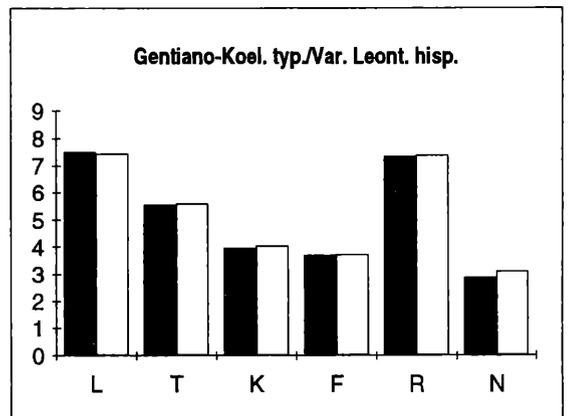
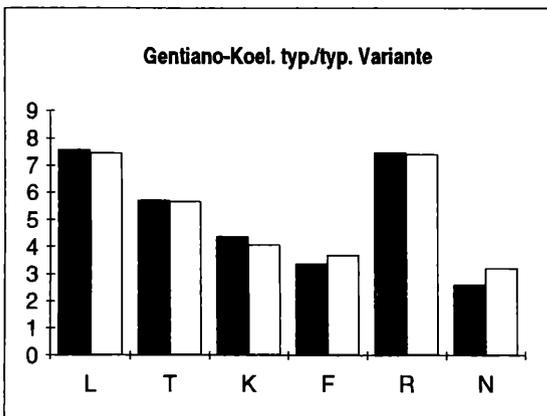
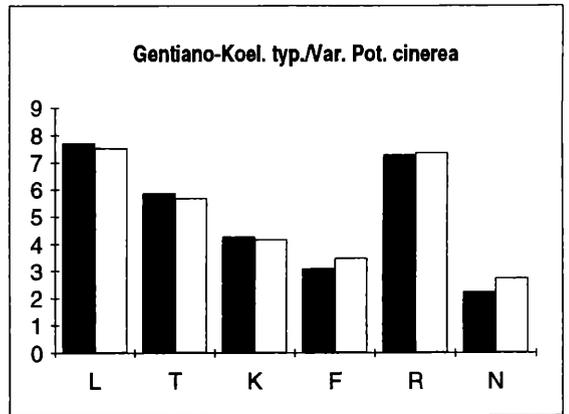
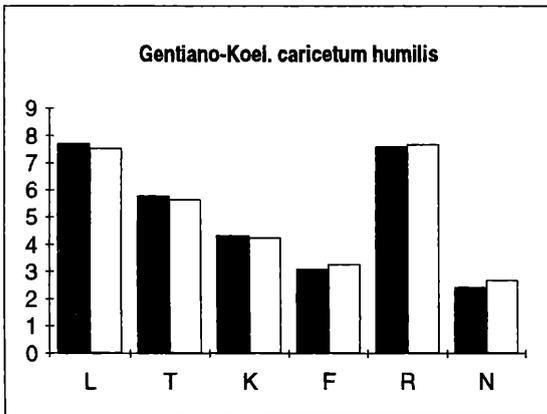
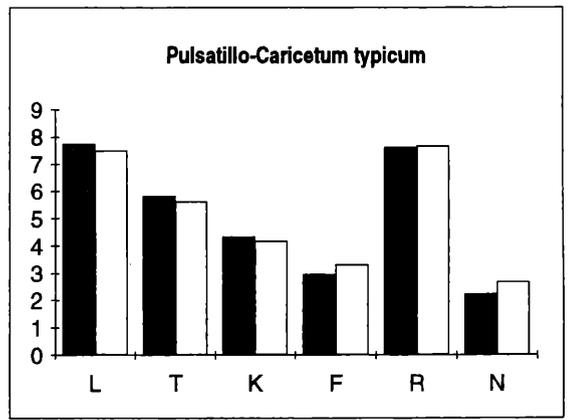
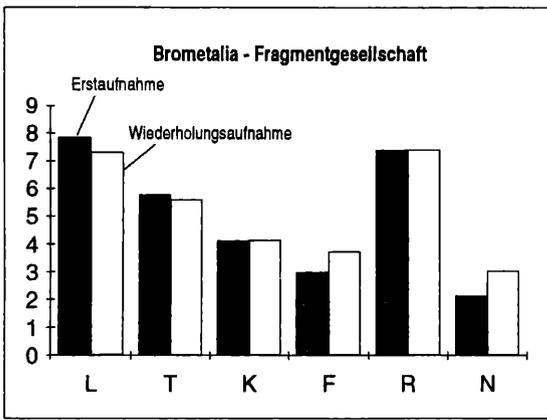
Grundlage des folgenden Vergleichs bildet die pflanzensoziologische Einordnung der für die Untersuchung ausgewählten Erstaufnahmen gemäß Kap. 3.1.1 und 3.1.2. Verglichen werden jeweils die mittleren Zeigerwerte der Erstaufnahmen einer pflanzensoziologischen Einheit und die dazugehörigen Werte der Wiederholungsaufnahmen. Da ein derartiger Vergleich wesentlich stärker auf den Standort bezogen ist als ein Vergleich der mittleren Zeigerwerte aller Aufnahmen (Kap. 3.4.1), sollten die Ergebnisse auch besser interpretierbar sein.

#### **3.4.3.1 Zeigerwert-Veränderungen innerhalb der pflanzensoziologischen Einheiten des Vergleichszeitraums 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)**

Die folgende Darstellung bezieht sich auf Abb. 8.

**Feuchtezahlen:** Hier ist durchweg in allen Einheiten ein Anstieg festzustellen. Die deutlichste Erhöhung trat in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft mit einem Anstieg um 0,75 Zeigerwertstufen auf (siehe hierzu aber die Bemerkungen unter 3.2.2.2 zur Standortkongruenz dieser Einheit). Sowohl im *Pulsatillo-Caricetum typicum* als auch im *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Potentilla cinerea* und in der typischen Variante fiel der Anstieg um etwa 0,35 Zeigerwertstufen ungefähr gleich stark aus, nur etwa halb so groß ist er dagegen im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*. Fast keine Veränderungen bezüglich der Feuchtezahlen zeigt die Variante mit *Leontodon hispidus* des *Gentiano-Koelerietum typicum*.

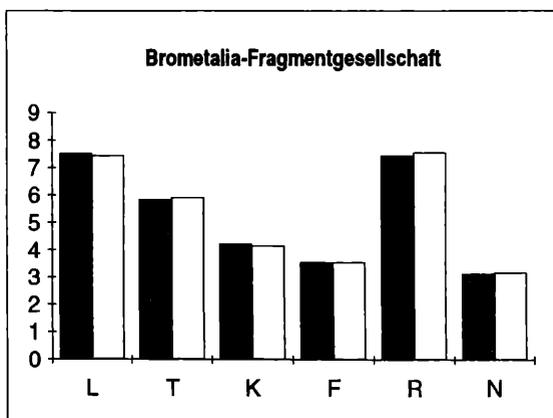
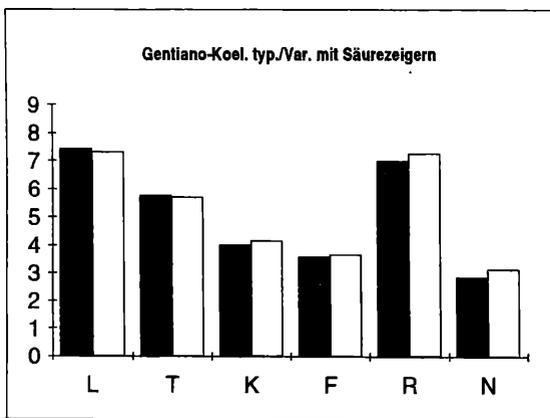
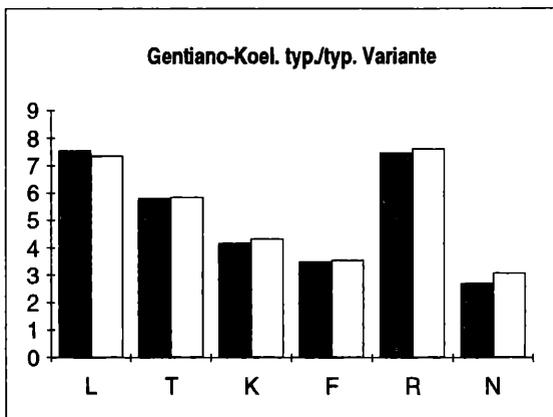
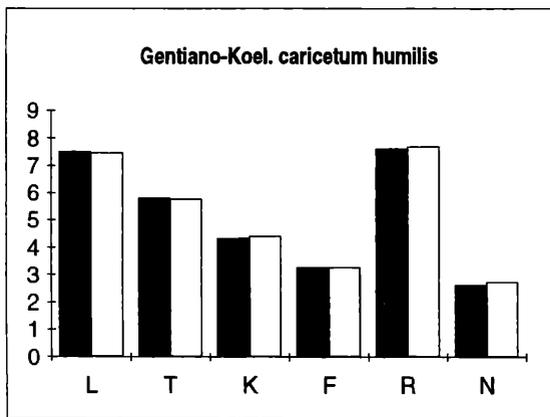
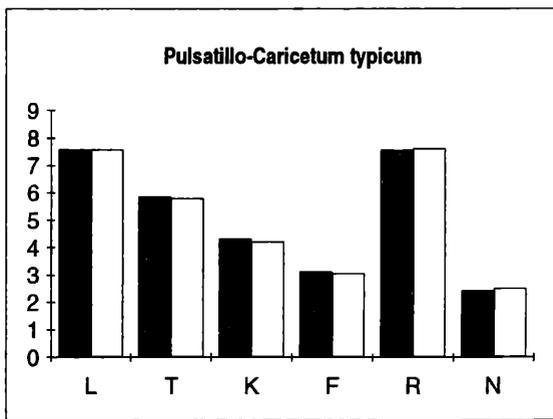
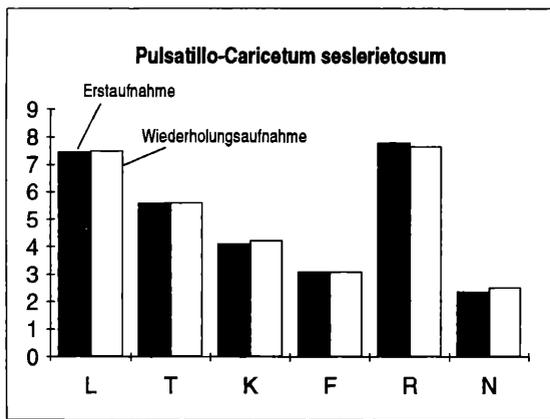
**Stickstoffzahlen:** Hier zeigt sich ein analoges Bild wie bei den Feuchtezahlen, nur ist der Anstieg der Zeigerwerte wesentlich deutlicher (siehe Tab. 10). Der mit 0,93 Zeigerwertstufen stärkste Anstieg zeigt sich wieder in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft, der schwächste beträgt 0,26 Zeigerwertstufen in der Variante mit *Leontodon hispidus* des *Gentiano-Koelerietum typicum*.



**Abbildung 8**

**Veränderung der mittleren Zeigerwerte der pflanzensoziologischen Einheiten 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)**

Es bedeuten auf der Abszisse: L = Lichtzahl, T = Temperaturzahl, K = Kontinentalitätszahl, F = Feuchtezahl, R = Reaktionszahl, N = Stickstoffzahl, jeweils nach ELLENBERG (1991). Auf der Ordinate sind die Werte der jeweiligen Zeigerwerte zwischen 1 und 9 angegeben.



**Abbildung 9**

**Veränderung der mittleren Zeigerwerte der pflanzensoziologischen Einheiten 1968/70 bis 1990/91 (ZIELON-KOWSKI/HAGEN)**

Es bedeuten auf der Abszisse: L = Lichtzahl, T = Temperaturzahl, K = Kontinentalitätszahl, F = Feuchtezahl, R = Reaktionszahl, N = Stickstoffzahl, jeweils nach ELLENBERG (1991). Auf der Ordinate sind die Werte der jeweiligen Zeigerwerte zwischen 1 und 9 angegeben.

**Lichtzahlen:** Sie haben in allen Einheiten abgenommen. Die deutlichsten Veränderungen gab es in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft (Abnahme um 0,53 Zeigerwertstufen) und im *Pulsatillo-Caricetum typicum* (Abnahme um 0,25 Zeigerwertstufen). Die Abnahme in den restlichen Einheiten beträgt zwischen 0,13 und 0,19 Zeigerwertstufen, in der Variante mit *Leontodon hispidus* des *Gentiano-Koelerietum typicum* ist sie wiederum sehr gering.

**Temperaturzahlen:** Ähnlich wie bei den Lichtzahlen ist hier in fast allen Einheiten eine Abnahme zu verzeichnen. Zwar sind die Veränderungen in der typischen Variante und derjenigen mit *Leontodon hispidus* des *Gentiano-Koelerietum typicum* vernachlässigbar gering, in den anderen Einheiten beträgt die Abnahme jedoch zwischen 0,16 und 0,2 Zeigerwertstufen.

### 3.4.3.2 Zeigerwert-Veränderungen innerhalb der pflanzensoziologischen Einheiten des Vergleichszeitraums 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI / HAGEN)

Die Veränderungen der Zeigerwerte der Einheiten (siehe Abb. 9) fallen hier im Vergleich zu den GAUCKLERschen Aufnahmen wiederum insgesamt geringer aus, wie auch schon bei der Auswertung der mittleren Zeigerwerte aller Aufnahmen (Kap. 3.4.1.2) deutlich wurde. Jedoch kann man beim einheitenbezogenen Vergleich deutlichere Unterschiede feststellen, als es die Veränderung der mittleren Zeigerwerte aller Aufnahmen vermuten lassen.

**Feuchtezahlen:** Im Gegensatz zum Vergleich mit den GAUCKLERschen Aufnahmen sind hier die Veränderungen in allen Einheiten sehr gering, der maximale Anstieg beträgt weniger als 0,1 Zeigerwertstufen.

**Stickstoffzahlen:** Wie beim Vergleich mit GAUCKLER ist auch hier in allen Einheiten ein Anstieg zu verzeichnen. Am deutlichsten ist er im *Gentiano-Koelerietum typicum*, wo er in der typischen Variante 0,39 und in der Variante mit Säurezeigern 0,29 Zeigerwertstufen beträgt. Ein geringerer Anstieg trat im *Pulsatillo-Caricetum sesleriosum* mit einem Anstieg mit 0,17 und im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* mit 0,12 Zeigerwertstufen auf, die Veränderungen in den beiden anderen Einheiten sind zu vernachlässigen.

**Lichtzahlen:** Hier ist, ebenfalls wie beim Vergleich mit GAUCKLER, in fast allen Einheiten eine Abnahme zu verzeichnen, die aber weit weniger deutlich ausfällt. Am stärksten ausgeprägt ist sie im *Gentiano-Koelerietum typicum* in der typischen Variante mit 0,2 bzw. in der Variante mit Säurezeigern mit 0,11 Zeigerwertstufen. In den anderen Einheiten sind die Veränderungen vernachlässigbar gering.

**Reaktionszahlen:** Bemerkenswert ist der Anstieg der Reaktionszahl um 0,28 Zeigerwertstufen im

*Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit Säurezeigern. Grund hierfür ist offensichtlich die Abnahme der differenzierenden Schwachsäurezeiger. So kommen *Festuca nigrescens* ssp. *nigrescens* und *Luzula campestris* in dieser Einheit in 83% (in 5 von 6 Aufnahmen) der Erstaufnahmen vor, in den Wiederholungsaufnahmen der entsprechenden Einheit dagegen gar nicht bzw. nur mit 11 % Stetigkeit (1 von 9 Aufnahmen). Ähnlich starke Abnahmen sind bei *Agrostis capillaris* und, weniger stark, bei *Danthonia decumbens* festzustellen.

Die Veränderungen bei den **Temperaturzahlen** sind mit weniger als 0,1 Zeigerwertstufen vernachlässigbar.

### 3.4.4 Vergleich der Zeigerwertspektren der Gefäßpflanzen in den pflanzensoziologischen Einheiten

Nach ELLENBERG (1991: 50) haben "Spektren für einzelne Vegetationsaufnahmen, die für jede Zeigerwertstufe die Zahl der ihr zugehörigen Arten veranschaulichen, ... gegenüber Mittelwerten den Vorteil, daß man überblickt, wie stark die Zeigerwerte innerhalb eines und desselben Bestandes streuen. Sie eignen sich daher besonders für den Vergleich historischer Aufnahmen mit aktuellen von derselben Probestfläche, d.h. für die Beurteilung von Veränderungen des Artengefüges im Laufe der Zeit"

In den folgenden Diagrammen (Abb. 10 bis 13) werden jeweils die Zeigerwertspektren der pflanzensoziologischen Einheiten der Erstaufnahmen (gemäß der Einteilung in Kap. 3.1.1 und 3.1.2) denjenigen der zugehörigen Wiederholungsaufnahmen gegenübergestellt. Berücksichtigt wurden dabei nur die Feuchte- und Stickstoffzahlen als diejenigen Zeigerwerte, bei denen die stärksten und damit aussagekräftigsten Veränderungen festgestellt wurden. Zur Berechnung der Spektren wurden jeweils die Verteilung der Zeigerwertstufen aller Erstaufnahmen einer pflanzensoziologischen Einheit sowie der zugehörigen Wiederholungsaufnahmen verwendet. Dargestellt ist jeweils die mittlere Anzahl der Arten einer Zeigerwertstufe und nicht deren Prozentanteil, wie es bei den in ELLENBERG (1991: 51 und 52) gezeigten Beispielen von BÜRGER (1988) und ROSENTHAL & MÜLLER (1988) der Fall ist. Grund dafür sind die unterschiedlich hohen Artenzahlen der Erst- und Wiederholungsaufnahmen, die bei Verwendung des Prozentsatzes einen derartigen Vergleich verfälschen würden oder dann zumindest mit angegeben werden sollten.

Die Berechnung der Zeigerwertspektren erfolgte wie die der mittleren Zeigerwerte qualitativ, es ging also wiederum nur das Vorhandensein der Arten ein, wobei Arten, die außerhalb der Aufnahmeflächen vorkamen, ebenfalls berücksichtigt wurden. Auf die Darstellung der Anzahl indifferenter Arten wurde verzichtet, da die mittlere Artenzahl zu stark schwankte und damit keine sinnvollen Aussagen möglich waren. Als Anhaltspunkt sind gleichzeitig

zusätzlich die mittleren Feuchte- und Stickstoffzahlen jeder Einheit angegeben.

#### 3.4.4.1 Vergleich der Zeigerwertspektren des Vergleichszeitraums 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER / HAGEN)

**Feuchtezahlen** (Siehe Abb. 10): Durchgehend bei allen Einheiten läßt sich eine Verschiebung der Spektren in Richtung höherer Zeigerwertstufen feststellen. Sie fällt allerdings bei den einzelnen Einheiten etwas unterschiedlich aus.

In allen Einheiten, sowohl bei den Erst- wie auch bei den Wiederholungsaufnahmen, bilden Trockenheits- und Trockenheits- bis Frischezeiger (Arten der Zeigerwertstufen 3 und 4; Definitionen nach ELLENBERG 1991: 67 ff.) den Schwerpunkt der jeweiligen Zeigerwertspektren. Dies ist v.a. auf den hohen Anteil von Kennarten höherer Ordnung zu beiden Aufnahmezeiträumen zurückzuführen, die sich durch solche Zeigerwerte auszeichnen.

Die Zahl der Arten mit Zeigerwertstufe 1 (Starktrockenheitszeiger), die in den ersten vier Einheiten vertreten war, hat entweder abgenommen oder solche Arten fehlen in den Wiederholungsaufnahmen völlig. Beispiele hierfür sind *Potentilla cinerea* und *Teucrium montanum*. Dagegen treten Arten mit der Stufe 6 (Frische- bis Feuchtezeiger) nur in den Wiederholungsaufnahmen auf, wenn man von der letzten Einheit auf den relativ frischesten Standorten (dem *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Leontodon hispidus*) absieht. Solche Arten sind etwa *Carex flacca* und *Rhinanthus angustifolius* ssp. *angustifolius*. Zwar ist die Zahl der neu aufgetretenen Arten der Stufen 6 und 7 gering, doch kann dies bereits durchaus als eine Standortveränderung interpretiert werden, die sich als Änderung der Artenzusammensetzung (das Eindringen von Arten frischerer Standorte, also von weniger austrocknungsresistenten Arten) manifestiert, vor allem wenn man die Langsamkeit von Veränderungen auf mageren, trockenen Standorten berücksichtigt (siehe Kap. 3.4.5).

Insgesamt am deutlichsten ist der Anstieg der Zahl der Arten mit Zeigerwertstufe 5 (Frischezeiger) in den Wiederholungsaufnahmen. Die Anzahl der Arten mit dieser Stufe war in den GAUCKLERschen Aufnahmen entweder geringer als diejenige der Stufe 1 bzw. der Stufe 2 (in der typischen Variante des *Gentiano-Koelerietum typicum*), oder diese Zeigerwertstufe war gar nicht vertreten (in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft). In den Wiederholungsaufnahmen ist es dagegen genau umgekehrt, nun übertrifft die Stufe 5 zahlenmäßig die Stufe 1 bzw. 2. Eine Ausnahme bildet nur die letzte Einheit (*Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Leontodon hispidus*), die bereits in den Erstaufnahmen durch einen höheren Anteil an Frischezeigern gekennzeichnet war und sich diesbezüglich auch in den Wiederholungsaufnahmen kaum verändert hat. Insgesamt fällt die Veränderung des Feuchtezahlen-Spektrums in dieser Einheit am geringsten aus.

Der Anteil der Arten mit Feuchtezahl 2 (Starktrockenheits- bis Trockenheitszeiger) hat deutlich abgenommen. Die Abnahme ist in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft und im *Pulsatillo-Caricetum typicum* am stärksten und auch im *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Potentilla cinerea* beträchtlich. Beispiele dafür sind *Artemisia campestris*, *Centaurea rhenana* ssp. *rhenana* und *Erysimum odoratum*.

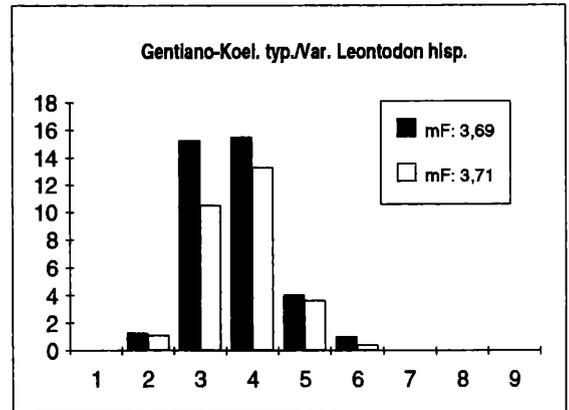
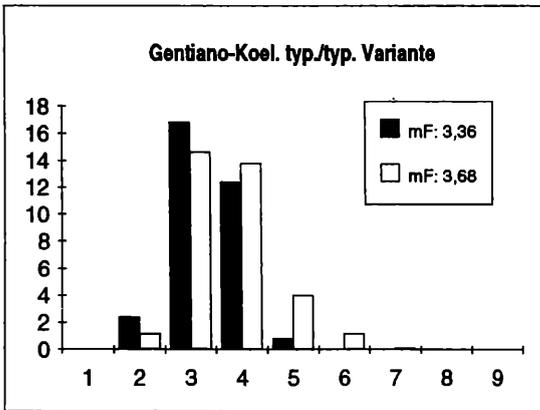
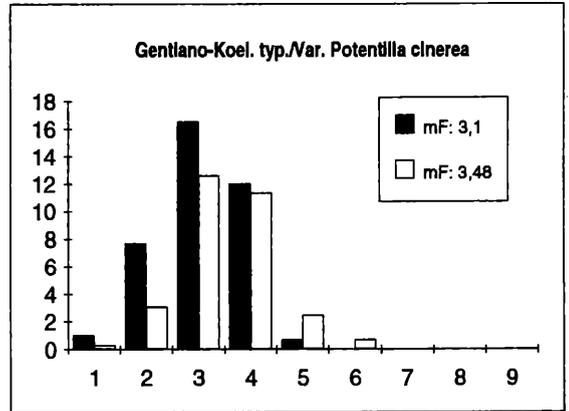
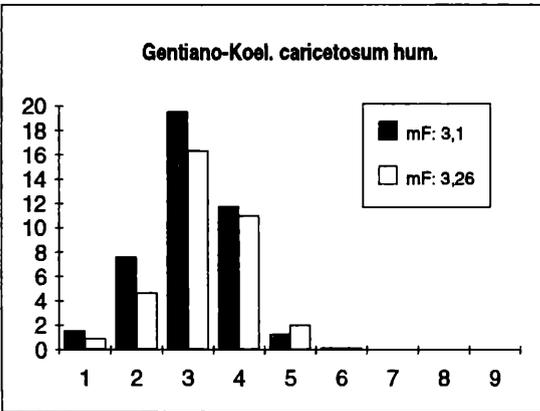
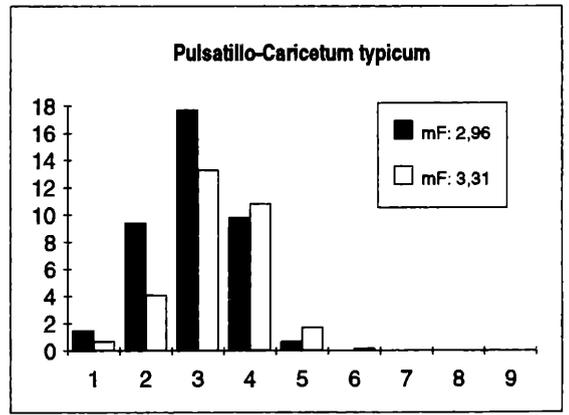
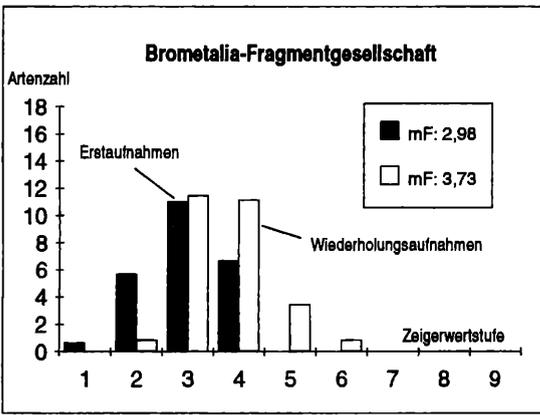
**Stickstoffzahlen** (Siehe Abb. 11): Auch hier haben sich die Spektren bei den Wiederholungsaufnahmen in Richtung höherer Stickstoffzahlen verschoben, doch sind die Veränderungen insgesamt noch wesentlich drastischer als bei den Feuchtezahlen. Durchweg in allen Einheiten ist ein Rückgang der Zahl der Arten mit den Stickstoffzahlen 1 und 2 und zugleich eine Zunahme der Zahl der Arten mit höheren Stickstoffzahlen (von 4 bis 7) eingetreten. Die *Brometalia*-Fragmentgesellschaft bildet dabei eine Ausnahme, hier hat die Besetzung der Stufen 2 und 3 zugenommen.

Sehr auffällig ist die starke Abnahme der Arten mit der Stickstoffzahl 1 in den Wiederholungsaufnahmen, also von solchen Arten, die stickstoffärmste Standorte anzeigen. Beispiele hierfür sind *Achillea nobilis*, *Dianthus gratianopolitanus*, *Fumana procumbens* und *Helichrysum arenarium*.

Im *Pulsatillo-Caricetum typicum* und in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft waren bei GAUCKLER nur Arten der Zeigerwertstufen 1 bis 4 vertreten (von einem sehr geringen Auftreten der Stufe 5 im *typicum* abgesehen). In den Wiederholungsaufnahmen hingegen treten nun Arten bis hin zur Stufe 7 (= Arten, die schwerpunktmäßig an stickstoffreichen Standorten vorkommen) und, wenn auch in sehr geringem Ausmaß, der Stufe 8 auf. Beispiele hierfür sind *Arrhenatherum elatius* und *Taraxacum officinale* agg. (mit der Stickstoffzahl 7) bzw. *Heraclium sphondylium* (mit der Stickstoffzahl 8).

Die gleichen Veränderungstendenzen gelten ebenfalls für das *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* und die Variante mit *Potentilla cinerea* des *Gentiano-Koelerietum typicum*. Arten der Stufe 8 kommen dort jedoch nicht vor. Hier waren bereits in den Erstaufnahmen Arten der Stufe 5 vorhanden, also solche, die mäßig stickstoffreiche Standorte anzeigen. Auch deren Anteil hat zugenommen. Beispiele dafür sind *Pastinaca sativa* und *Senecio jacobaea*.

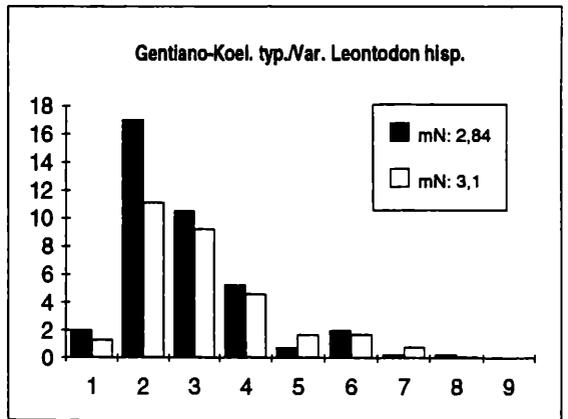
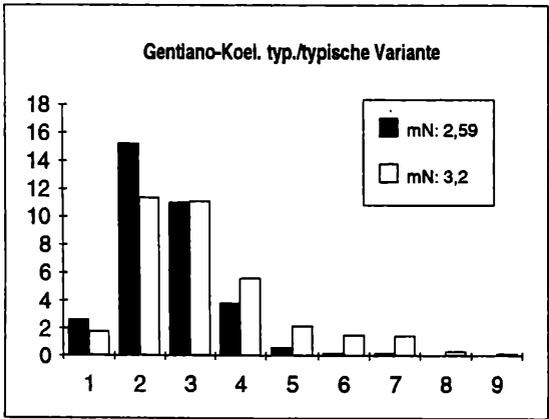
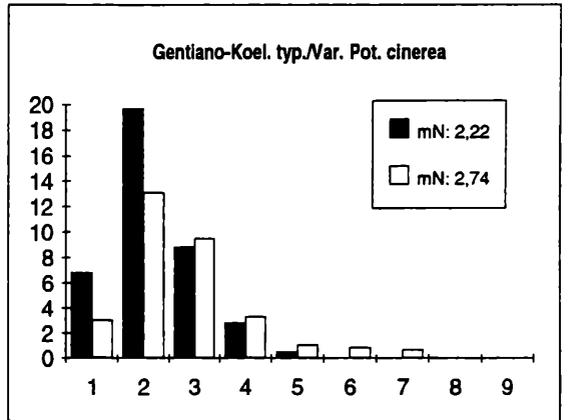
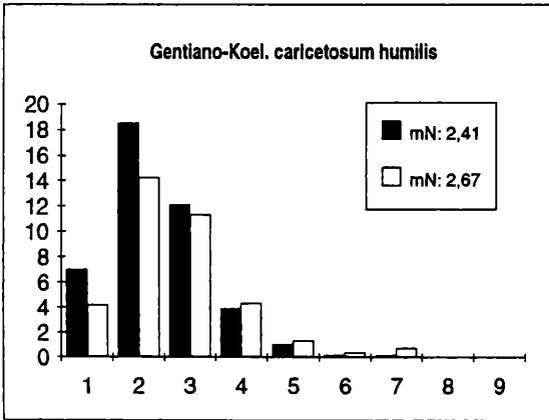
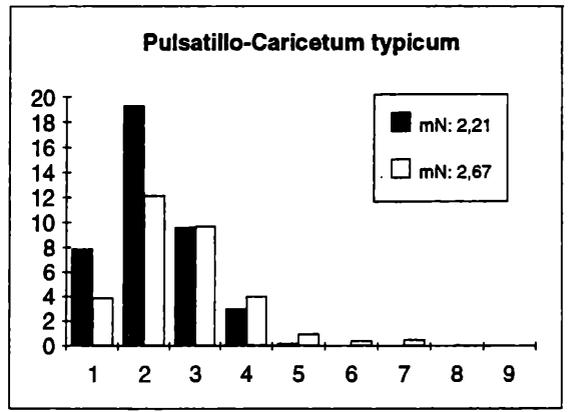
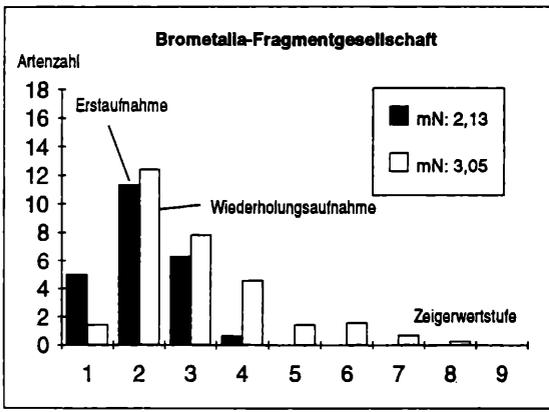
Eine Ausnahme bildet das *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Leontodon hispidus*, in der die Verteilung der Zeigerwertstufen in etwa gleich geblieben ist. Dennoch ist auch hier ein leichter relativer Anstieg der Arten mit Stickstoffzahl 5 und 7 zu verzeichnen. In dieser und der typischen Variante des *Gentiano-Koelerietum* sind diese Zeigerwertstufen zwar bereits in den GAUCKLERschen Erstaufnahmen durch einige wenige Arten vertreten, doch hat ihr Anteil in den Wiederholungsaufnahmen deutlich zugenommen. Arten dieser Stu-



**Abbildung 10**

Vergleich des Feuchtezahlenspektrums der pflanzensoziologischen Einheiten 1931/36 und 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)

Dargestellt ist jeweils die durchschnittliche Anzahl der Arten einer Zeigerwertstufe; mF = mittlere Feuchtezahl.



**Abbildung 11**

Vergleich des Stickstoffzahlenspektrums der pflanzensoziologischen Einheiten 1931/36 und 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)

Dargestellt ist jeweils die durchschnittliche Anzahl der Arten einer Zeigerwertstufe; mN = mittlere Stickstoffzahl.

fen zeigen nach ELLENBERG (1991) mäßig stickstoffreiche bis stickstoffreiche Standorte an.

Der absolute Schwerpunkt bei Arten der Stufen 2 und 3 ist auch bei den Wiederholungsaufnahmen in allen Einheiten erhalten geblieben. Dies ist vor allem auf die hochsteten Kennarten höherer Ordnung und die steten Begleiter der Kalk-Magerrasen zurückzuführen, die bei den Erst- wie bei den Wiederholungsaufnahmen jeweils den Hauptanteil der Artenkombination bilden.

Vergleichbare Ergebnisse hat auch PAULSEN (1988) beim Vergleich von Aufnahmen des *Teucrio-Mesobrometum* im Schweizer Jura (Vergleichszeitraum: 1946-50 bis 1987) erzielt. Arten der Zeigerwertstufen 5 bis 7 konnten sich dort auf Kosten solcher der Stufen 1 bis 3 etablieren und ausbreiten.

#### 3.4.4.2 Vergleich der Zeigerwertspektren des Vergleichszeitraums 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI / HAGEN)

**Feuchtezahlen** (Siehe Abb. 12): Die Veränderungen sind in diesem Vergleichszeitraum wesentlich geringer als im Vergleich mit den Erstaufnahmen von GAUCKLER. Insgesamt sind nur leichte Verschiebungen aufgetreten, die relative Verteilung der Arten auf die einzelnen Zeigerwertstufen ist weitgehend gleich geblieben.

Im *Pulsatillo-Caricetum seslerietosum* läßt sich fast kein Unterschied in den Zeigerwertspektren feststellen, auch die mittlere Feuchtezahl ist identisch geblieben. Auch die Verschiebungen im *Pulsatillo-Caricetum typicum* sind recht gering, obwohl die Anzahl der Arten der jeweiligen Zeigerwertstufe deutlich abgenommen hat. Gleiches gilt auch für die *Brometalia*-Fragmentgesellschaft.

Im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* ist ein leichter Anstieg der Arten mit Zeigerwertstufe 5 (Frischezeiger) aufgetreten, während die Verteilung der anderen Stufen etwa gleich geblieben ist. Dasselbe ist in der typischen Variante des *Gentiano-Koelerietum typicum* festzustellen, wo zusätzlich Arten mit der Stufe 2 abgenommen haben.

Die stärksten Veränderungen gab es im *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit Säurezeigern, die aber dennoch wesentlich geringer als beim Vergleich mit den GAUCKLERSchen Aufnahmen ausfallen. Hier hat eine Verschiebung hin zu Arten mit Zeigerwertstufe 4 stattgefunden, zugleich hat auch der Anteil an Arten mit der Stufe 2 leicht zugenommen.

**Stickstoffzahlen** (Siehe Abb. 13): In den beiden Einheiten des *Pulsatillo-Caricetum* und im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* waren bei ZIELONKOWSKI bereits Arten mit den Zeigerwertstufen 1 bis 6 vorhanden, wobei Arten der Stufe 6 (Arten mäßig stickstoffreicher bis stickstoffreicher Standorte) jedoch nur sehr gering vertreten waren. Der Anteil an Arten mit Stufe 6 hat nun in den Wiederholungsaufnahmen leicht zugenommen und

es sind jetzt sogar Arten der Stufe 7 (an stickstoffreichen Standorten häufigere Arten) vorhanden. Beispiele hierfür sind *Arrhenatherum elatius*, *Cirsium arvense* und *Taraxacum officinale* agg. (jeweils mit Stickstoffzahl 7) bzw. *Dactylis glomerata* und *Cap-sella bursa-pastoris* (jeweils Stickstoffzahl 6).

In den beiden Varianten des *Gentiano-Koelerietum typicum* haben Arten mit den Stickstoffzahlen 5 bis 7 merklich zugenommen, in der typischen Variante treten sogar einige ausgesprochene Stickstoffzeiger (Arten mit Stickstoffzahl 8) auf. Beispiele dazu sind *Taraxacum officinale* agg. und *Veronica agrestis* (beide Stickstoffzahl 7) sowie *Anthriscus sylvestris* und *Artemisia vulgaris* (beide Stickstoffzahl 8). Der Rückgang der Arten mit Stickstoffzahl 2 fällt in diesen beiden Varianten deutlich stärker als in den anderen Einheiten aus. In der typischen Variante haben außerdem Arten mit der Stickstoffzahl 1 abgenommen. In der Verteilung der Zeigerwertstufen sind aber auch in diesen Einheiten kaum Veränderungen aufgetreten.

In der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft zeigen sich, was sowohl die absolute als auch relative Verteilung der Stickstoffzahlen angeht, keine nennenswerten Veränderungen. Auch die mittlere Stickstoffzahl ist fast identisch geblieben.

#### 3.4.5 Gesamtüberblick über die aufgetretenen Zeigerwert-Veränderungen

Die Veränderungstendenzen der Zeigerwerte lassen sich insgesamt wie folgt zusammenfassen:

Insgesamt ist auf fast allen Untersuchungsstellen eine deutliche Erhöhung der mittleren Stickstoffzahlen eingetreten.

Die Erhöhung fällt tendenziell in den Einheiten auf den frischeren Standorten stärker aus als in denjenigen auf den trockeneren Standorten.

Die Veränderungen sind beim Vergleich mit den Erstaufnahmen GAUCKLERS wesentlich deutlicher als beim Vergleich mit den Aufnahmen von ZIELONKOWSKI, sowohl auf die Gesamtheit der Aufnahmen als auch auf die einzelnen Einheiten bezogen.

Generell läßt sich feststellen, daß die mittleren Stickstoffzahlen tendenziell umso stärker zunehmen, je höher schon die Ausgangswerte in den Erstaufnahmen waren. Dies gilt für beide Vergleichszeiträume.

Auch die Zunahme der mittleren Feuchtezahlen zeigt eine derartige Tendenz, jedoch ist das Ausmaß geringer als bei den Stickstoffzahlen.

Hinsichtlich der Stickstoffzahlen ist zu bedenken, daß aufgrund des qualitativen Berechnungsverfahrens bereits einzeln vorkommende Individuen mit hohen Werten (v.a. Fettwiesenarten und manche Ruderalarten) einen relativ großen Einfluß auf den mittleren Zeigerwert erhalten. Dieser wird jedoch durch die bei den meisten Aufnahmen recht hohe Artenzahl gemäßigt. Er könnte zwar durch eine quantita-

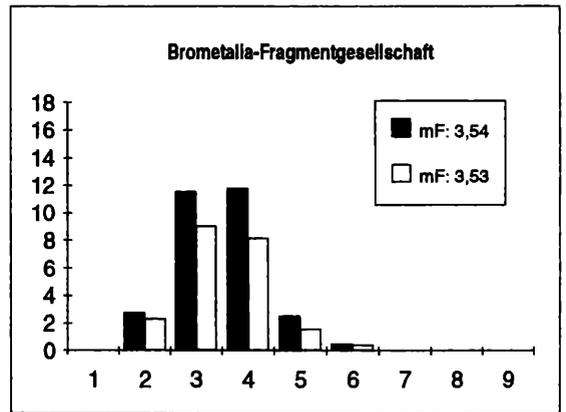
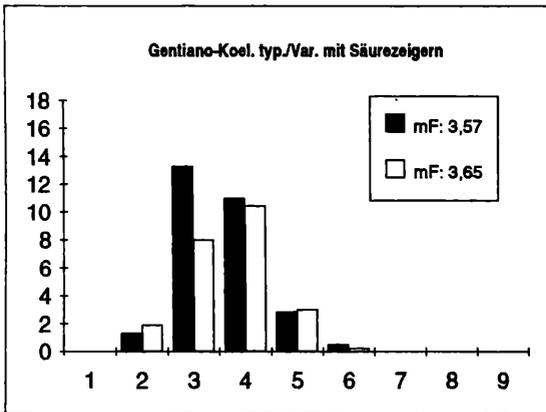
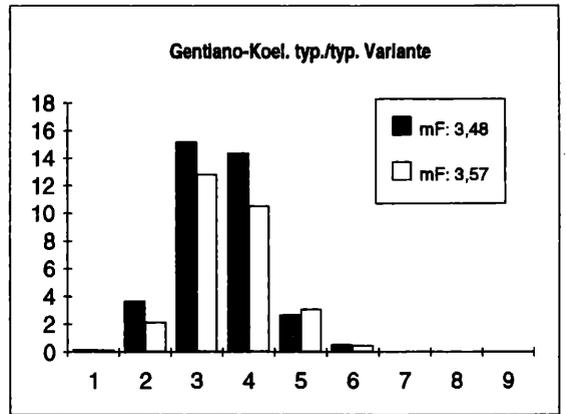
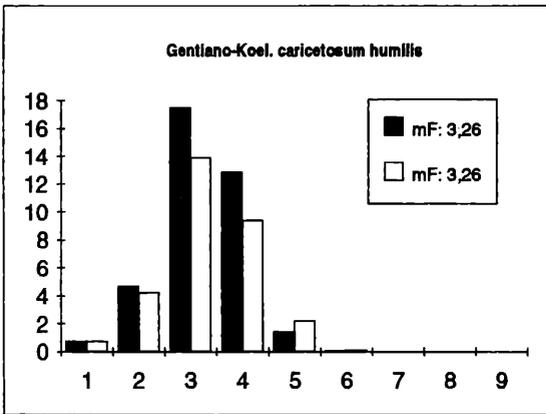
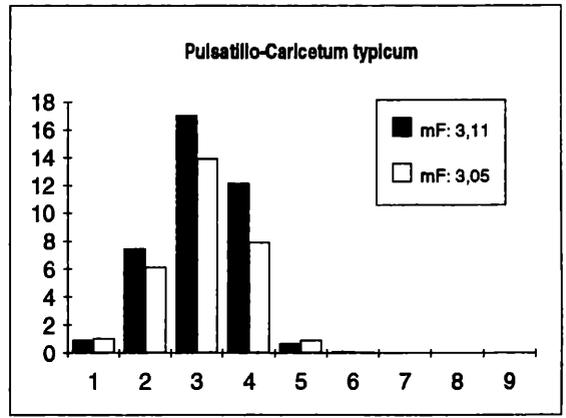
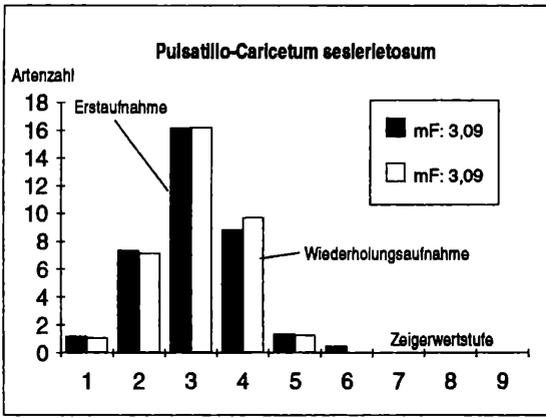
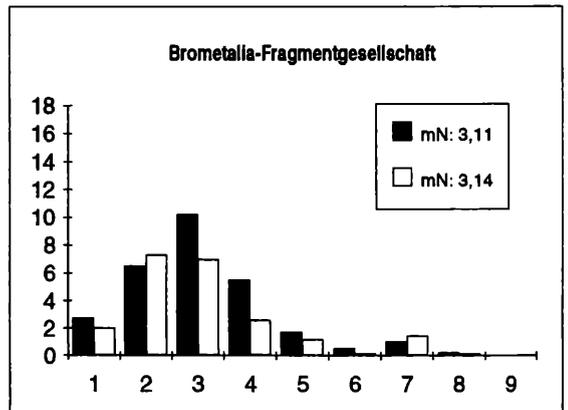
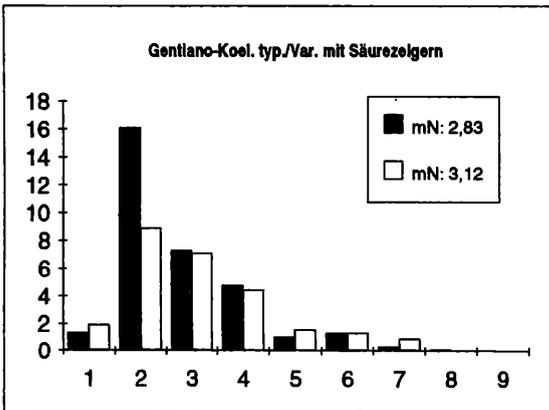
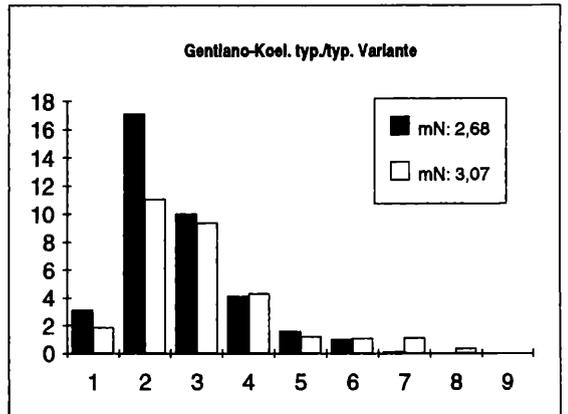
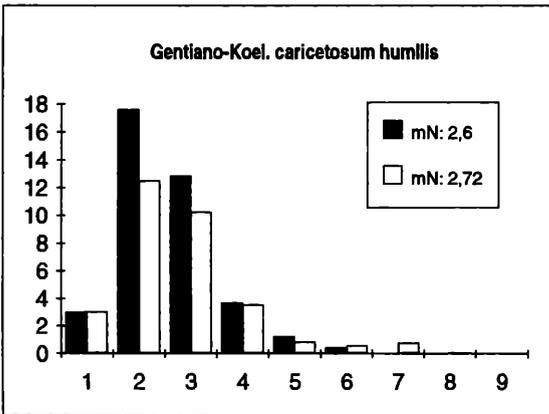
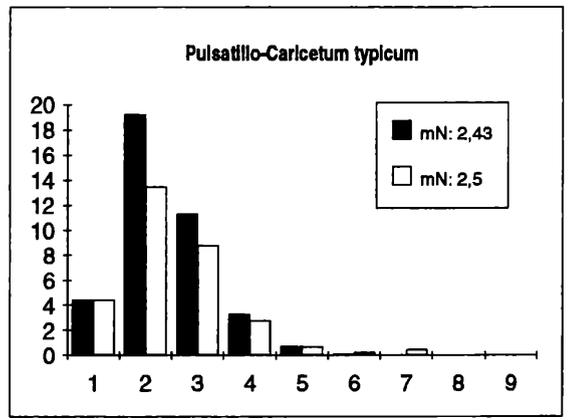
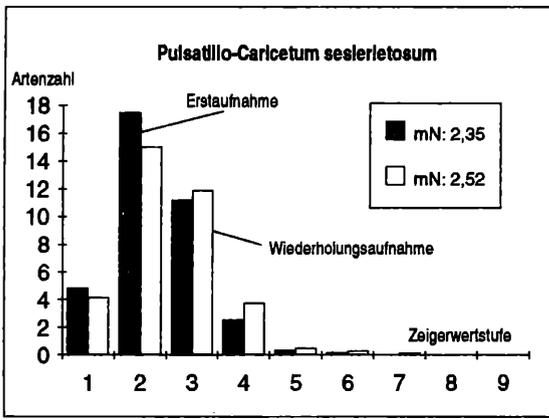


Abbildung 12

Vergleich des Feuchtezahlenspektrums der pflanzensoziologischen Einheiten 1968/70 und 1990/91 (ZIELON-KOWSKI/HAGEN)

Dargestellt ist jeweils die durchschnittliche Anzahl der Arten einer Zeigerwertstufe; mF = mittlere Feuchtezahl.



**Abbildung 13**

**Vergleich des Stickstoffzahlenspektrums der pflanzensoziologischen Einheiten 1968/70 und 1990/91 (ZIELON-KOWSKI/HAGEN)**

Dargestellt ist jeweils die durchschnittliche Anzahl der Arten einer Zeigerwertstufe; mN = mittlere Stickstoffzahl.

tive Berechnungsweise abgeschwächt werden, doch dies hätte andere Nachteile (siehe Kap. 3.4).

### 3.5 Ergebnisse aus der Ordination der Aufnahmen

Die Darstellungen in Kap. 3.3 haben, da sie sich auf Einzelarten beziehen, zwar den Vorteil, daß sie sehr genau sind, aber auch den Nachteil, daß dadurch die im Bestand insgesamt eingetretenen Veränderungen schwer überschaubar sind. Ein Darstellung der Erst- und Wiederholungsaufnahmen als Punkte in einem gemeinsamen Ordinationsdiagramm hat demgegenüber u.a. den Vorzug, daß Trends klar und deutlich sichtbar werden. Dadurch werden gemeinsame Veränderungsrichtungen, die sich aufgrund der geänderten Artenkombination ergeben, besser interpretierbar. Grundvoraussetzung ist dafür allerdings die Kenntnis und Einhaltung gewisser methodischer Voraussetzungen und Interpretationsregeln, wie sie einleitend in Kap. 2.4.2 dargestellt wurden (siehe dort auch Einzelheiten zur Methode).

Interessant war für die Fragestellung der Arbeit vor allem die Möglichkeit, mit Hilfe der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA), einer speziellen Form der Ordination, die unterschiedlich starke Korrelation der Erst- und Wiederholungsaufnahmen mit verschiedenen Standortfaktoren zu untersuchen und dadurch die komplexen Ursache-Wirkungsbeziehungen näher zu beleuchten.

Als Ausdruck der Standort- (= Umwelt-) faktoren für die jeweiligen Aufnahmen wurden die mittleren

Zeigerwerte der Gefäßpflanzen nach ELLENBERG (1991) verwendet, die die wichtigsten, herrschenden Standortbedingungen in komprimierter Form verdeutlichen. Dabei blieben Gehölze unberücksichtigt, da deren Auftreten zu stark von der Lage der Aufnahmeflächen (und weniger durch standörtliche Gegebenheiten) beeinflusst wird. Die Berechnung erfolgte qualitativ und analog derjenigen wie für die Auswertungen in Kap. 3.4 (näheres siehe dort). Außerhalb vorkommende Gefäßpflanzen wurden ebenfalls mit verrechnet.

In den beiden folgenden Abschnitten werden die Ordinationsdiagramme (Abb. 14 bis 21) näher diskutiert.

#### 3.5.1 Ordination der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)

Es gingen 142 Aufnahmen mit 329 Arten und 6 Umweltvariablen in die Ordination (CCA) ein. Für die Achsen ergaben sich folgende Eigenwerte:

Achse Nr.	1	2	3	4
Eigenwert	0,239	0,175	0,097	0,085
Korrelation Arten / Umweltvariablen	0,956	0,914	0,860	0,864
Kumulative erklärte Varianz der Arten bezüglich der Umweltvariablen	33,4 %	57,9 %	71,4 %	83,3 %

#### Korrelation der Umweltvariablen untereinander (deutliche Korrelationen sind kursiv-fett hervorgehoben)

	Licht	Temperatur	Kontinentalität	Feuchte	Reaktion
Licht	1.00				
Temperatur	+ <i>.39</i>	1.00			
Kontinentalität	+ <i>.22</i>	+ <i>.54</i>	1.00		
Feuchte	- <i>.62</i>	- <i>.36</i>	- <i>.43</i>	1.00	
Reaktion	- <i>.04</i>	- <i>.08</i>	+ <i>.28</i>	- <i>.50</i>	1.00
Stickstoff	- <i>.56</i>	- <i>.29</i>	- <i>.33</i>	+ <i>.86</i>	- <i>.35</i>

#### Kanonische Koeffizienten der Ordinationsachsen

Nach dem T-Test signifikante Koeffizienten sind fett hervorgehoben (Signifikanzniveau: 1%; T-Wert: 1,96)

	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
F (Feuchte)	+ <b>.931</b>	R + <b>.560</b>	K + <b>.410</b>	F + <b>.132</b>
N (Stickstoff)	+ <b>.873</b>	N +.161	T + <b>.369</b>	L +.042
T (Temperatur)	- <b>.201</b>	F + <b>.117</b>	F + <b>.044</b>	N - <b>.248</b>
K (Kontinentalität)	- <i>.365</i>	K - <b>.235</b>	R +.003	R - <b>.283</b>
L (Licht)	- <i>.515</i>	T - <b>.591</b>	N - <b>.184</b>	T - <b>.379</b>
R (Reaktion)	- <i>.536</i>	L - <b>.642</b>	L - <b>.341</b>	K - <b>.500</b>

Die Eigenwerte sind relativ niedrig, was aus dem recht einheitlichen Aufnahmestoff resultiert. Die ersten beiden Achsen erklären die Haupt-Varianz des Aufnahmestoffes, während die 3. und 4. Achse nur noch wenig dazu beitragen. Die Korrelation der Arten mit den Umweltfaktoren ist wie die kumulative, durch die Kombination der Umweltfaktoren erklärte Varianz der Arten sehr hoch, so daß sich eine gesicherte Interpretationsbasis ergibt (siehe vorherige Seite).

Die stärkste Korrelation weisen die Umweltfaktoren Stickstoff und Feuchte auf, was ökologisch gut erklärbar ist (siehe dazu Kap. 4). Theoretisch könnte eine solch starke Abhängigkeit zu Schwierigkeiten bei der Verrechnung der Umweltvariablen im Rahmen der Ordination führen. Nach TER BRAAK (1986) ist die CCA jedoch im Gegensatz zu anderen Ordinationstechniken weitgehend unabhängig von korrelierten Umweltvariablen, so daß sich dadurch keine Probleme ergeben.

Zu den Kanonischen Koeffizienten der Ordinationsachsen: Siehe vorherige Seite.

Für die Interpretation der Umwelteinflüsse auf die Standortveränderungen kommen nur die signifikanten Umweltvariablen in Frage, und hier in erster Linie die der ersten beiden Achsen. Dies sind für die 1. Achse die Faktoren Feuchte, Stickstoff und Temperatur, sowie für die 2. Achse zusätzlich Licht, Reaktion und Kontinentalität.

#### **Erstaufnahmen (Abb. 14 und 15)**

Betrachtet man zunächst nur die Lage der Erstaufnahmen in den Ordinationsdiagrammen (Abb. 14 und 15), so wird deutlich, daß die einzelnen Gesellschaften sich bezüglich der Umweltfaktoren deutlich unterscheiden und einen Gradienten wiedergeben. Die Aufnahmen, die durch die Neugliederung jeweils einer der 6 Einheiten zugeordnet wurden (siehe Kap. 3.1.1), liegen auch im Ordinationsdiagramm deutlich nahe beieinander. Nur einzelne Aufnahmen liegen außerhalb dieser "Gruppen". Im *Pulsatillo-Caricetum* sind dies Nr. 802 (dem *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* zugeordnet) oder Nr. 704 (dem *Pulsatillo-Caricetum* zugeordnet). Die "extreme" Lage von Nr. 704 läßt sich durch das Auftreten einiger charakteristischer Arten (*Daphne cneorum*, *Euphorbia brittingeri*, *Polygala chamaebuxus*) erklären, die allen bzw. fast allen anderen Aufnahmen fehlen. Im *Gentiano-Koelerietum typicum*, typische Variante, trifft dies auf Nr. 806 zu. Bei der letzten Einheit (*Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Leontodon hispidus*) liegt Nr. 901 relativ weit von den näher zusammenliegenden restlichen Aufnahmen entfernt, was ebenfalls durch eine etwas abweichende Artenkombination erklärbar ist.

Die Lage der zu jeweils einer pflanzensoziologischen Einheit gehörigen Aufnahmegruppen gibt deutlich einen Gradienten bezüglich der Umweltfaktoren wieder. Der Schwerpunkt der Gruppen verschiebt sich von Einheit 2 bis 6 (*Pulsatillo-Caricetum* bis *Gentiano-Koelerietum typicum* Variante mit

*Leontodon hispidus*) deutlich von links unten nach rechts oben (bezüglich der ersten beiden Achsen). Dies entspricht standörtlich einer Abnahme der Faktoren Licht und Temperatur, gekoppelt mit einer Zunahme der Faktoren Stickstoff und Feuchte (siehe Abb. 14), und bestätigt damit nachträglich die pflanzensoziologische Gliederung dieser Aufnahmen (siehe Kap. 3.1.1). Auch der Faktor Kontinentalität nimmt in dieser Richtung ab. Ein Einfluß des Faktors Reaktion (einer pH-Wert-Änderung des Bodens entsprechend) ist dagegen nicht nachweisbar, denn die Verschiebungsrichtung verläuft senkrecht zur Richtung des Reaktions-Vektors, so daß dessen Einfluß gleichbleibt.

Bezüglich der 3. Ordinationsachse (siehe Abb. 15) läßt sich feststellen, daß hier die oben dargestellten Tendenzen weniger deutlich sichtbar werden, ohne jedoch prinzipiell abzuweichen. Die Unterschiede in der Lage der Aufnahmepunkte ergeben sich aufgrund der mehrdimensionalen Diagrammstruktur.

#### **Vergleich Erst- und Wiederholungsaufnahmen**

Alle Wiederholungsaufnahmen liegen im Ordinationsdiagramm relativ nahe beieinander und sind deutlich von den Erstaufnahmen getrennt. Verbindet man ihre Punkte mit denen der zugehörigen Erstaufnahmen (siehe z.B. Abb. 16 a), so ergibt sich jeweils ein mehr oder weniger schmaler "Fächer" (je schmaler, desto ähnlicher ist die Artenkombination dieser Aufnahmen). Das belegt die hohe floristische und standörtliche Ähnlichkeit der jeweils zu einer Erstaufnahme gehörigen Wiederholungsaufnahmen und bestätigt damit grundsätzlich die Eignung des "Mehr-Flächen-Prinzips" (siehe Kap. 2.2.1.2) für eine derartige Vergleichsuntersuchung.

Auch hier gibt es jedoch "Ausreißer", also Aufnahmen, die aufgrund ihrer unterschiedlichen Artenzusammensetzung etwas "abseits" der anderen Wiederholungsaufnahmen liegen (Bsp: Nr. 41 bei den zu Nr. 711 gehörigen Aufnahmen, Nr. 70 bei den zu Nr. 808 gehörigen Aufnahmen, Nr. 234 bei den zu Nr. 708 gehörigen Aufnahmen). Mögliche Gründe dafür sind im Vergleich zu den anderen Wiederholungsaufnahmen inhomogene Standortbedingungen oder auch Aufnahmefehler. Bei solchen Aufnahmen ist die Statthaftigkeit des Vergleichs mit den Erstaufnahmen natürlich zu hinterfragen.

#### **Veränderungstendenzen im Vergleichszeitraum (Abb. 16)**

Sieht man von solchen "Ausreißern" ab (sowie von denjenigen Aufnahmepaaren, deren Verbindungslinien in eine auffallend abweichende Richtung zeigen, also vor allem die zu Nr. 802 und Nr. 809 gehörigen Aufnahmen), so zeigen sich bei allen Einheiten eindeutige und klare, übereinstimmende Richtungsverschiebungen. Dies zeigt Abb. 16 a-c. In Abb. 16 a und 16 b sind dabei jeweils diejenigen Paare der Erst- und Wiederholungsaufnahmen dargestellt, die eine sehr gute Korrelation der Verschiebungsrichtungen aufweisen. Solche Paare stellen die

Abbildungslegende (E = Erstaufnahmen; W = Wiederholungsaufnahmen)		
E	W	Einheit
□	■	Brometalia-Fragmentengesellschaft
□	■	Pulsatillo-Caricetum typicum
◇	◆	Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis
△	▲	Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Potentilla cinerea
△	▲	Gentiano-Koelerietum typicum, typische Var.
△	▲	Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Leontodon hispidus

Die Umweltvariablen haben im Nullpunkt durchschnittlichen Wert und nehmen in Richtung des Vektors zu.

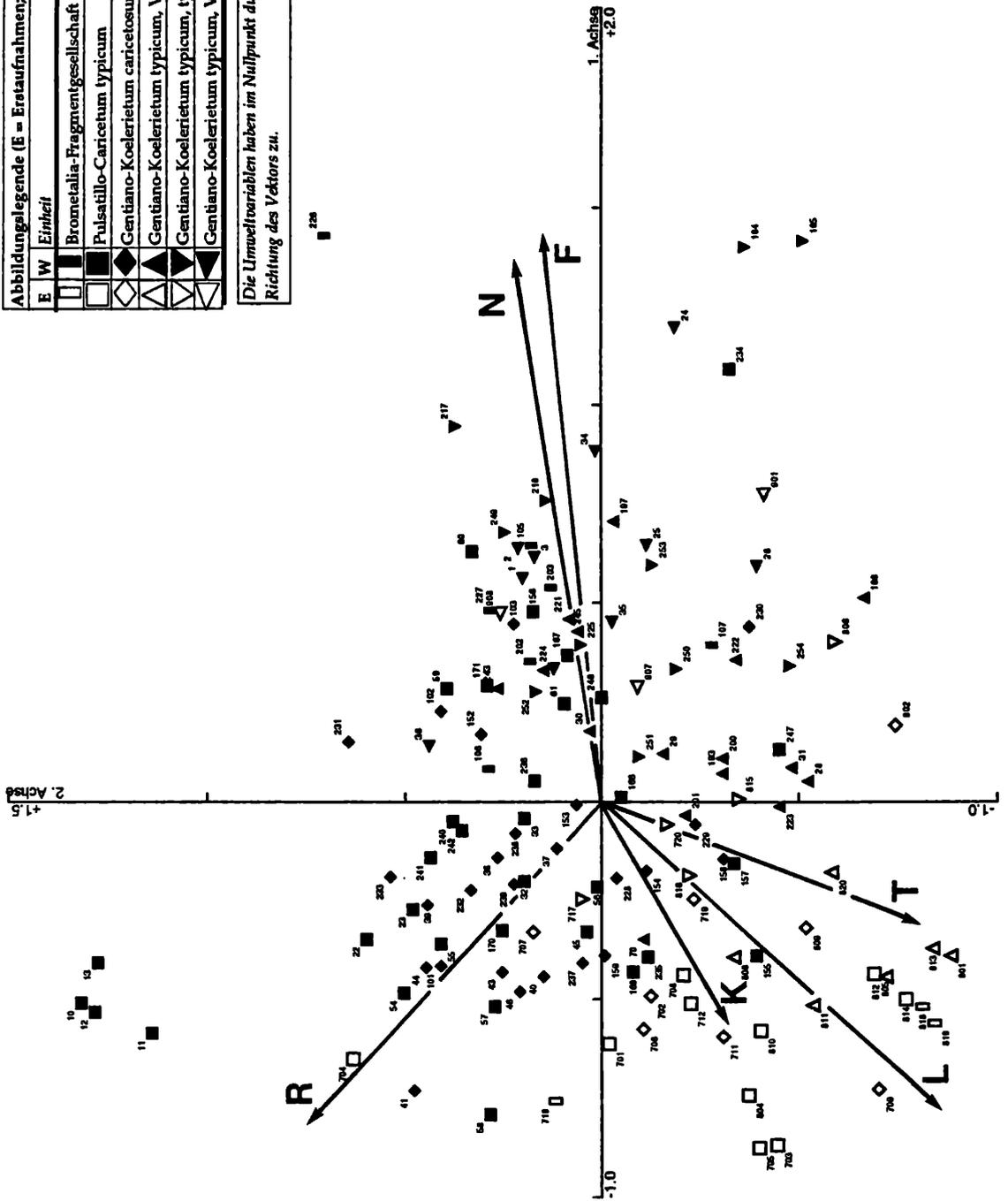


Abbildung 14

Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN):  
**1. gegen 2. Achse.**  
 Dargestellt ist die Lage der Aufnahmen und die Vektoren der mittleren ELLENBERG-Zeigerwerte als Umweltvariablen.

Abbildungslegende (E = Ertäufnahmen; W = Wiederholungsaufnahmen)	
E	W
□	■
◇	◆
△	▲
▽	▼

Einheit
Brometalia-Fragmentgesellschaft
Pulsatillo-Caricetum typicum
Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis
Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Potentilla cinerea
Gentiano-Koelerietum typicum, typische Var.
Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Leontodon hispidus

Die Umweltvariablen haben im Nullpunkt durchschnittlichen Wert und nehmen in Richtung des Vektors zu.

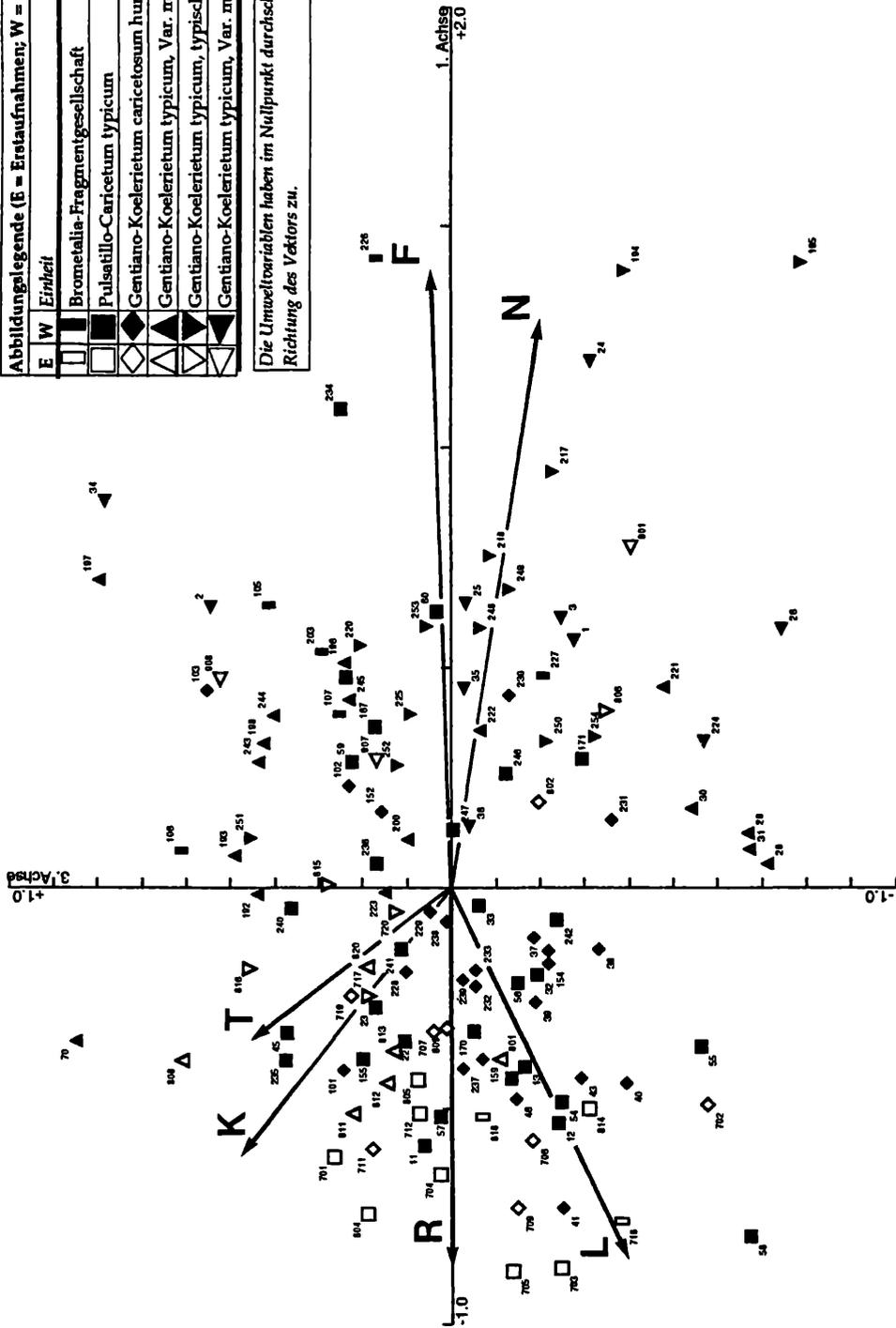


Abbildung 15

Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): 1. gegen 3. Achse.

Dargestellt ist die Lage der Aufnahmen und die Vektoren der mittleren ELLENBERG-Zeigerwerte als Umweltvariablen.

Abbildungslegende (E = Erstaufnahmen; W = Wiederholungsaufnahmen)	
E	W
Einheit	Pulsatillo-Caricetum typicum

Die Umweltvariablen haben im Nullpunkt durchschnittlichen Wert und nehmen in Richtung des Vektors zu. Dargestellt sind die Erstaufnahmen und die jeweils zugehörigen Wiederholungsaufnahmen.

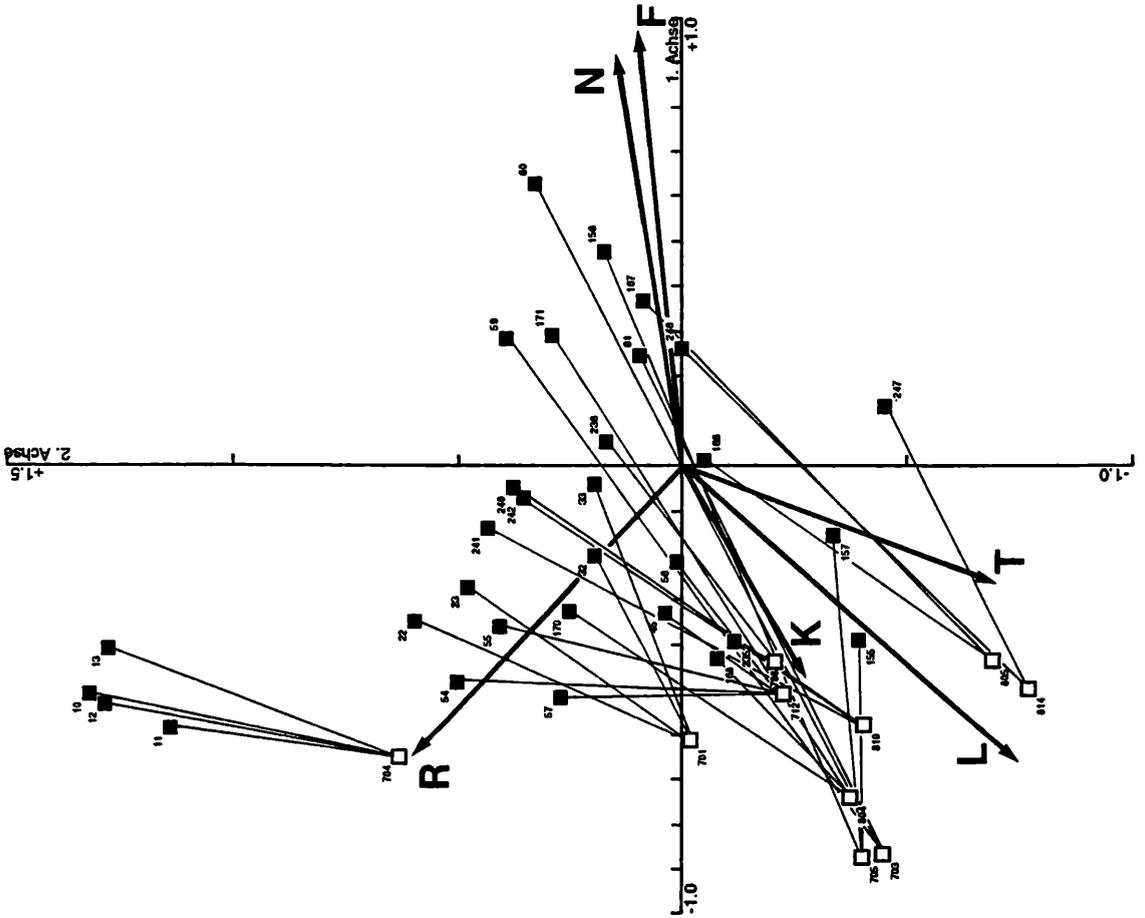


Abbildung 16a

Ordination (CCA) und Veränderungstendenzen ausgewählter Erst- und Wiederholungsaufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): 1. gegen 2. Achse

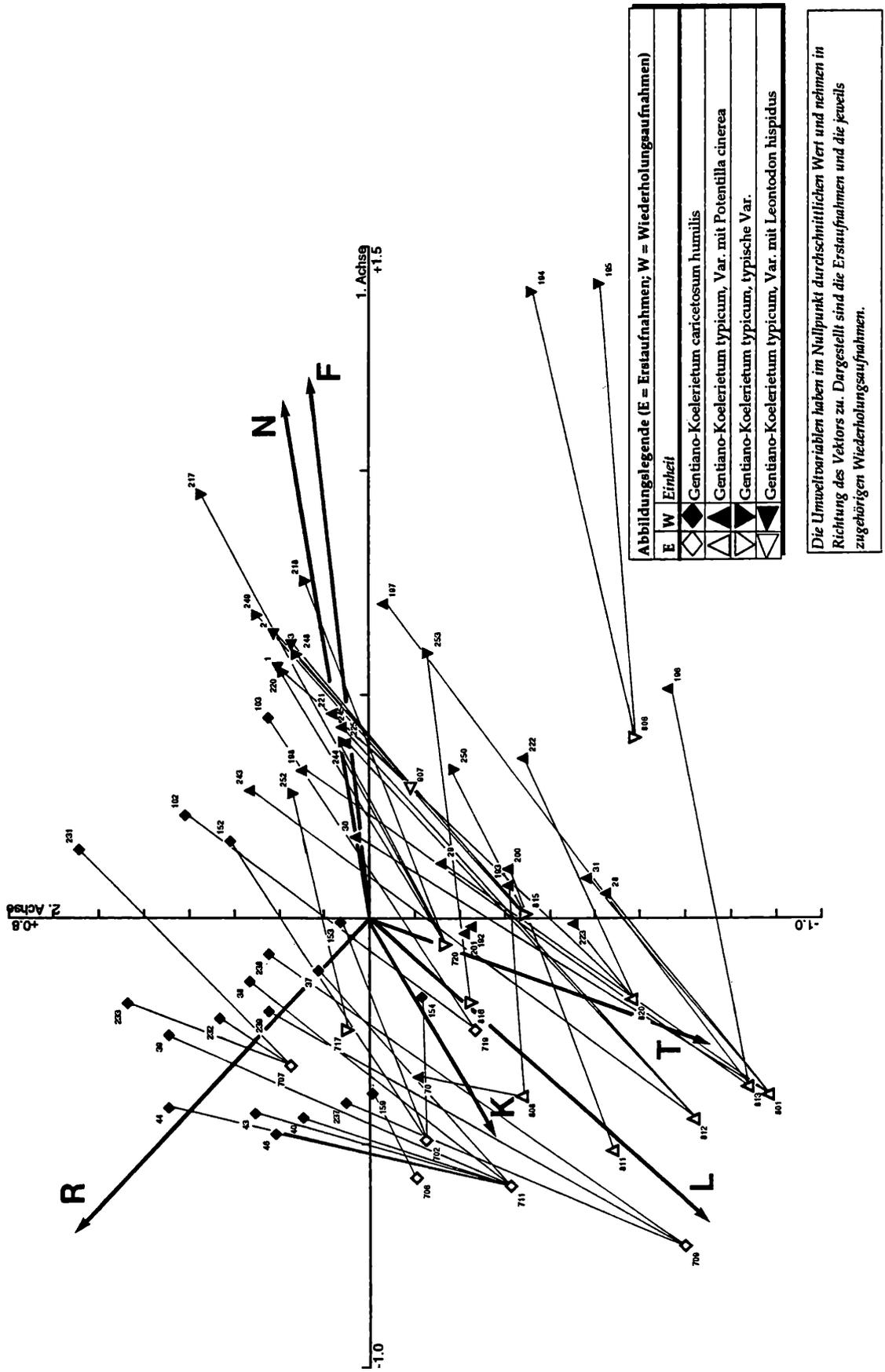


Abbildung 16b

Ordination (CCA) und Veränderungstendenzen ausgewählter Erst- und Wiederholungsaufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): 1. gegen 2. Achse



überwiegende Mehrheit der Aufnahmen dar. In Abb. 16 c sind die restlichen Aufnahme"paare" zusammengestellt, bei denen kaum zu interpretierende, abweichende Richtungsverschiebungen auftreten. Meist handelt es sich um solche "Paare", bei denen die Wiederholungsaufnahmen sternförmig um die Erstaufnahme angeordnet sind. Hier läßt sich kein eindeutiger Trend ablesen, dazu ist die Artenkombination dieser Wiederholungsaufnahmen zu unterschiedlich - zumindest bezüglich der in der Ordination verwendeten Umweltparameter. Bei den anderen "Paaren" verhält sich jeweils nur eine einzelne Wiederholungsaufnahme abweichend, während die restlichen übereinstimmende Verschiebungsrichtungen aufweisen. Solche Aufnahmepaare wurden in der Darstellung gesplittet: nur die abweichende Einzelaufnahme erscheint (mit der Erstaufnahme) in Abb. 16 c, die anderen Aufnahmen dagegen in Abb. 16 a bzw. 16 b.

Die Verschiebungsrichtungen und die damit am besten korrelierten Richtungen der Umweltvariablen deuten auf folgende Standortveränderungen hin (dabei muß stets berücksichtigt werden, daß diese Verschiebungen Ausdruck einer durch die Standortveränderung hervorgerufenen, veränderten Artenkombination sind, und nicht die tatsächliche Standortveränderung anzeigen):

*Pulsatillo-Caricetum*: deutliche Abnahme des Licht- und Temperaturfaktors, geringe Zunahme des Stickstoff- und Feuchtefaktors (Abb. 16 a)

*Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*: ebenso, jedoch etwas stärkere Zunahme des Stickstoff- und Feuchtefaktors (Abb. 16 b)

*Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Potentilla cinerea*: ebenso, jedoch noch stärkere Zunahme des Stickstoff- und Feuchtefaktors (Abb. 16 b)

*Gentiano-Koelerietum typicum*, typische Variante: leichte Abnahme des Licht- und Temperaturfaktors, starke Zunahme des Stickstoff- und Feuchtefaktors (Abb. 16 b)

*Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Leontodon hispidus*: nur für Nr. 907 läßt sich eine Tendenz der Zunahme des Stickstoff- und Feuchtefaktors ablesen, die anderen Aufnahme"paare" verhalten sich unterschiedlich (Abb. 16 c)

*Brometalia*-Fragmentgesellschaft: für Nr. 818 und 819 sind eine sehr starke Zunahme des Stickstoff- und Feuchtefaktors, verbunden mit einer ebenso deutlichen Abnahme des Licht- und Temperaturfaktors festzustellen. Die im Vergleich zu den anderen Aufnahme"paaren" überaus starke Verschiebung läßt jedoch vermuten, daß hier das Aufnahmekriterium der Standorthomologie nicht voll erfüllt war. Eine so starke Verschiebung wäre aber bei "echten" Dauerflächen durchaus denkbar. Für Nr. 718 gilt das gleiche, hier ist eine reine Erhöhung des Stickstoff- und Feuchtefaktors (ohne Verminderung des Licht- und Temperaturfaktors) festzustellen. Daher

wurden die Aufnahmen dieser Einheit in Abb. 16c dargestellt.

Die Auswirkungen einer **Eutrophierung**, die sich in der Zunahme der miteinander stark korrelierten Faktoren Stickstoff und Feuchte (siehe oben) niederschlägt, ist also in den Einheiten mit den frischeren Standortbedingungen wesentlich stärker ausgeprägt als in denjenigen auf den relativ trockeneren Standorten. Dort haben hingegen Veränderungen in der Bestandesstruktur, die in einer Abnahme der Häufigkeit und Größe von Bestandeslücken und damit in mikroklimatischen Veränderungen resultieren, die stärksten Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung (siehe Kap. 4).

Diese Ergebnisse unterstreichen somit nochmals diejenigen, die aus dem Vergleich des Anteils verschiedener Artengruppen (Kap. 3.2.3) und der Artenzusammensetzung (Kap. 3.3) gewonnen wurden.

### Zunahme der mittleren Stickstoffwerte

In Abb. 17 sind die mittleren Stickstoffwerte der Aufnahmen dargestellt (keine Zahlen neben den Aufnahmepunkten), wobei die zunehmende Symbolgröße einen zunehmenden Stickstoffwert symbolisiert. Der mittlere Stickstoffwert selbst ist als kleine Zahl neben den Aufnahmesymbolen dargestellt. Aufgrund zu starker Überlappung der Symbole konnten allerdings nicht alle Aufnahmen im Diagramm dargestellt werden.

Aus dem Diagramm wird folgendes deutlich (die *Brometalia*-Fragmentgesellschaft soll dabei unberücksichtigt bleiben):

Durchgehend, also unabhängig von den Aufnahmepaaren, besitzen fast alle Wiederholungsaufnahmen einen höheren mittleren Stickstoffwert als die Erstaufnahmen, teilweise sogar einen sehr viel höheren.

Auf die Einheiten bezogen ist festzuhalten, daß die Zunahme in den meisten Aufnahmen des *Gentiano-Koelerietum typicum* in der typischen Variante sowie in der Variante mit *Potentilla cinerea* am größten ausfällt.

Auch einige Aufnahmen des *Pulsatillo-Caricetum typicum* weisen eine starke Erhöhung auf, beim Großteil der Aufnahmen fallen die Veränderungen jedoch, ähnlich wie beim *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*, relativ gering aus.

### Abnahme der mittleren Lichtwerte

Ein ähnliches Bild, jedoch mit gegenläufiger Tendenz, bietet Abb. 18, auf der die mittleren Lichtwerte der Aufnahmen dargestellt sind. Die Symbolgröße nimmt wiederum mit dem Lichtwert zu, der mittlere Lichtwert selbst ist als kleine Zahl neben dem Symbol eingetragen. Folgendes läßt sich festhalten:

Eine Abnahme der mittleren Lichtwerte in den Wiederholungsaufnahmen im Vergleich zu den Erstaufnahmen ist deutlich erkennbar.

Die Abnahme ist jedoch insgesamt weniger stark als die Zunahme der mittleren Stickstoffwerte.

Abbildungslegende (B = Erstaufnahmen; W = Wiederholungsaufnahmen)		
E	W	Einheit
□	■	Brometalia-Fragmentgesellschaft
◇	◆	Pulsatillo-Caricetum typicum
△	▲	Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis
▽	▼	Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Potentilla cinerea
◊	◄	Gentiano-Koelerietum typicum, typische Var.
◈	◃	Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Leontodon hispidus

Dargestellt sind die mittleren Stickstoffwerte der Aufnahmen (kleine Zahlen). Die Symbolgröße nimmt mit dem Stickstoffwert zu.

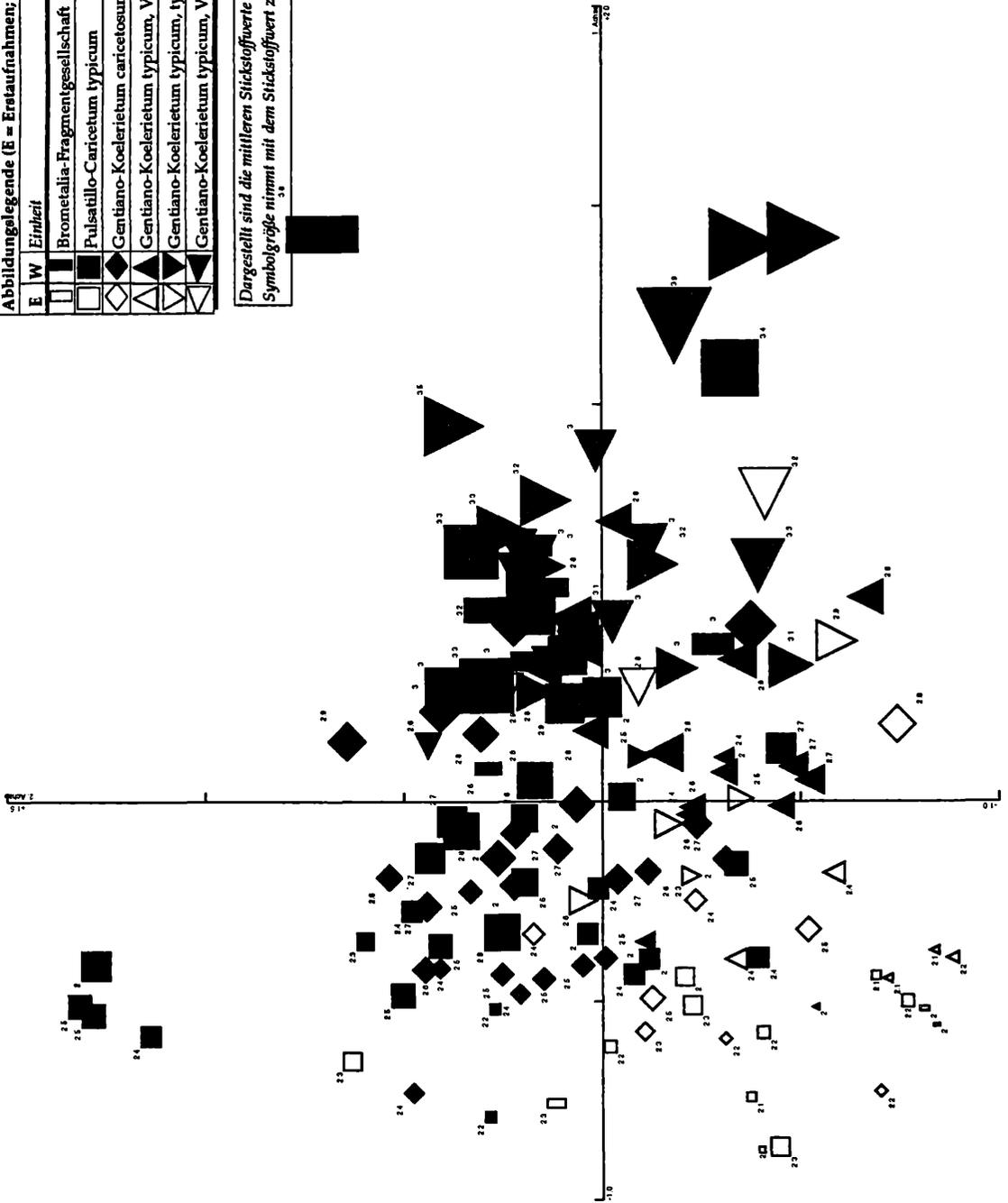


Abbildung 17

Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): Mittlere Stickstoffwerte der Aufnahmen (1. gegen 2. Achse)

Abbildungslage (E = Erstaufnahmen; W = Wiederholungsaufnahmen)		
E	W	Einheit
□	■	Brometalia-Fragmentgesellschaft
□	■	Pulsatillo-Caricetum typicum
◇	◆	Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis
△	▲	Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Potentilla cinerea
△	▲	Gentiano-Koelerietum typicum, typische Var.
△	▲	Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Leontodon hispidus

Dargestellt sind die mittleren Lichtwerte der Aufnahmen (Kleine Zahlen). Die Symbolgröße nimmt mit dem Lichtwert zu.

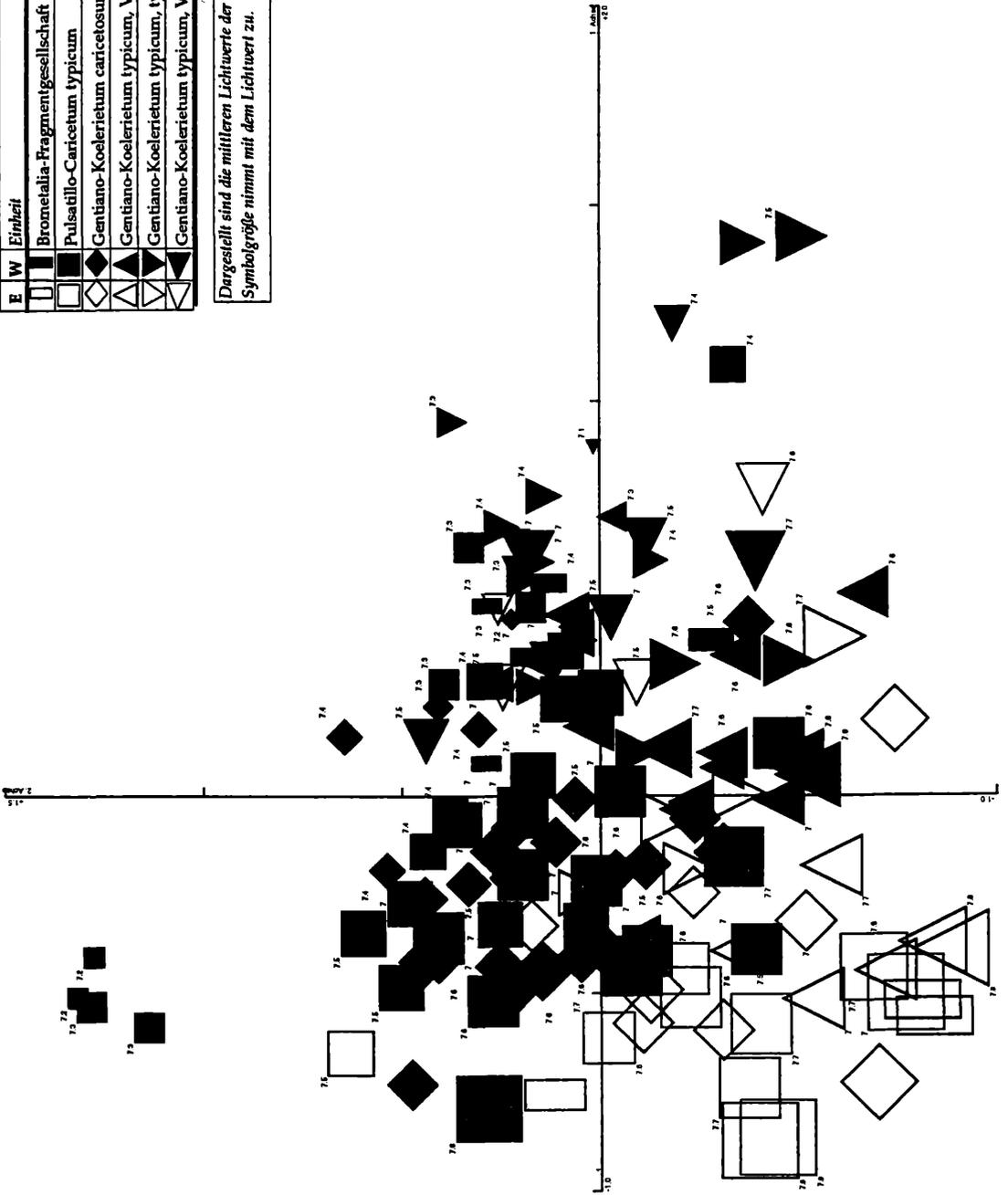


Abbildung 18

Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN): Mittlere Lichtwerte der Aufnahmen (1. gegen 2. Achse)

	Licht	Temperatur	Kontinentalität	Feuchte	Reaktion
Licht	1.00				
Temperatur	+ <b>.44</b>	1.00			
Kontinentalität	+ <b>.33</b>	<b>+<i>.53</i></b>	1.00		
Feuchte	<b>-<i>.54</i></b>	- <b>.15</b>	- <b>.40</b>	1.00	
Reaktion	- <b>.13</b>	- <b>.02</b>	<b>+<i>.31</i></b>	- <b>.41</b>	1.00
Stickstoff	<b>-<i>.44</i></b>	- <b>.10</b>	- <b>.27</b>	<b>+<i>.87</i></b>	- <b>.24</b>

**Kanonische Koeffizienten der Ordinationsachsen**

Nach dem T-Test signifikante Koeffizienten sind fett hervorgehoben (Signifikanzniveau: 1%; T-Wert: 1,96)

	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
F (Feuchte)	<b>+<i>.914</i></b>	<b>R +<i>.219</i></b>	<b>F +<i>.090</i></b>	<b>K +<i>.566</i></b>
N (Stickstoff)	<b>+<i>.885</i></b>	F + <b>.208</b>	T - <b>.121</b>	T + <b>.283</b>
T (Temperatur)	- <b>.071</b>	N + <b>.174</b>	L - <b>.182</b>	R + <b>.230</b>
K (Kontinentalität)	- <b>.282</b>	K - <b>.365</b>	K - <b>.272</b>	F + <b>.033</b>
L (Licht)	- <b>.405</b>	L - <b>.640</b>	N - <b>.300</b>	N - <b>.061</b>
R (Reaktion)	- <b>.483</b>	T - <b>.772</b>	R - <b>.612</b>	L - <b>.234</b>

**3.5.2 Ordination der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)**

Es gingen 168 Aufnahmen mit 424 Arten und 6 Umweltvariablen in die Ordination (CCA) ein. Für die Achsen ergaben sich folgende **Eigenwerte**:

Achse Nr.	1	2	3	4
Eigenwert	0,236	0,164	0,129	0,08
Korrelation Arten / Umweltvariablen	0,966	0,879	0,903	0,812
Kumulative erklärte Varianz der Arten bezüglich der Umweltvariablen	31,9 %	54,1 %	71,6 %	82,5 %

Für die Eigenwerte gilt das für den Vergleich mit GAUCKLER gesagte (siehe Kap. 3.5.1). Im Unterschied dazu trägt hier jedoch auch die 3. Achse noch einen größeren Teil zur Erklärung der Datenvarianz bei.

Die stärkste **Korrelation** weisen wiederum die **Umweltfaktoren** Stickstoff und Feuchte auf (siehe oben). Insgesamt haben die Korrelationsfaktoren relativ ähnliche Werte wie beim Vergleich mit GAUCKLER, obwohl auch einzelne Abweichungen deutlich werden, auf die bei der Interpretation näher eingegangen wird.

Für die Interpretation der Umwelteinflüsse auf die Standortveränderungen kommen nur die signifikanten Umweltvariablen in Frage, und hier in erster Linie die der ersten beiden Achsen. Dies sind für die 1. Achse die Faktoren Feuchte, Stickstoff, Reaktion und Temperatur, sowie für die 2. Achse außerdem der Lichtfaktor.

**Erstaufnahmen (Abb. 19 und 20)**

Ähnlich wie beim Vergleich mit GAUCKLER läßt sich auch hier anhand der Lage der Erstaufnahmen im Ordinationsdiagramm der standörtliche Gradient, den die einzelnen pflanzensoziologischen Einheiten wiedergeben, gut nachvollziehen (siehe Abb. 19). Die entscheidenden Standortfaktoren, die die Einheiten voneinander abgrenzen, sind wiederum Feuchte und Stickstoff. Ebenso gibt es wieder einige "Ausreißer", die aufgrund einer gegenüber allen anderen Aufnahmen abweichenden Artenkombination relativ weit außen liegen.

Auch in der Ordination der 2. gegen die 3. Achse (siehe Abb. 20) sind die Einheiten bezüglich des Faktors Stickstoff gut aufgetrennt. Doch spielt hier auch der Reaktionsfaktor, der eine sehr hohe Korrelation mit der 3. Achse aufweist, eine wichtige Rolle, da er v.a. das *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit Säurezeigern von den anderen, bezüglich der 2. Achse ähnlich gelagerten Einheiten gut abtrennt.

Abbildungslegende (E = Ertlaufnahmen; W = Wiederholungsaufnahmen)		
E	W	Einheit
○	●	Pulsatillo-Caricetum sesleretosum
□	■	Pulsatillo-Caricetum typicum
◇	◆	Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis
▽	▲	Gentiano-Koelerietum typicum, typische Var.
△	▴	Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Säurezeigern
□	■	Brometalia-Fragmentgesellschaft

Die Umweltvariablen haben im Nullpunkt durchschnittlichen Wert und nehmen in Richtung des Vektors zu.

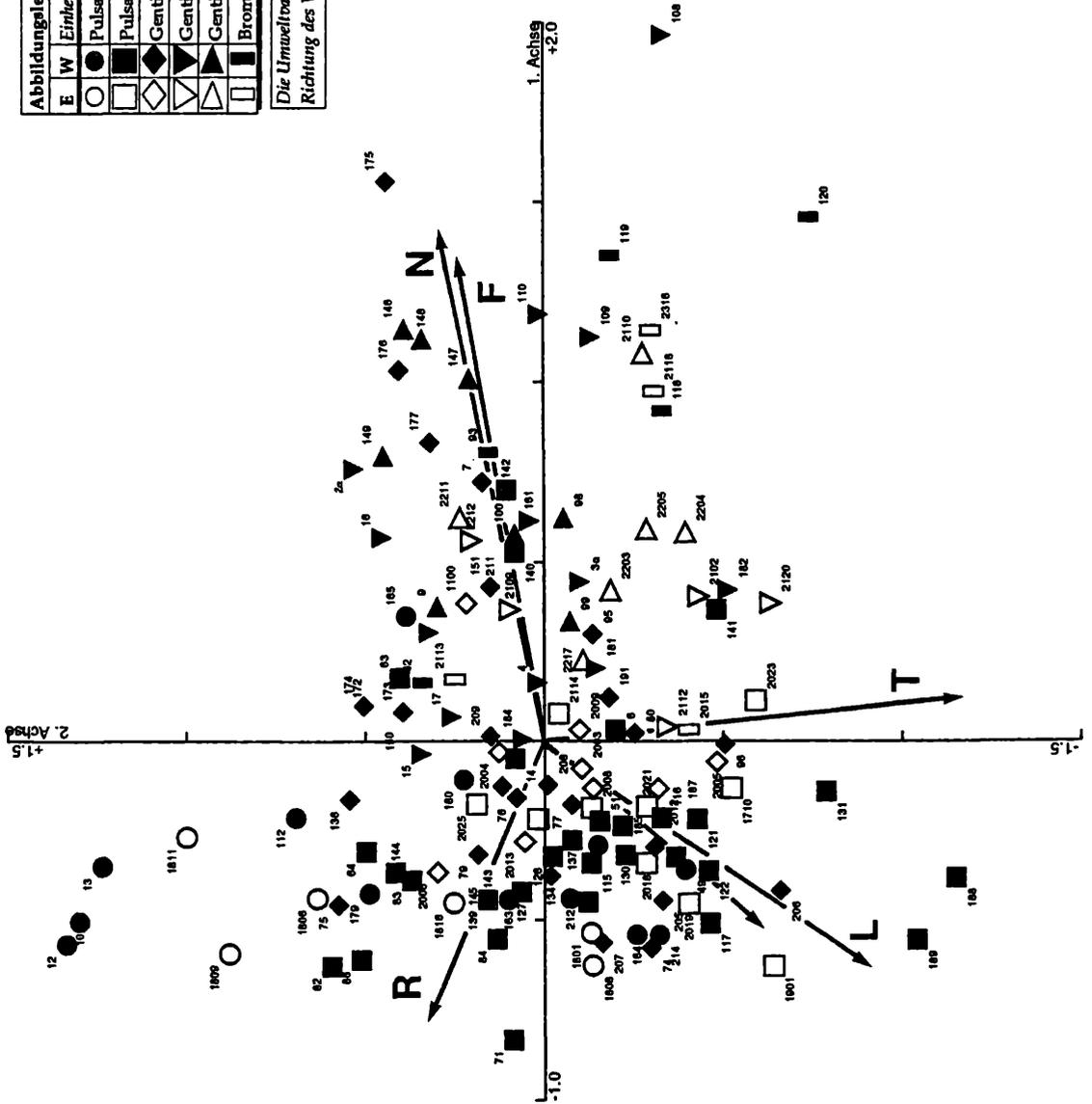


Abbildung 19

Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN): 1. gegen 2. Achse. Dargestellt sind die Lage der Aufnahmen und die Vektoren der mittleren ELLENBERG-Zeigerwerte als Umweltvariablen.

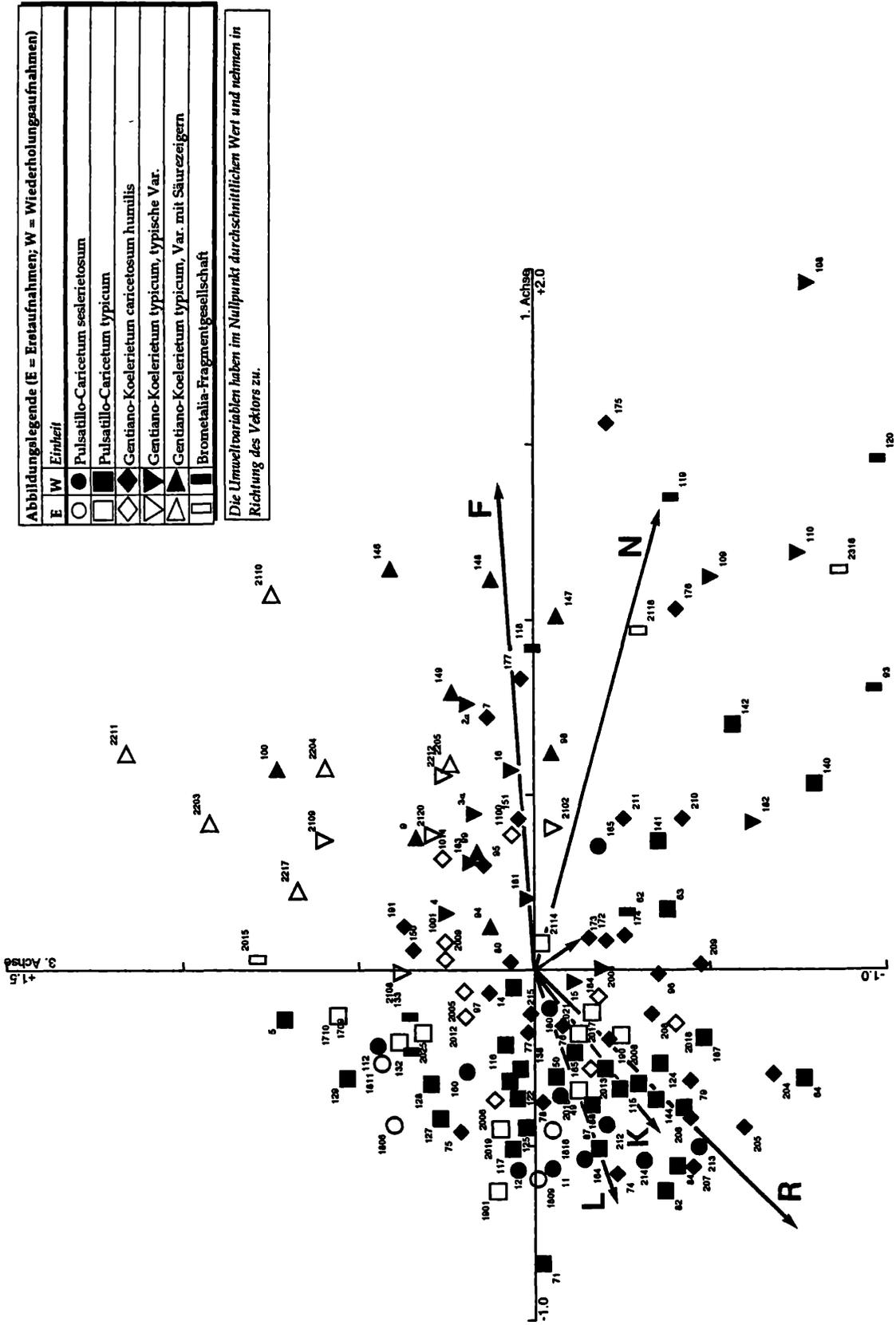


Abbildung 20

Ordination (CCA) der Aufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN): 1. gegen 3. Achse.

Dargestellt sind die Lage der Aufnahmen und die Vektoren der mittleren ELLENBERG-Zeigerwerte als Umweltvariablen.

### Vergleich Erst- und Wiederholungsaufnahmen

Die Punkte der Wiederholungsaufnahmen der jeweiligen pflanzensoziologischen Einheiten sind zwar gegenüber denjenigen der Erstaufnahmen verschoben (siehe Abb. 19 und 20), doch sind die Lageunterschiede weit geringer als beim Vergleich mit GAUCKLER. Allerdings können in den genannten Abbildungen aus technischen Gründen (zu starke Überlappung der Symbole) nicht alle Aufnahmen dargestellt werden.

Bei den Umweltvariablen zeigen, wenn man die Erst- und Wiederholungsaufnahmen insgesamt betrachtet, v.a. die Stickstoff- und Feuchtefaktoren eine geringere Korrelation mit der Lageverschiebung als bei GAUCKLER. Auf interpretierbare Veränderungen kann erst bei der Betrachtung der Aufnahmepaare geschlossen werden.

### Veränderungstendenzen im Vergleichszeitraum (Abb. 21)

Um die stattgefundenen Veränderungen sichtbar zu machen, wurden in den Diagrammen der Abb. 21 a-d jeweils die Erst- mit den zugehörigen Wiederholungsaufnahmen durch Linien verbunden und die Umweltvariablen als Vektoren eingetragen. Dabei zeigte sich, daß die Aufnahmepaare in den Veränderungstendenzen weniger gut übereinstimmten als beim Vergleich mit GAUCKLER (siehe Kap. 3.5.1). Um Tendenzen überhaupt erkennen zu können, war es notwendig, aus den Aufnahmen diejenigen Paare auszuwählen, die sich im Diagramm durch relativ einheitliche Richtungsverschiebungen auszeichnen. Teilweise zeigten nur einige, nicht aber alle der Wiederholungsaufnahmen eine gemeinsame Lageverschiebung bezüglich der entsprechenden Erstaufnahme, die sich als gleichförmige Standortveränderung interpretieren ließ. Derartige Aufnahme-"paare" wurden aufgespalten, so daß derjenige Teil mit übereinstimmender Tendenz zusammen in einem Diagramm und die restlichen Aufnahmen in Abb. 21 d dargestellt werden, weshalb in dieser Ausbildung Aufnahme-"paare" mit uneinheitlichen Veränderungstendenzen enthalten sind. Auf die Gründe dafür wird bei der Diskussion der jeweiligen Diagramme näher eingegangen.

Es entstanden dadurch insgesamt vier Diagramme (Abb. 21 a-d), die im folgenden näher erläutert und interpretiert werden. Weitergehende Interpretationen bezüglich der möglichen Ursachen der Veränderungen werden in Kap. 4 gegeben.

#### Zu Abb. 21 a

Die in diesem Diagramm dargestellten Aufnahmepaare zeigen als klare, übereinstimmende Tendenz eine Veränderung in Richtung zunehmender Stickstoff- und Feuchtwerte. Allein Aufnahme-Nr. 120 weicht aufgrund angestiegener Temperaturwerte etwas ab. Als Ursachen für die Veränderung lassen sich Einflüsse einer Verbrachung (Streukumulaton, dadurch zunehmende Feuchtigkeit und verringerte Austrocknung) und Eutrophierung (Deposi-

tion von Stickstoffverbindungen, dadurch verbesserte Nährstoffversorgung, Zunahme der Biomasse und des Streuanfalls) vermuten.

Diese Tendenzen treten in Aufnahmen aller pflanzensoziologischen Einheiten auf. Einzelne Aufnahmepaare zeigen auch erstaunlich wenig Veränderungen (die zu den Erstaufnahmen Nr. 2019 und 2217 gehörigen Aufnahmen) in der Artenkombination.

#### Zu Abb. 21 b

Die hier dargestellten Aufnahmepaare zeigen übereinstimmend eine Richtungsverschiebung in den oberen Bereich des Diagramms (bei Darstellung der 1. und 2. Achse). Dies ist im wesentlichen mit einer deutlichen Abnahme der Temperaturwerte, weniger stark auch mit der Abnahme der Lichtwerte korreliert, während Stickstoff- und Feuchtwerte fast gleich bleiben (die Vektoren verlaufen senkrecht zu den Veränderungsrichtungen). Auch hier sind die Ursachen in den Auswirkungen der Verbrachung und Eutrophierung zu suchen, die u.a. im Aufbau einer von höherwüchsigen Arten dominierten, dichteren und weniger lückenreichen Bestandesstruktur bestehen (Zunahme von Saumarten, von Verbrachungszeigern v.a. hochwüchsige Gräser, wie *Arrhenatherum elatius* oder *Dactylis glomerata*, die zugleich auch von einer Eutrophierung profitieren - und von biomassereichen, starkwüchsigen Fettwiesenarten). Dadurch wird die scharfe Austrocknung des Oberbodens, die die kurzrasigen, lückenreichen, beweideten Magerrasen auszeichnet, deutlich vermindert.

Auch hier treten die dargestellten Tendenzen in allen pflanzensoziologischen Einheiten auf. Wenn allerdings die Ursachen für die Veränderungen in einer Verbrachung bzw. Eutrophierung zu suchen sind, so erscheint es merkwürdig, warum dann nicht auch die Stickstoff- und Feuchtwerte zunehmen, wie dies theoretisch zu vermuten wäre (siehe Interpretation zu Abb. 21 a). Eine mögliche Erklärung wäre darin zu sehen, daß in den Wiederholungsaufnahmen eine Zunahme der Stickstoff- und Feuchtwerte durch andere Arten mit entsprechend niedrigeren Werten überdeckt würde, weil z.B. die Zeigerwerte für diese Arten nicht genau genug auf den Standort, die Region oder auf Ökotypen eingehen (siehe dazu KOWARIK & SEIDLING 1989).

#### Zu Abb. 21 c

Eine Verschiebung der Lage der Aufnahmen entweder nach unten oder nach links (bezüglich der 1. und 2. Ordinationsachse) kennzeichnet die hier dargestellten Aufnahmepaare. Ersteres ist am stärksten mit einer Zunahme der Temperatur-, abgeschwächt auch der Lichtwerte korreliert, während wiederum (wie bei Abb. 21 b) die Stickstoff- und Feuchtwerte fast gleich bleiben (siehe dazu oben). Dies läßt sich nicht mit den oben herangezogenen Erklärungen nachvollziehen. Hier scheint es sich vielmehr um "zu gut" gewählte Aufnahmeflächen bei den Wiederholungsaufnahmen zu handeln, die also in Be-



Abbildungslegende (E = Erstaufnahmen; W = Wiederholungsaufnahmen)		
E	W	Einheit
○	●	Pulsatillo-Caricetum seslerietosum
□	■	Pulsatillo-Caricetum typicum
◇	◆	Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis
▽	▲	Gentiano-Koelerietum typicum, typische Var.
△	▴	Gentiano-Koelerietum typicum, Var. mit Säureeigern
□	■	Brometalia-Fragmentengesellschaft

Die Umweltvariablen haben im Nullpunkt durchschnittlichen Wert und nehmen in Richtung des Vektors zu. Dargestellt sind die Erstaufnahmen und die jeweils zugehörigen Wiederholungsaufnahmen.

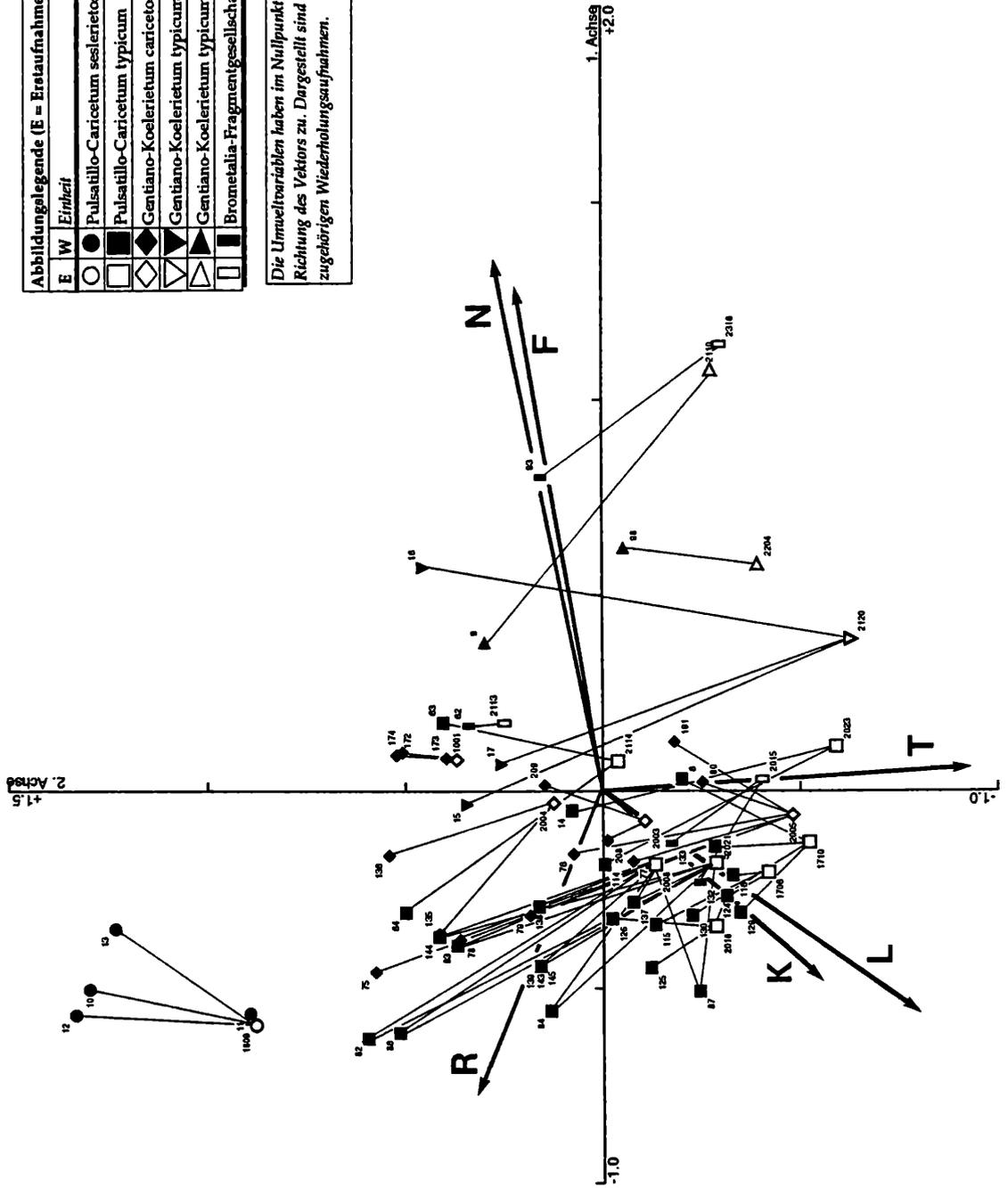


Abbildung 21b

Ordination (CCA) und Veränderungstendenzen ausgewählter Erst- und Wiederholungsaufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN): 1. gegen 2. Achse

Abbildungslegende (E = Erstaufnahmen; W = Wiederholungsaufnahmen)		
E	W	Einheit
○	●	Pulsatillo-Caricetum seslerietosum
□	■	Pulsatillo-Caricetum typicum
◇	◆	Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis
▽	▲	Gentiano-Koelerietum typicum, typische Var.

Die Umweltvariablen haben im Nullpunkt durchschnittlichen Wert und nehmen in Richtung des Vektors zu. Dargestellt sind die Erstaufnahmen und die jeweils zugehörigen Wiederholungsaufnahmen.

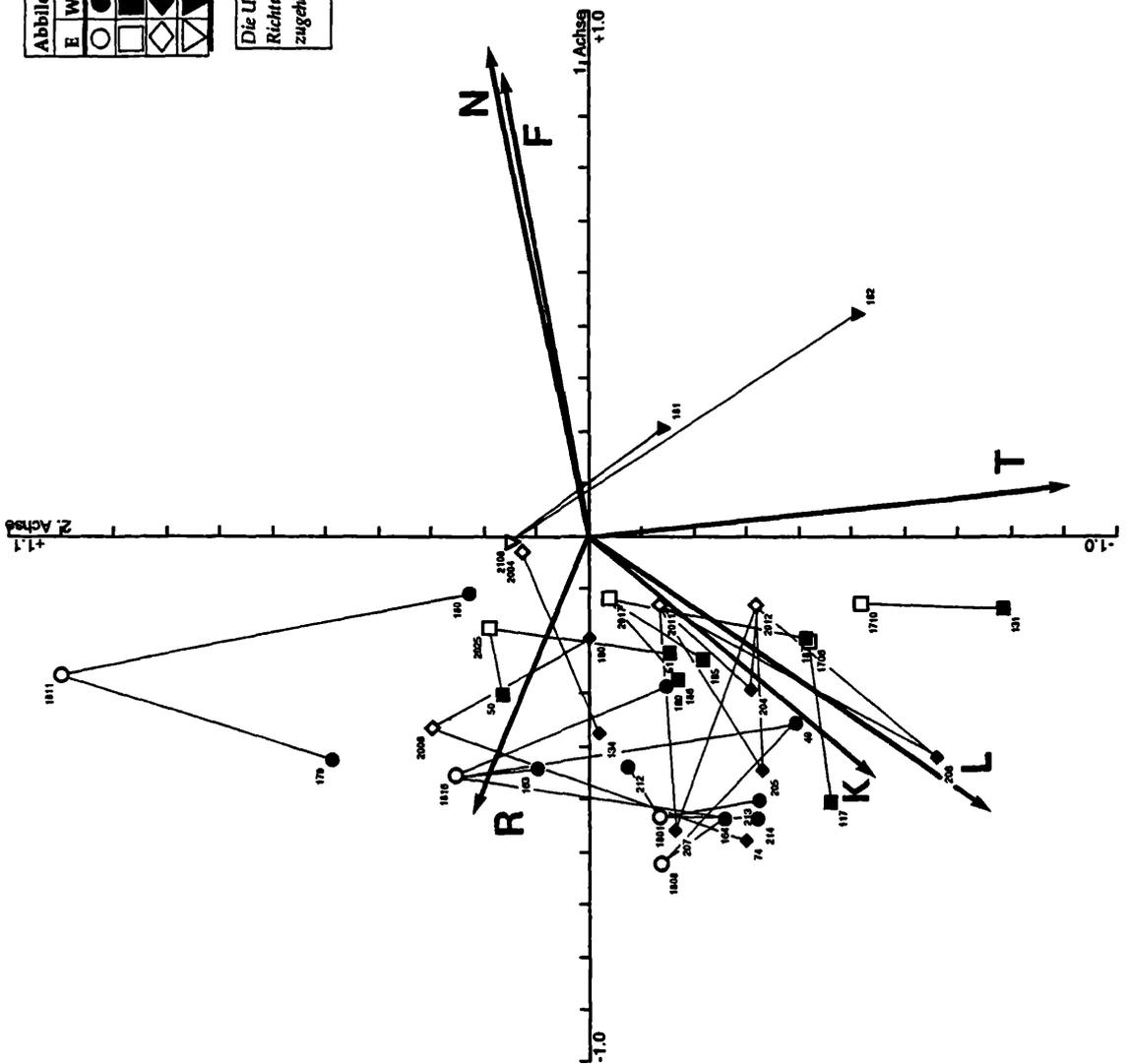


Abbildung 21c

Ordination (CCA) und Veränderungstendenzen ausgewählter Erst- und Wiederholungsaufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN): 1. gegen 2. Achse

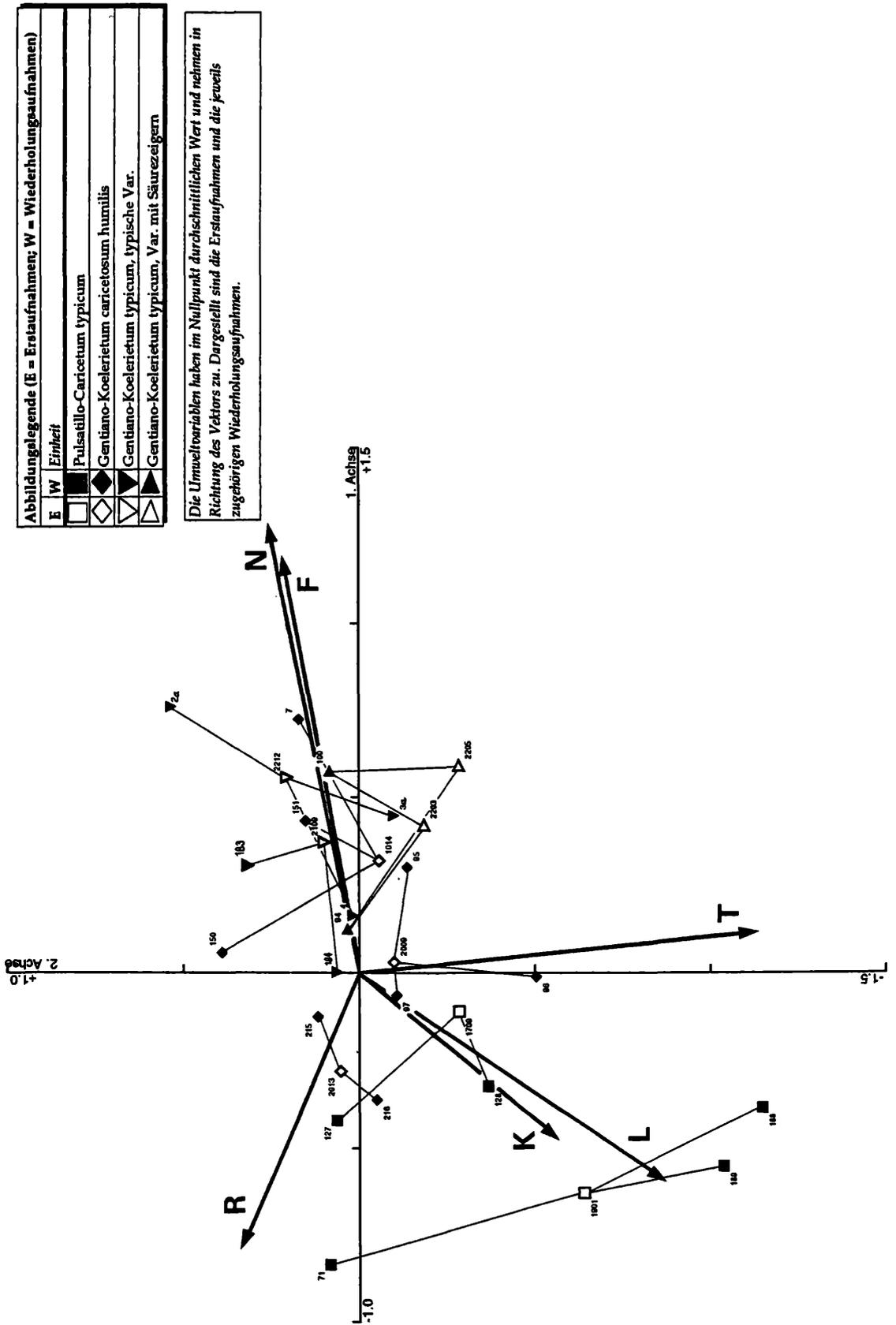


Abbildung 21d

Ordination (CCA) und Veränderungstendenzen ausgewählter Erst- und Wiederholungsaufnahmen aus dem Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN): 1. gegen 2. Achse

ständen durchgeführt wurden, die etwas lückenreicher und kurzrasiger als zum Zeitpunkt der Erstaufnahmen waren (siehe dazu auch Kap. 2.2.1.2 und 3.6.2).

Die zweite Tendenz (Linksverschiebung), die nur auf einen kleinen Teil der Aufnahmepaare zutrifft (die Wiederholungsaufnahmen zu den Erstaufnahmen Nr. 1706, 2004, 2011 und 2012 sowie z.T. zu 2025), korreliert deutlich mit einer Abnahme der Stickstoff- und Feuchtwerte. Auch dies steht nicht im Einklang mit den allgemeinen Standortveränderungen, die beim Vergleich der Aufnahmepaare festgestellt wurden, sondern läßt die oben dargestellten Abweichungen bei der Wahl der Aufnahmeflächen als Ursache vermuten. Hinzu kommt, da die Veränderungen nur relativ gering sind (die Aufnahmepunkte haben sich nur wenig verändert), als weiterer Aspekt der kürzere Vergleichszeitraum in Betracht (siehe dazu auch Kap. 3.3.1.2). Da sich verbrachte Magerrasen auch über einen längeren Zeitraum hinweg kaum verändern (siehe Kap. 4.2), bleibt die Artenkombination relativ ähnlich. Es können dann relativ kleine Unterschiede in der Artenkombination für eine Lageveränderung im Ordinationsdiagramm entscheidend sein, so daß dadurch einzelne Zusammenhänge mit den Umweltfaktoren etwas zu stark herausgestellt werden.

Die dargestellten Veränderungstendenzen treten in allen pflanzensoziologischen Einheiten, außer im *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit Säurezeigern und in der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft auf.

Abweichend verhalten sich die Aufnahmen Nr. 49, 160 und 163 bezüglich der Erstaufnahme Nr. 1808. Bei der Auswertung wurden die sehr ähnlichen, benachbart liegenden Erstaufnahmen Nr. 1808 und Nr. 1816 und die zugehörigen Wiederholungsaufnahmen jeweils zusammengefaßt. Im Ordinationsdiagramm kommen beide Erstaufnahmen jedoch etwas unterschiedlich zu liegen. Während die Veränderungstendenzen bezüglich Aufnahme Nr. 1816 gut mit dem Gesamtbild des Diagramms übereinstimmen, ergeben sich bezüglich Nr. 1806 leichte Abweichungen. Die Artenkombination hat sich hier eher in Richtung zunehmender Stickstoff- und Feuchtezahl als abnehmender Temperatur- und Lichtzahl verändert und entspricht damit der in Abb. 21 a dargestellten Tendenz. Dennoch wurden beide "Paare", da zusammengehörig, hier in einem Diagramm dargestellt.

#### **Zu Abb. 21 d**

Ähnlich wie in Abb. 16 c (siehe Kap. 3.5.1) sind in diesem Diagramm diejenigen restlichen Aufnahme"paare" zusammengestellt, die uneinheitliche Veränderungstendenzen zeigen, ohne daß eine eindeutige Richtung vorherrschen würde. Nicht immer handelt es sich dabei um vollständige "Paare" Manchmal zeigten vielmehr nicht alle Wiederholungsaufnahmen zu einer Erstaufnahmen gleichmäßig einheitlich Veränderungstendenzen, sondern nur die Mehrheit, während sich einzelne Wiederho-

lungsaufnahmen abweichend verhielten. Diese wurden dann - zusammen mit der jeweiligen Erstaufnahme - ebenfalls im Diagramm der Abb. 21 d der Vollständigkeit halber dargestellt, während der Rest der zugehörigen Wiederholungsaufnahmen in den Abb. 21 a bis c zu finden ist. Derartige "diffuse" Veränderungstendenzen sind im *Pulsatillo-Caricetum typicum* und in allen Einheiten des *Gentiano-Koelerietum* zu finden.

**Zusammenfassend** kann festgehalten werden, daß für die klaren Veränderungstendenzen (siehe Abb. 21 a und b) grundsätzlich die gleichen Ursachen plausibel gemacht werden können wie beim Vergleich mit GAUCKLER: die Lageveränderungen der Aufnahmen korrelieren am besten mit einer Zunahme der Stickstoff- und der Feuchtwerte und einer (weniger deutlichen) Abnahme der Lichtwerte. Allerdings gilt dies nicht, wie bei GAUCKLER, für die überwiegende Mehrzahl, sondern nur für einen Teil der Aufnahmepaare. Anders als dort lassen sich die Veränderungen auch nicht auf bestimmte pflanzensoziologische Einheiten beschränken, sondern treffen jeweils auf Aufnahmepaare aller Einheiten zu. Dies bestätigt die in Kap. 3.3.1.2 geschilderte Einschätzung, daß sich die Einheiten bereits zum Zeitpunkt der Erstaufnahmen weniger klar in der Artenkombination - und vom Standort her! - voneinander unterscheiden, so daß auch die Veränderungen gleichförmiger ablaufen. Als Grund dafür ist v.a. die bereits vor diesem Aufnahmezeitraum vollzogene Nutzungsumstellung anzuführen.

### **3.6 Veränderungen in der pflanzensoziologischen Zuordnung der untersuchten Bestände**

Durch die Veränderungen in der Artenkombination bei den Wiederholungsaufnahmen haben sich nicht nur Verschiebungen bei den ökologisch-pflanzensoziologischen Artengruppen ergeben, sondern auch bei den diagnostischen Arten, die zur pflanzensoziologischen Einordnung der für die Untersuchung ausgewählten Erstaufnahmen herangezogen wurden (siehe Kap. 3.1). Daher kann die Zuordnung der Aufnahmen zu den jeweils 6 Einheiten, wie sie sich für die Erstaufnahmen ergeben hat, bei den Wiederholungsaufnahmen teilweise nicht mehr beibehalten werden. Ein Teil der Aufnahmen läßt sich zwar noch den gleichen Einheiten zuordnen, andere haben sich jedoch in ihrer pflanzensoziologischen Stellung gegenüber den Erstaufnahmen mehr oder weniger stark verändert. Dies soll in den folgenden beiden Abschnitten dargestellt und kurz diskutiert werden. Um die Veränderungen zu erfassen, wurden die Wiederholungsaufnahmen unter Verwendung der gleichen Charakter- bzw. Differentialarten wie zur Gruppierung der Erstaufnahmen gegliedert, also unabhängig von ihrer flächenmäßigen Zuordnung zu den jeweiligen Erstaufnahmen, und die so entstandenen Einheiten anschließend mit denjenigen der Erstaufnahmen verglichen.

Auch wenn das vorliegende Aufnahmematerial reichhaltig ist und einen breiten geographischen Raum repräsentiert, muß betont werden, daß es sich bei der hier wiedergegebenen pflanzensoziologischen Gliederung keinesfalls um einen auch nur einigermaßen vollständigen Überblick über alle Ausbildungen oder gar um Sukzessionsreihen der jeweiligen Einheiten handelt, da die Aufnahmeflächen nur nach bestmöglicher Übereinstimmung mit den Erstaufnahmen ausgewählt wurden.

Grundsätzlich läßt sich für beide Vergleichszeiträume feststellen, daß die Einheiten in den Wiederholungsaufnahmen durch den Ausfall bzw. die Abnahme von Kenn- und Differentialarten weniger klar und differenziert ausgeprägt sind als in den Erstaufnahmen. Relativ wenig Veränderungen ergaben sich dagegen bei den Kennarten höherer Syntaxa, also den Verbands-, Ordnungs- und Klassencharakterarten, sowie bei den Bezeichnenden Begleitarten.

Dies liegt sicher v.a. an der nachlassenden Nutzung, durch die eine Verwischung der "Stufen" oder "Grenzen" innerhalb des Standortgradienten resultiert. Die Eutrophierung durch luftgetragene Schadstoffe verstärkt dies zusätzlich, da sie alle Einheiten beeinflußt und daher die unterschiedlichen Standorte tendenziell nivelliert werden. Dadurch wird eine Zuordnung der Wiederholungsaufnahmen zu bestehenden bzw. eine Einordnung in neue Einheiten stark erschwert; dies v.a. auch deshalb, da es sich bei den Beständen um Stadien handelt, die durch vielfältige, mehr oder weniger gleitende Übergänge miteinander verbunden sind, ähnlich wie bei Brachestadien anderer Gesellschaften. Mehrere andere Autoren haben dies für Magerrasen oder vergleichbare Pflanzenformationen, die nicht mehr der traditionellen Nutzungsweisen unterliegen oder in denen deren Intensität deutlich abgenommen hat, ebenfalls dargestellt, so etwa OBERDORFER (1978: 111 ff.), WITSCHER (1980: 65, 84) oder ROSENTHAL & MÜLLER (1988: 93).

Insgesamt bleiben die feststellbaren Veränderungen jedoch aufgrund der Methodik (standorthomologe Auswahl der Aufnahmeflächen) relativ gering und deuten nur Tendenzen an. Auf markierten Dauerflächen wäre im gleichen Vergleichszeitraum sicher mit weitaus deutlicheren Umschichtungen zu rechnen.

### 3.6.1 Veränderungen in der pflanzensoziologischen Zuordnung der Bestände im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER / HAGEN)

Die Veränderungen werden im folgenden in der Reihenfolge der Einheiten der Erstaufnahmen (siehe Tab. 6, im Anhang) behandelt, so wie auch die Aufnahmen in Tab. 7 (im Anhang) angeordnet wurden. Insgesamt ergibt sich aufgrund der vielschichtigen Veränderungen ein nicht leicht interpretierbares Bild, das im folgenden kurz skizziert wird. Tab.14 zeigt die neue Zuordnung der Wiederho-

lungsaufnahmen, Abb. 22 bringt eine Übersicht der Veränderungen auf Gesellschaftsebene.

#### 1. *Brometalia-Fragmentgesellschaft*:

Anmerkung: Bei den Aufnahmen dieser Einheit (und den nun hierzu gerechneten Wiederholungsaufnahmen) kann nicht von einer standörtlich einheitlichen, eindeutig gefaßten Gruppe gesprochen werden. Vielmehr handelt es sich um Aufnahmen, die zwar der Ordnung *Brometalia*, innerhalb dieser aber keiner spezifischen Einheit zugeordnet werden.

Aufgrund des Vorhandenseins oder Fehlens der Differentialartengruppen mit *Potentilla cinerea* und *Leontodon hispidus* lassen sich bei den Wiederholungsaufnahmen 3 Gruppen unterscheiden: Erstens Aufnahmen nur mit der *Potentilla cinerea*-Gruppe, die außerdem reich an Lückenzeigern ist; zweitens eine Gruppe, die zusätzlich *Leontodon hispidus* enthält, der aber die meisten Saum- und Fettwiesenarten fehlen; drittens die Aufnahmen ohne die beiden genannten "Differentialartengruppen", die sich außerdem durch den Mangel an Lückenzeigern abhebt.

Einige Aufnahmen können außerdem dem *Gentiano-Koelerietum typicum* in der typischen und der Variante mit *Leontodon hispidus* zugerechnet werden, eine weitere Aufnahme dem *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*.

#### 2. *Pulsatillo-Caricetum typicum*:

Die meisten Wiederholungsaufnahmen zu dieser Einheit lassen sich auch weiterhin eindeutig als *Pulsatillo-Caricetum typicum* ansprechen.

Eine kleinere Gruppe von 3 Aufnahmen weicht durch das Vorhandensein von *Cirsium acaule* davon ab. Rein pflanzensoziologisch betrachtet, könnte sie als Übergangsstadium zwischen *Pulsatillo-Caricetum typicum* (verarmt) und *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Potentilla cinerea* betrachtet werden.

Einige Aufnahmen können nun dem *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* zugeordnet werden. Dies unterstreicht, wie auch schon in Kap. 3.1.1 angedeutet, die standörtliche Nähe dieser Einheit zum *Pulsatillo-Caricetum* einerseits wie zum *Gentiano-Koelerietum typicum* andererseits.

Einzelne Aufnahmen können weiteren, anderen Einheiten zugeordnet werden (siehe Abb. 22).

Einer größeren Gruppe von Aufnahmen fehlen die diagnostisch wichtigen Arten, so daß sie nun der *Brometalia-Fragmentgesellschaft* zuzuordnen sind.

#### 3. *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*:

Auch hier kann der größte Teil der Wiederholungsaufnahmen weiterhin dieser Einheit zugerechnet werden. Es ist jedoch deutlich zwischen einer Ausbildung mit den Charakterarten des *Pulsatillo-Caricetum* und einer ohne diese, de-



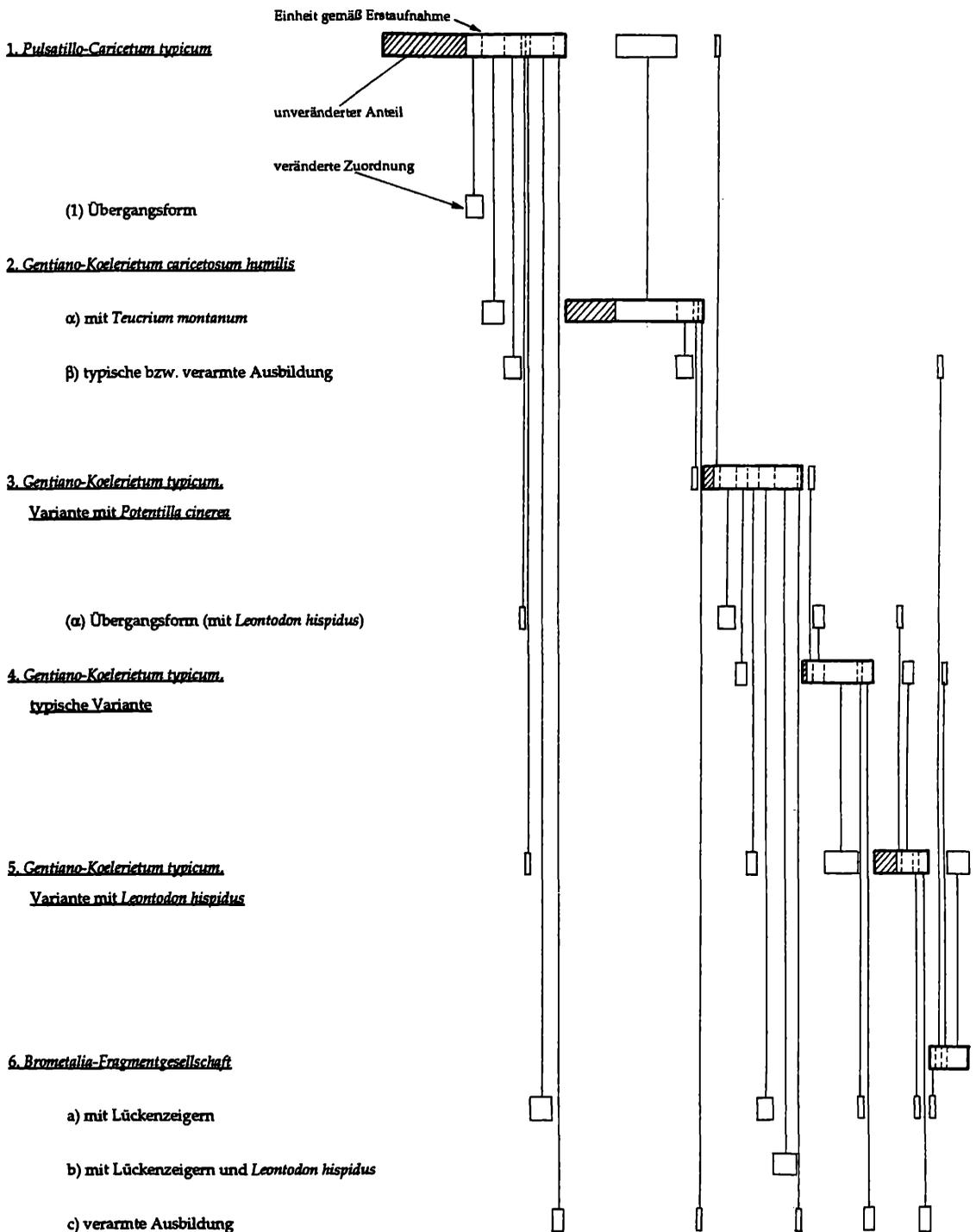


Abbildung 22

Veränderungen in der pflanzensoziologischen Zuordnung der untersuchten Bestände im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)

Anmerkung: Die Breite der Kästchen entspricht immer der Aufnahmeanzahl der jeweiligen Einheit (1 mm pro Aufnahme).

nen zusätzlich eine Artengruppe mit *Teucrium chamaedrys* fehlt, zu erkennen.

Eine größere Gruppe von Aufnahmen kann, v.a. aufgrund des Fehlens von *Cirsium acaule*, dem *Pulsatillo-Caricetum* zugeordnet werden.

Zwei weitere Aufnahmen können zu anderen Einheiten des *Gentiano-Koelerietum typicum* gestellt werden.

**4. *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Potentilla cinerea*:**

Die Aufnahmen dieser Gruppe können einer Vielzahl von anderen Einheiten zugerechnet werden, während nur wenige in dieser Einheit verbleiben können (siehe Abb. 22).

Innerhalb der Einheit läßt sich ein Übergangsstadium zum *Gentiano-Koelerietum typicum* in der Variante mit *Leontodon hispidus* abtrennen.

**5. *Gentiano-Koelerietum typicum*, typische Variante:**

Nur 1 Aufnahme kann noch zur entsprechenden Einheit der Erstaufnahmen gerechnet werden.

Die anderen Aufnahmen verteilen sich nun auf andere Einheiten des *Gentiano-Koelerietum typicum* sowie auf die *Brometalia*-Fragmentgesellschaft.

**6. *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit *Leontodon hispidus*:**

Knapp die Hälfte der Wiederholungsaufnahmen lassen sich weiterhin hierzu stellen.

Die übrigen Aufnahmen werden - bis auf eine - ebenfalls anderen Einheiten des *Gentiano-Koelerietum typicum* und der *Brometalia*-Fragmentgesellschaft zugerechnet.

### Zusammenfassende Beurteilung

Unter den herrschenden Bracheverhältnissen läßt sich nur noch ein Teil der Aufnahmen zu den gleichen Einheiten wie die zugehörigen Erstaufnahmen rechnen. Dies gilt für den überwiegenden Teil des *Pulsatillo-Caricetum typicum* und des *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*, also den beiden Einheiten auf den trockeneren Standorten, jedoch nur für jeweils wenige Aufnahmen der anderen Einheiten.

Viele Aufnahmen können dagegen aufgrund ihrer stark eingeschränkten "typischen" Artenkombination nur noch als Fragmentgesellschaften angesprochen werden, eine Einordnung in das bestehende pflanzensoziologische System ist kaum möglich.

Weiterhin fällt auf, daß sich die "Einheiten" z.T. stark aufgespalten haben, es lassen sich nun Übergangsgesellschaften erkennen, die von der Artenkombination her jeweils Charakteristika zweier oder mehrerer existierender Einheiten besitzen. Auch dies kann durch die oben erwähnte "Verwischung" der prägenden Standortbedin-

gungen aufgrund der Brache und Eutrophierung erklärt werden.

### 3.6.2 Veränderungen in der pflanzensoziologischen Zuordnung der Bestände im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI / HAGEN)

Die Veränderungen bei den Wiederholungsaufnahmen werden im folgenden in der Reihenfolge der Einheiten der Erstaufnahmen behandelt (siehe Tab. 8). Tab. 15 a und Abb. 23 zeigen wiederum eine Zusammenstellung der Veränderungen auf Gesellschaftsebene.

**1. *Pulsatillo-Caricetum seslerietosum*:**

Der größte Teil dieser Bestände kann auch bei den Wiederholungsaufnahmen noch dieser Einheit zugeordnet werden. Die Differentialartengruppe ist allerdings etwas weniger stet vertreten, manchmal besteht sie nur noch aus *Sesleria albicans*.

In drei Aufnahmen fehlt die Differentialartengruppe mit *Sesleria* fast völlig, sie besitzen aber die Charakterarten der Assoziation und lassen sich daher sowie aufgrund der weiteren Artenausstattung zwanglos dem *Pulsatillo-Caricetum typicum* angliedern.

Problematisch ist die Einordnung von zwei der restlichen Aufnahmen (Nr. 112 und 165), die zwar noch Reste der genannten Differentialartengruppe besitzen, aber weder durch die Charakterarten des *Pulsatillo-Caricetum* noch des *Gentiano-Koelerietum* gekennzeichnet sind. Sie sind als *Brometalia*-Fragmentgesellschaft aufzufassen und können zu einer durch *Carex humilis* und einer Artengruppe mit *Bromus erectus* gekennzeichneten Ausbildung gestellt werden. Eine Aufnahme (Nr. 213) ist durch das Auftreten sowohl der Charakterarten des *Pulsatillo-Caricetum* wie des *Gentiano-Koelerietum* gekennzeichnet. Ähnliches trifft auch für einen Teil der Aufnahmen des "ehemaligen" *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* zu, zu dem diese Aufnahme in der Ausbildung mit den Charakterarten des *Pulsatillo-Caricetum* gestellt wurde.

**2. *Pulsatillo-Caricetum typicum*:**

Der größte Teil der Wiederholungsaufnahmen kann weiterhin dieser Einheit zugeordnet werden.

Eine Aufnahme (Nr. 72) kann wegen des Auftretens von *Sesleria* als zum *Pulsatillo-Caricetum seslerietosum* gehörig betrachtet werden.

Einem weiteren Teil fehlen die Charakterarten der Assoziation. Dies galt zwar auch schon für die beiden zugrundeliegenden Erstaufnahmen, doch konnten diese aufgrund der restlichen Artenkombination zum *Pulsatillo-Caricetum ty-*



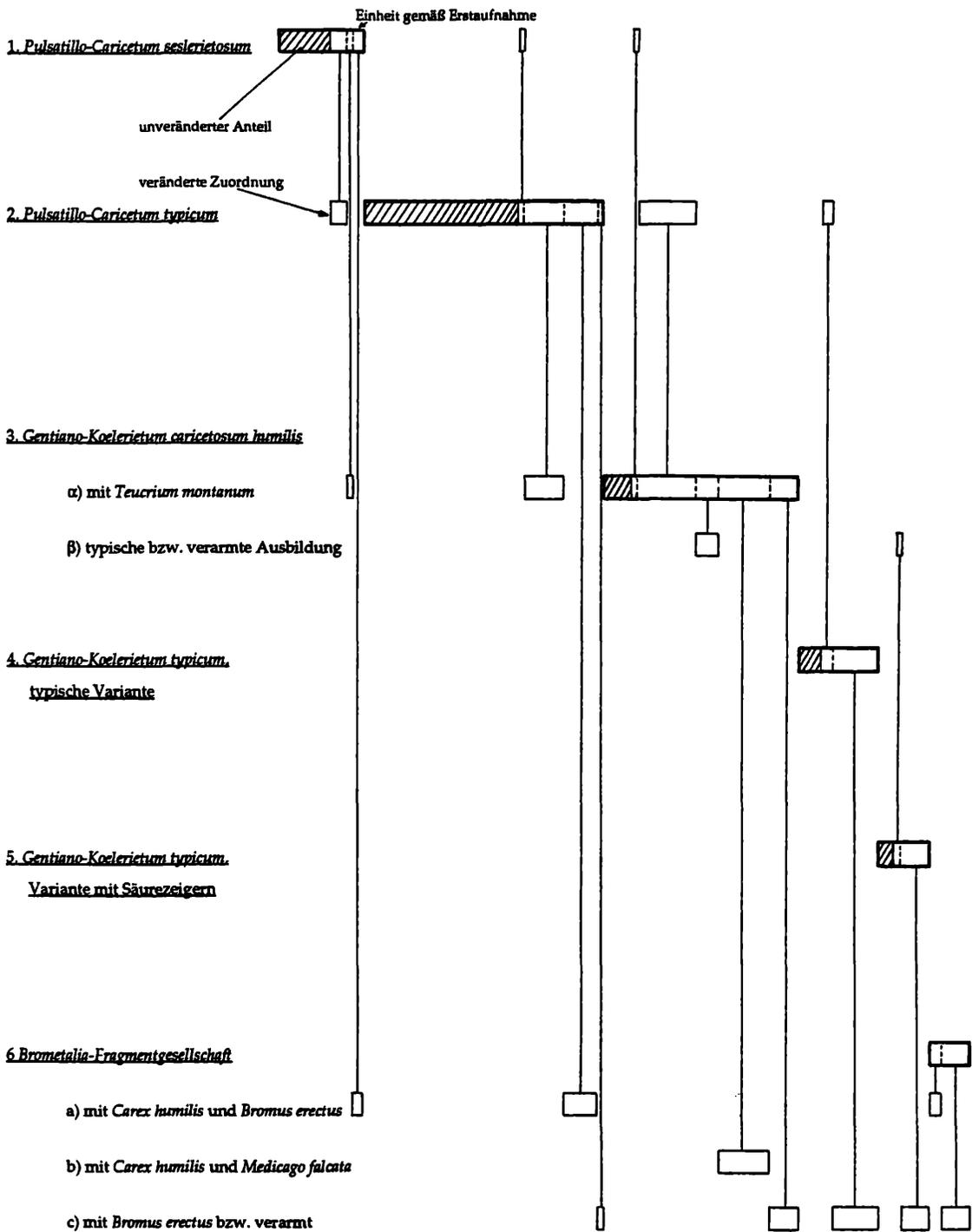


Abbildung 23

Veränderungen in der pflanzensoziologischen Zuordnung der untersuchten Bestände im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)

Anmerkung: Die Breite der Kästchen entspricht immer der Aufnahmezahl der jeweiligen Einheit (1 mm pro Aufnahme).

*picum* gestellt werden, was für die Wiederholungsaufnahmen nicht mehr begründet erscheint. Sie werden daher nun der *Brometalia-Fragmentgesellschaft* zugeordnet.

Mehrere Aufnahmen sind durch das Auftreten von *Teucrium montanum* und *Globularia punctata* als Ausbildung des *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* gekennzeichnet, die durch das Auftreten der Kennarten des *Pulsatillo-Caricetum* mit *Teucrium montanum* von der typischen Ausbildung dieser Subassoziation differenziert ist.

### 3. *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*:

Weniger als die Hälfte der Aufnahmen können noch dieser Einheit zugerechnet werden. Eigentlich handelt es sich hier um ein Übergangsstadium zwischen dieser Einheit und dem *Pulsatillo-Caricetum typicum*, da dessen Charakterarten überaus reich und hochstet (stärker als bei den Erstaufnahmen) vertreten sind.

Ein größerer Teil kann dem *Pulsatillo-Caricetum typicum* sowie die Nr. 215 dem *seslerietosum* zugeordnet werden (siehe dazu die entsprechende Bemerkung bei GAUCKLER).

Drei Aufnahmen sind zwar ähnlich wie die Erstaufnahmen gekennzeichnet, doch fehlen ihnen die Charakterarten des *Pulsatillo-Caricetum* (*Teucrium montanum* und *Globularia punctata*) als "zusätzliche Differentialarten". Sie werden daher als "verarmte Ausbildung" des *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* bezeichnet.

Einem großen Teil der Aufnahmen fehlen sämtliche Charakter- und Differentialarten, sie zeichnen sich allein noch durch das stete Auftreten von *Carex humilis* aus und können als *Brometalia-Fragmentgesellschaft* in einer Ausbildung mit *Carex humilis* bezeichnet werden.

Den vier restlichen Aufnahmen fehlen sämtliche Charakter- und Differentialarten, sie werden als *Brometalia-Fragmentgesellschaft* aufgefaßt.

### 4. *Gentiano-Koelerietum typicum*, typische Variante:

Etwa 1/3 der Aufnahmen lassen sich weiterhin als dieser Einheit zugehörig ansprechen.

Zwei Aufnahmen (Nr. 15 und 182) können nun dem *Pulsatillo-Caricetum typicum* zugeordnet werden.

Den restlichen Aufnahmen, also mehr als der Hälfte, fehlen sämtliche Charakter- und Differentialarten der Erstaufnahmen. Sie werden daher als *Brometalia-Fragmentgesellschaft* aufgefaßt.

### 5. *Gentiano-Koelerietum typicum*, Variante mit Säurezeigern:

Drei der Aufnahmen lassen sich weiterhin dieser Einheit zurechnen, die Arten der kennzeichnenden Differentialartengruppe sind jedoch weniger stark vertreten.

Eine Aufnahme (Nr. 99) kann dem *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* zugeordnet werden.

Die restlichen Aufnahmen - mehr als die Hälfte - sind wie die der vorigen Einheiten als ranglose *Brometalia-Fragmentgesellschaft* aufzufassen.

### 6. *Brometalia-Fragmentgesellschaft*:

Alle Aufnahmen dieser Einheit sind auch bei den Wiederholungsaufnahmen ohne kennzeichnende Charakter- oder Differentialarten, so daß sie weiterhin als *Brometalia-Fragmentgesellschaft* bezeichnet werden.

### Zusammenfassende Beurteilung

Insgesamt ist bei den Wiederholungsaufnahmen zu ZIELONKOWSKI folgendes auffällig:

Nur ein Teil der Aufnahmen läßt sich jeweils noch der ursprünglichen Einheit zuordnen. Bei den Einheiten auf den relativ trockenen Standorten (das *Pulsatillo-Caricetum*) macht dies einen Großteil (mehr als die Hälfte) der Aufnahmen aus, bei den Einheiten auf den frischeren Standorten (*Gentiano-Koelerietum*) ist der Anteil jedoch deutlich geringer als die Hälfte.

Relativ viele Aufnahmen sind schlechter gekennzeichnet ("verarmt") als zum Zeitpunkt der Erstaufnahmen. Diese Tendenz ist in allen Einheiten festzustellen, sie ist jedoch auf den frischeren Standorten (des *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* und, noch stärker, des *Gentiano-Koelerietum typicum*) sehr viel deutlicher ausgeprägt. Dort konnten viele Aufnahmen nur noch als *Brometalia-Fragmentgesellschaft* angesprochen werden.

Einige Aufnahmen (v.a. im *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*, teilweise auch im *Gentiano-Koelerietum typicum*) können heute Einheiten auf jeweils trockeneren Standorten zugeordnet werden. Dies ist kaum mit einer Standortveränderung zu begründen, sondern liegt wohl an der Art der Flächenfestlegung für die Wiederholungsaufnahmen, die offenbar "zu gut" (i.S.v. auf etwas zu trockenen Standorten und in zu lückigen Beständen, siehe dazu Kap. 2.2.1.2) erfolgte. Neben den in Kap. 3.3.1.2 und 3.3.2.4 angeführten Gründen, die alle vorwiegend auf dem kürzeren Vergleichszeitraum beruhen, stellt dieser Faktor einen weiteren dar, der bei der Interpretation der deutlich geringeren Veränderungen als im Vergleich mit GAUCKLER berücksichtigt werden muß (siehe auch Kap. 3.5.2).

### 3.7 Ergebnisse aus der Erhebung der Nutzungsgeschichte

Die Fragebögen zur Erhebung der Nutzungsgeschichte (siehe Kap. 2.3) wurden an insgesamt 14 Landratsämter (Untere Naturschutzbehörden) sowie auch direkt an die Grundstücksbesitzer versandt. Die Fragebögen wurden je nach Sachlage, Kenntnis-

stand und Personalauslastung sehr unterschiedlich genau ausgefüllt, nur von zwei Ämtern kam keine Antwort. Teilweise gab es nur sehr pauschale Angaben wie "Brache seit unbekannt", zum Teil aber auch sehr detaillierte mit Angabe der Häufigkeit und Zeitpunkt der Weidegänge. Entsprechend unterschiedlich fällt die Zusammenstellung der Ergebnisse der Umfrage bei den einzelnen Untersuchungsstellen aus. Sie findet sich als Liste 3 und 4 im Anhang. Manche Angaben sind insofern etwas problematisch und mit Vorsicht zu bewerten, da sie sich offenbar nicht genau auf die Aufnahmeflächen bezogen (obwohl deren Lage auf beigelegten MTB-Kopien genau eingetragen war), sondern auf benachbarte bzw. angrenzende Flächen. So wurde z.B. für die Untersuchungsstelle G 28 (Leidingshof) angegeben, daß dort Eichen und später Obstbäume gepflanzt wurden, was jedoch nur auf Bereiche am Hangfuß zutrifft, nicht jedoch auf den Hang selbst, wo die Vegetationsaufnahmen durchgeführt wurden. Solche Unstimmigkeiten könnten nur durch eine gezielte vor-Ort-Befragung mit den jeweiligen Besitzern geklärt werden, die jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt werden konnte. Nimmt man obige Einschränkungen in Kauf, so läßt die Analyse der Ergebnisse aus der Befragung dennoch einige interessante Schlüsse zu, die im folgenden kurz dargestellt werden.

### 3.7.1 Nutzungsgeschichte der Untersuchungsstellen von GAUCKLER

Berücksichtigt man die **Angaben zur Nutzung** der Flächen **bei GAUCKLER (1938)** - die wohl keiner Untersuchung, sondern größtenteils seiner eigenen Einschätzung entstammen -, so ergibt sich folgendes Bild (Prozentangaben sind jeweils auf die 36 für die Untersuchung ausgewählten Erstaufnahmen bezogen):

**28 (78%) der Flächen** wurden **ausschließlich beweidet**.

4 (11%) der Flächen wurden gemäht; davon wurden 3 gemäht und im Herbst beweidet, nur 1 (3%) Fläche wurde ausschließliche gemäht.

Nimmt man die Flächen hinzu, die nur im Herbst beweidet (und davor gemäht) wurden, dann wurde auf insgesamt 31 (86%) der Flächen eine Beweidung durchgeführt.

Für 4 (11%) der Flächen werden keine Angaben gemacht.

Wertet man **in den Fragebögen** zur Erhebung der Nutzungsgeschichte die **Angaben zur früheren Nutzung** aus, die sich in etwa auf den Zeitraum 1900 bis 1960 beziehen und den Aufnahmezeitraum GAUCKLERs mit umfassen, erhält man folgende Aussagen:

Auf insgesamt 18 (50%) der Flächen wurde **Weide** durchgeführt. Dabei wurden 15 (42%) Flächen ausschließlich beweidet, 1 (3%) Fläche gemäht und beweidet, 2 (6%) Flächen liegen

brach oder wurden beweidet (diese Angabe bezieht sich vermutlich auf einen längeren Zeitraum und die darin unterschiedliche Nutzung).

Auf 4 (11%) der Flächen weideten Schafe und Rinder, auf 1 (3%) Fläche ausschließlich und auf 1 weiteren meist Rinder, dazu teilweise Schafe. Alle restlichen Weideflächen wurden wohl überwiegend mit Schafen bestoßen, dies wird jedoch nur für einen Teil der Flächen angegeben.

**Nur 1 (3%) Fläche lag ausschließlich brach**; rechnet man die abwechselnd brachliegenden und beweideten Flächen hinzu, so gab es auf 3 (8%) der Flächen eine (zumindest zeitweise) Brache.

Auf 8 (22%) der Flächen fand, **zumindest in Teilbereichen oder zeitweise, eine Aufforstung** statt. Dazu fanden verschiedene Baumarten (Schwarzkiefer, Waldkiefer, Fichte, Lärche, Linde) Verwendung, z.T. wurden aber auch Obstbäume als Streuobstanlage oder Sträucher als Hecke gepflanzt.

Für 17 (47%) der Flächen werden **keine Angaben** gemacht.

Für die **heutige Nutzung** ergibt sich nach Auswertung der Angaben in den Fragebögen folgendes:

Auf 16 (44%) der Flächen wird - meist nach einer vorübergehenden, längeren Brache - inzwischen **wieder eine Beweidung** durchgeführt. Diese setzte durchschnittlich zwischen 1985 und 1990 ein, nur 1 Fläche wird bereits seit den 60er Jahren extensiv beweidet.

Auf 5 (14%) der Flächen wird eine Mahd durchgeführt. 3 weitere Flächen werden zwar beweidet, zumindest aber auf Teilflächen auch gemäht, so daß insgesamt 8 (22%) der Flächen heute z.T. gemäht werden.

Für 18 (50%) der Flächen werden **keine Angaben** gemacht.

Die Beweidungsintensität heute ist etwa um 1/3 bis die Hälfte geringer als zu Zeiten GAUCKLERs einzuschätzen. Damals waren durchschnittlich 3 Weidegänge pro Jahr üblich, heute sind es in der Regel nur 1 - 2. Ob früher auch andere Schafrassen als heute verwendet wurden, läßt sich aus den Ergebnissen nicht ablesen, hätte jedoch ebenfalls einen nicht unerheblichen Einfluß auf die Qualität der Beweidung (siehe Kap. 4.1.1).

Interessant ist außerdem, daß die Hauptphase der Brache übereinstimmend mit ca. 1960 bis 1980 angegeben wird. Erst danach fand - meist im Zuge einer geänderten Naturschutzpolitik - auf einem Teil der Flächen eine erneute Beweidung statt. Wenn dies auch auf die Aufnahmeflächen von ZIELONKOWSKI übertragen werden kann, würde dies die in Kap. 3.3.1.2 vorgebrachte Einschätzung bestätigen, daß die Magerrasen zum Zeitpunkt seiner Vegetationsaufnahmen bereits seit längerem brachlagen, nur in Ausnahmefällen beweidet wurden und damit die im Vergleich zu GAUCKLER niedrigere Artenzahl und geänderte Artenkombination begründet werden kann.

### 3.7.2 Nutzungsgeschichte der Untersuchungsstellen von ZIELONKOWSKI

Die **Angaben in den Feldaufnahmen** von ZIELONKOWSKI über die damalige Nutzung sind spärlich, **nur bei drei Aufnahmeflächen** wurde dazu etwas vermerkt. Fläche Z 01 (Bezeichnung siehe Liste 2 im Anhang) wurde von Schafen beweidet, Fläche Z 16 beweidet, und Fläche Z 36 befindet sich im Übergangsstadium zwischen Beweidung und Mahd. Es ist anzunehmen, daß der Großteil der Flächen von ZIELONKOWSKI im Zeitraum der Erstaufnahmen brachlag.

Auch die **Angaben zur früheren Nutzung** (Zeitraum bis ca. 1960 oder 1970) **in den Fragebögen** sind wenig aussagekräftig (Prozentangaben sind jeweils auf die 42 für die Untersuchung ausgewählten Erstaufnahmen bezogen):

3 (7%) Flächen wurden **ausschließlich beweidet**.

6 (14%) der Flächen lagen entweder brach oder wurden beweidet.

1 (2%) Fläche lag ausschließlich brach.

Für 32 (76%) der Flächen gibt es **keine Angaben**.

Etwas detaillierter sind die **Angaben zur heutigen Nutzung**. Sie beziehen sich auf den Zeitraum nach ca. 1970 und ergeben folgendes Bild:

4 (10%) Flächen werden **heute ausschließlich beweidet**, 1 davon intensiv. 3 dieser Flächen lagen bis 1980 bzw. 1985 brach.

Für 16 (38%) der Flächen wird **Brache und Beweidung** angegeben. Dies bezieht sich vermutlich jeweils auf Teilflächen.

6 (14%) der Flächen liegen zum Teil brach oder werden beweidet bzw. gemäht.

Auf 6 (14%) Flächen werden mehr oder weniger regelmäßig Entbuschungen durchgeführt.

Ausschließlich Brache wird für 5 (12%) Flächen angegeben.

Für 11 (26%) der Flächen gibt es **keine Angaben**.

Die Beweidung wird - von einer Ausnahme abgesehen, bei der Rinder eingesetzt werden - ausschließlich mit Schafen durchgeführt. Bezüglich der Intensität wird fast durchweg die frühere Beweidung als intensiv, die heutige dagegen als mäßig bis schwach eingestuft.

Im Vergleich zu GAUCKLER wurde im Zeitraum der Aufnahmen von ZIELONKOWSKI bereits wesentlich seltener eine Beweidung durchgeführt. Der Großteil der Flächen lag vermutlich brach, worauf bereits die Auswertung der Angaben in den Fragebögen zu GAUCKLER hindeutet (siehe oben). Auch heute scheint bei einer geringeren Zahl von Flächen als bei GAUCKLER wieder eine Beweidung stattzufinden, doch kann dies aufgrund der vielen fehlenden Angaben in beiden Vergleichszeiträumen letztlich nicht genau beurteilt werden.

## 4. Analyse und Diskussion möglicher Ursachen der festgestellten Veränderungen

Mit der verwendeten Methode der "Standorthomologen Quasi-Dauerflächen" wurde versucht, durch eine entsprechende Festlegung der Aufnahmeflächen die Standortveränderungen im Vergleichszeitraum möglichst klein zu halten. Dennoch können beim Vergleich der Erst- mit den Wiederholungsaufnahmen deutliche Umschichtungen in der Artenkombination festgestellt werden, die als Reaktion auf geänderte Standortbedingungen zu interpretieren sind. Deren Ursachen sind jedoch sicher nicht monokausal erklärbar, sondern stellen die Auswirkung eines komplexen Zusammenspiels folgender, vielfältig miteinander vernetzter Einzelfaktoren dar:

Änderung bzw. Aufgabe der bisherigen Bewirtschaftungsweise

Sukzessionsvorgänge (gerichtete Veränderungen)

Fluktuationen (ungerichtete, reversible Veränderungen)

Eutrophierung durch diffuse Nährstoffeinträge.

Auch eine Veränderung der großklimatischen Situation wäre als Ursache denkbar. Sie wurde im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht näher untersucht, da deren eindeutiger Nachweis bisher noch immer strittig ist.

Alle vier genannten Faktorenkomplexe haben teilweise ähnliche Auswirkungen auf die Vegetation und sind außerdem eng miteinander verknüpft. Die Schwierigkeit bei der Interpretation der möglichen Ursachen besteht daher darin, die jeweiligen Einzelfaktoren anhand der festgestellten Auswirkungen qualitativ zu trennen und ihren Anteil quantitativ abzuschätzen. Dies soll im folgenden versucht werden. Dazu erfolgt zunächst eine Analyse der Einzelfaktoren, deren Auswirkungen im Literaturvergleich diskutiert und die anschließend gegeneinander abgewogen werden.

### 4.1 Änderung bzw. Aufgabe der bisherigen Bewirtschaftungsweise

Die traditionelle Bewirtschaftungsweise bestand bei allen Aufnahmeflächen der Erstaufnahmen GAUCKLERs in einer extensiven Beweidung vorwiegend durch Schafe, teilweise auch durch Rinder (siehe Kap. 3.7.1). Bei einigen Flächen wurden zusätzlich gelegentlich Mahd, Aufforstungen oder Entbuschungen durchgeführt (siehe Liste 3 im Anhang). Zum Zeitpunkt der Wiederholungsaufnahmen wird dagegen nur noch ein geringer Teil der Flächen beweidet, zumeist außerdem mit einer geringeren Intensität (siehe Kap. 3.7.1). Im Zeitraum zwischen Erst- und Wiederholungsaufnahmen haben vermutlich mehrere Phasen mit Brache und unterschiedlich intensiver Beweidung abgewechselt.

Zum Zeitpunkt der Aufnahmen von ZIELON-KOWSKI fand dagegen nur (noch ?) auf wenigen Flächen eine Beweidung statt, so daß dort bereits Verbrachungsvorgänge in Erscheinung treten (siehe Liste 4 im Anhang und Kap. 3.7.2). Dies wird auch an den weniger deutlichen Veränderungen in der Artenkombination trotz prinzipiell gleicher Wirkfaktoren sichtbar. Inwieweit die Flächen zum Zeitpunkt der Wiederholungsaufnahmen anders genutzt werden, läßt sich aufgrund der unzureichenden Datenlage nur schwer beurteilen. (siehe Kap. 3.7.2). Vergleichbare Extensivierungen wie auf den GAUCKLERSchen Flächen sind jedoch anzunehmen.

Um die Auswirkungen des Brachfallens beurteilen zu können, sollen zunächst die wesentlichen Effekte, die eine Beweidung auf die Vegetationsdecke ausübt, dargestellt werden.

#### **4.1.1 Grundsätzliches zu Auswirkungen der Schafbeweidung auf die Artenzusammensetzung der Vegetation**

##### **4.1.1.1 Entzug von Biomasse und Nährstoffen**

Durch die Schafweide findet ein ständiger Entzug an Biomasse und dadurch auch an Nährstoffen statt. Bei extensiver Beweidungsform ist der Entzug relativ gering - auf niederländischen Standweiden mit einem Bewuchs aus Pfeifengras und Glockenheide wurden bei einem Besatz von einem Schaf/ha ein jährlicher Nährstoffentzug von 2 kg N/ha festgestellt (WOIKE & ZIMMERMANN 1988) -, bei intensiver Standweide mit außerhalb der Weiden gelegenen Pferchflächen jedoch deutlich höher.

Auf Dauer kommt es auf den Weideflächen zu einer Aushagerung, wobei vor allem Stickstoff, Phosphor, Kalzium und Kalium entzogen und auf den Flächen, wo die Schafe nachts gepfercht sind oder lagern, mit dem Kot teilweise wieder ausgeschieden werden (BRASHER & PERKINS 1978, COULSON & WHITTAKER 1978). Auf schottischen Schafweiden wurde festgestellt, daß der N-Gehalt der beweideten Pflanzendecke nach 4wöchiger Beweidung etwas niedriger als der des Schafkots lag (BRASHER & PERKINS 1978), daß also ein effektiver Stickstoffentzug stattfand. Nach Untersuchungen von GILS (1984) beträgt die jährliche Stickstoffabfuhr auf Zwergstrauchheiden pro Schaf zwischen 4 und 5 kg.

Durch den ständigen Nährstoffentzug werden Arten, die bei besonders ungünstiger Nährstoffversorgung konkurrenzfähig sind ("Magerkeitszeiger"), etwa weil sie über einen ausgeprägten internen Nährstoffzyklus verfügen, angereichert. Viele Fettwiesenarten hingegen, die bei guter Nährstoffversorgung am konkurrenzfähigsten sind, kommen auf intensiv beweideten Flächen normalerweise kaum vor.

#### **4.1.1.2 Düngung durch Exkrememente**

Andererseits kommt es auf den Weideflächen auch zu einem Nährstoffeintrag durch den Kot, der während der Beweidung abgegeben wird. Er ist umso höher, je länger die Schafe auf der Fläche verweilen, jedoch insgesamt deutlich geringer als der Nährstoffentzug durch die Beweidung (siehe oben). Wie hoch der tatsächliche Anteil des Koteintrags ist, hängt neben der Schafrasse und der Besatzdichte auch sehr stark von der Führung des Weideviehs durch den Schäfer ab.

Der Kot wird beim Weiden sehr ungleichmäßig über die Fläche verteilt. Moorschnucken geben die größte Kotmenge jedoch nachts beim Lagern sowie morgens auf dem Weg von den Pferch- zu den Weideflächen ab (WOIKE & ZIMMERMANN 1988). Nach anderen Angaben werden 1/4 bis 1/3 der täglichen Kotmenge auf dem Nachtlagerplatz abgegeben (BRASHER & PERKINS 1978).

Die Abgabemengen und -zeitpunkte an Kot und Urin hängen vor allem von der Schafrasse, der Futtermenge und -qualität, dem Anteil von Zufutter, der Besatzdichte und der Weideform ab (WOIKE & ZIMMERMANN 1988, BRASHER & PERKINS 1978).

Über das Verhältnis von Nährstoffein- und -austrag gibt es nur sehr wenig Datenmaterial. SKRIJKA (1978) ermittelte für Schafweiden in den Karpaten bei einer Weidezeit von 150 Tagen folgende Mengen an Stickstoff, die mit dem Kot und dem Urin auf die Weiden abgegeben wurden:

Besatzdichte: 101520 Schafe/ha  
Stickstoff: 18,728,037,7 kg/ha

Die Kotzusammensetzung schwankt im Jahresverlauf. Der Stickstoffgehalt ist im Frühjahr relativ hoch (im Mai 26 mg/g trockener Kot) und sinkt dann etwas (22-25 mg/g trockener Kot), während etwa der Phosphorgehalt zum Herbst hin stark ansteigt (BRASHER & PERKINS 1978, jeweils 24h-Messungen auf schottischen Weiderasen mit *Agrostis* und *Festuca*).

#### **4.1.1.3 Selektion bestimmter Arten durch das Fraßverhalten**

Das selektive Fraßverhalten der Weidetiere bewirkt eine Auswahl in der Artenzusammensetzung der Weideflächen. Die verschiedenen Weidetiere (Schafe, Ziegen, Rinder, Pferde) unterscheiden sich teilweise sehr deutlich in ihrer Selektivität. So meiden Schafe vorwiegend hartblättrige Pflanzen (z.B. *Festuca ovina*-Kleinarten, *Helictotrichon pratense*), stark behaarte (*Clinopodium vulgare*), bedornete oder bestachelte Gewächse (z.B. *Cirsium arvense*, *Ononis spinosa* agg.), stark riechende (z.B. *Origanum vulgare*) sowie außerdem giftstoffhaltige (z.B. *Gentiana*-Arten, *Phalaris arundinacea*), eiweiß- (z.B. *Brachypodium pinnatum*) und mineralstoffarme Pflanzenarten (BÜRKLE 1980, RAWES 1981,

BRIEMLE 1988 b), aber auch solche, die auf übermäßig stickstoffversorgten Flächen wachsen (nach HOCHBERG 1985 auf Flächen mit mehr als 80 kg N/ha im Oberboden). Kräuter werden generell gegenüber Süßgräsern bevorzugt und diese ihrerseits gegenüber Seggen (ARMSTRONG et al. 1987).

Auch optische Kriterien spielen bei der Selektion der gefressenen Arten eine Rolle. So werden auffällige, einzeln stehende Arten wie etwa *Lilium martagon* besonders gerne angefressen (PARK 1985). Weitere fraßbedingte Effekte sind die Auslese zwergwüchsiger Formen, wie dies z.B. GOTTHARD (1965) für *Pulsatilla vulgaris* zeigen konnte.

Das Fraßverhalten schädigt bestimmte Arten stärker als andere und führt dadurch langfristig zur Anreicherung der weniger gern gefressenen Arten. Viele Angaben über die Selektivität in der Literatur sind jedoch widersprüchlich. So scheinen neben den oben angeführten, grundsätzlichen Verhaltensweisen auch die Erfahrung des Einzeltiers, Instinkt (und damit auch die Schafrasse), das Verhalten der Artgenossen (und damit auch die Art der Hütung), die Jahreszeit und andere Faktoren einen starken Einfluß auf die Wahl der Futterpflanzen zu haben. Bekannt ist auch (mdl. Mitteilung mehrerer Schäfer), daß Schafe, die vor dem Begehen einer Magerweide auf Fettweiden gefressen haben, vom weichblättrigen Futter "verwöhnt" sind und daher hartblättrige Gräser besonders stark meiden.

#### 4.1.1.4 Auswirkungen des Huftritts

Der Schaftritt sorgt durch Verletzung der Grasnarbe ständig für offene Stellen, wobei die Intensität und Häufigkeit von Faktoren wie Hangneigung, Besatzdichte, Bodentyp, Felsanteil, Lückigkeit und Artenzusammensetzung der Vegetationsdecke, Zeitpunkt der Beweidung und lokalem Klimaverlauf abhängig ist. Diese Lücken stellen potentielle Keim- und Etablierungsstellen für zahlreiche Arten dar. Auch die Ansiedlung windverbreiteter Gehölze wie Birke und Kiefer als Rohbodenkeimer kann dadurch begünstigt werden (RUNGE 1971). Ob sich Arten jedoch dauerhaft etablieren können, hängt neben dem Vorhandensein von Samenmaterial auch von vielen populationsbiologischen Faktoren ab (siehe unten).

Neben diesen für die Etablierung vieler Arten "positiven" Effekten des Schaftritts treten jedoch auch "negative" Auswirkungen auf, die insbesondere auf eine Bodenverdichtung zurückzuführen sind. Dadurch wird das Porenvolumen verringert und die Durchlüftung verschlechtert, wodurch sich das Versickerungsvermögen des Bodens verringert (WOIKE & ZIMMERMANN 1988). Dies fördert, zusammen mit der lückigen Vegetation der Weideflächen, die nur wenig Wasser zurückhalten kann, die Bodenerosion, wobei der Einfluß mit der Hangneigung und der Besatzstärke zunimmt. Die Verdichtung hat aufgrund der schlechteren Durchwurzelbarkeit des Bodens einen Einfluß auf die Vegetationszusammen-

setzung, der jedoch bei extensiver Weide als niedrig anzusetzen ist.

Auf harten und trockenen Böden entstehen zudem Trittschäden an empfindlichen Pflanzenteilen (KLAPP 1965). Insbesondere Flechten werden dadurch in kleinere Stücke zerteilt, die anschließend durch den Wind verblasen werden können (ROSÉN 1982). Bei intensiver Beweidung sind "negative" Auswirkungen auch auf das Tierleben festzustellen - direkte Schäden durch Zertreten, indirekte Auswirkungen durch Veränderung des Mikroklimas, dokumentiert v. a. für Heuschrecken und Spinnen (nach HARNISCHMACHER 1988).

#### 4.1.1.5 Exkurs: Populationsbiologie lückensiedelnder Arten

Viele Arten der Kalk-Magerrasen vermehren sich überwiegend auf generativem Wege. Zur dauerhaften Etablierung und zur Bestandserhaltung brauchen sie Lücken im Pflanzenbestand, die als geeignete Keimstellen für die Samen dienen und in denen sie das oft kritische Jugendstadium überleben können ("safe sites" nach HARPER 1977).

Auf die Keimung selbst hat etwa das Verhältnis von Hellrot- zu Dunkelrotlicht einen maßgeblichen Einfluß. Ein hohes Verhältnis wirkt keimauslösend bei vielen kurzlebigen Arten (SILVERTOWN 1980, SCHENKEVELD & VERKAAR 1984). In brachgefallenen, hochgrasigen oder hochstaudenreichen ("versaumten") Beständen ist das Hell-/Dunkelrotverhältnis jedoch hin zu niedrigeren Werten verschoben (a.a.O.), wodurch die Keimrate vieler Krautarten negativ beeinflusst wird.

Bei der Etablierung der jungen Pflanze kommt dem Wasserfaktor eine wesentliche Rolle zu. SILVERTOWN & DICKIE (1987) wiesen bei Wiesenpflanzen nach Austrocknung des Oberbodens eine Mortalitätsrate im 1. Jahr von teilweise über 80 % nach. Dabei unterscheiden sich die Arten teilweise sehr deutlich hinsichtlich ihrer Lichtansprüche und der Dürresistenz in den verschiedenen Lebensphasen. Nach den Untersuchungen von CERLETTI (1988) können zweierlei Strategien bzw. Etablierungsnischen unterschieden werden:

**Lichtbedürftige Keimlinge** bevorzugen **große Kahlstellen** in den Magerrasen. Da das Austrocknungsrisiko im Zentrum solcher Kahlstellen besonders hoch ist, kommen vor allem die Ränder dieser Kahlstellen als Keimstellen in Frage, während sich im Zentrum mit den extremsten Bedingungen nur sehr wenige Spezialisten, darunter Ruderalarten, erfolgreich etablieren können (FENNER 1985).

**Trockenheitsempfindliche Keimlinge** haben meist niedrigere Lichtansprüche und bevorzugen als Keimstellen **kleine Kahlstellen** in leicht beschatteten Zonen. Beispiele hierfür sind *Plantago lanceolata* (nach KUHN 1984) und *Arabis hirsuta* (RYSER 1989).

Kleine Kahlstellen entstehen durch den Huftritt der Schafe, vor allem auf flachgründigen, erosionsgefährdeten Hängen. Durch ständigen Tritt können sie allmählich zu großen Kahlstellen erweitert werden. Aber auch andere Faktoren spielen dabei eine Rolle. So haben wühlende und grabende Tiere wie die Feldmaus (LEUTERT 1983 a und b) oder Kaninchen (WATT 1974, THOMAS 1963, CRAWLEY 1990) sowie nach CERLETTI (1988) auch extreme Trockenperioden einen wesentlichen Einfluß auf die Entstehung vor allem großer Kahlstellen und damit auch auf die Artendiversität. Auf sandigen Substraten sind daran auch verschiedene Ameisenarten maßgeblich beteiligt. So teilt GRUBB (1976) die ein- und zweijährigen Arten der Kalk-Magerrasen in vier ökologische Gruppen ein, die verschiedene Mikro-Standorte mit unterschiedlichen Strategien erfolgreich besiedeln, wobei die Oberfläche von Ameisenhügeln einen dieser Mikro-Standorte darstellt.

Auch bei ein- und derselben Art können die Ansprüche in verschiedenen Lebensabschnitten recht unterschiedlich sein. Ein Beispiel hierfür ist *Linum catharticum*, das nach SCHENKEVELD (1984) und RYSER (1990) als Jungpflanze vor allem oberflächlich wurzelt, einen ausgeglichenen Oberbodenwasserhaushalt benötigt und dementsprechend in größeren Kahlstellen eine hohe Mortalität aufweist, in späteren Lebensabschnitten aber höhere Lichtansprüche hat, so daß dann die Mortalität in dichten, geschlossenen Beständen ansteigt.

Da solche populationsbiologischen Untersuchungen sehr aufwendig sind, gibt es bisher nur für sehr wenige Arten der Kalk-Magerrasen genaue Einzelanalysen.

#### 4.1.1.6 Auswirkungen der Schafbeweidung auf das Tierleben

Verschiedene Untersuchungen zeigen, daß bei der Schafbeweidung die Besatzdichte von "Grünlandschädlingen" wie der Feldmaus durch die Verfestigung des Oberbodens aufgrund der Trittwirkung der Schafhufe ("Trippelwalze") vermindert wird (WOIKE & ZIMMERMANN 1988). Diese Wirkung hängt jedoch stark vom Bodentyp ab und spielt auf den harten, trockenen Böden der Kalk-Magerrasen eine untergeordnete Rolle (KLAPP 1965).

Daß die Aktivität verschiedener Tierarten auch die Artenzusammensetzung der Pflanzen beeinflusst, wurde oben bereits mehrfach erwähnt. Wie komplex die Zusammenhänge jedoch sein können, belegt besonders gut das fatale Beispiel des Aussterbens einer Bläulingsart (*Maculinea arion* L., Schwarzgefleckter Bläuling oder Großer Fleckenbläuling) in Großbritannien, das von THOMAS (1980) detailliert dokumentiert wurde.

Der Falter ist dort auf die speziellen mikroklimatischen Verhältnisse kurzrasiger, großflächiger Magerrasen angewiesen. Er lebt in einer Symbioseform mit bestimmten Ameisen (v.a. *Myrmica sabuleti*),

die die älteren Raupen in ihren Bau eintragen. Diese leben dort neun Monate, ernähren sich dabei von Ameiseneiern und -puppen und sind vor Freßfeinden gut geschützt. Als "Gegenleistung" scheiden die Raupen ein süßes, von den Ameisen begehrtes Drüsensekret aus. Nur jeweils eine Raupe wird in ein Ameisennest eingetragen. Damit eine Falterpopulation dauerhaft überleben kann, muß u.a. eine ausreichend hohe Dichte von Nestern dieser Ameisenart, verteilt auf mindestens 1 ha Fläche, gegeben sein. Außerdem muß in der Nähe der Nester genügend *Thymus serpyllum* vorhanden sein, der von den Faltern zur Eiablage aufgesucht wird. Offenbar benötigt *Myrmica sabuleti* submediterrane Klimaverhältnisse, denn die erforderliche Nestdichte konnte nach mehreren Untersuchungen nur bei intensiver Beweidung oder Mahd mit nur ca. 1 cm Schmitthöhe sowie ein dauerhaftes Offenhalten der Standorte durch laufendes Entfernen von Gebüschaufwuchs aufrechterhalten werden.

Nachdem der Großteil der Stellen, an denen der Falter in den 50er Jahren noch vorkam, durch Standortzerstörung vernichtet worden war, verschlechterten sich auch für die letzten Populationen die Überlebenschancen drastisch. Nachlassende Beweidung (da wirtschaftlich unrentabel) und die eingeschleppte Myxomatose, die die Kaninchendichte erheblich reduzierte, sorgten dafür, daß die Magerrasen zu dichtwüchsig, geschlossen und lückenarm wurden, so daß ein den Ameisen zuträgliches Mikroklima nicht mehr gegeben war. Die für das Überleben des Falters erforderliche Nestdichte sank an den meisten Stellen unter den notwendigen Wert. Schließlich existierte in ganz Großbritannien nur noch eine einzige Population des Falters. Obwohl nun mit großem Aufwand versucht wurde, für sie bestmögliche Überlebensbedingungen zu schaffen, kam eine Rettung zu spät. Zufällige Effekte wie zwei aufeinanderfolgende Trockenjahre, die das Eierlegen stark einschränkten, eine ungünstige Geschlechterverteilung (nur ein Drittel der Individuen waren Weibchen) und mangelnder Paarungserfolg führten letztlich dazu, daß auch diese letzte Population 1979 ausstarb.

#### 4.1.1.7 Samenverbreitung

Zwar ist ein Großteil der Arten der Kalk-Magerrasen auf Samenverbreitung durch den Wind angewiesen, doch gibt es auch eine Anzahl von Arten, die durch die Weidetiere, insbesondere durch Schafe verbreitet werden. So gibt KRAUSE (1940) in einer Analyse der *Xerobrometen* des Westjura an, daß 51,2 % der Arten anemochor und 15,8 % zoochor sind. In den meisten Fällen verhaken sich die Diasporen dieser zoochoren Arten durch je nach Pflanzenart verschiedenartig gestaltete Fortsätze und Anhängsel im Fell oder an den Hufen der Weidetiere. Interessante Ergebnisse erbrachten dazu die Untersuchungen von FISCHER et al. (1994).

#### 4.1.2 Auswirkungen der Aufgabe bzw. verringerten Intensität der Schafbeweidung auf die Vegetation

Durch die nachlassende Bewirtschaftungsintensität ist aufgrund des nun fehlenden selektiven Verbisses durch das Weidevieh die Abnahme weidefester Arten und die Zunahme nicht weidefester Arten zu erklären, wie sie in Kap. 3.3 aufgezeigt wurde.

Weiterhin erklärt dies zumindest zum Teil den deutlichen Verlust von Lückenbesiedlern und Magerkeitszeigern, da bei fehlendem Biomasseentzug und durch den Wegfall des Huftritts der Bestand insgesamt dichter und an Lücken ärmer wird.

Unterbleibt die Beweidung, so kann sich allmählich eine dichte Streudecke ansammeln, die zu verfilzen beginnt und sich sehr lange unverändert hält. MÖSELER (1989: 36) beschreibt, daß schon "bei sporadischer Beweidung durch Schafe selbst in völlig überalterten Beständen dieser undurchdringliche Filz ... sehr stark abnimmt". Die Streudecke verändert das Mikroklima in vielfältiger Art und Weise (WILMANNNS 1989: 9), wovon weniger austrocknungsresistente Arten profitieren können (siehe Kap. 4.2.3). Dies wird in den Frühstadien der Verbrachung v.a. an der Zunahme bestimmter Moosarten deutlich (siehe Kap. 3.3.1.1), die sich somit als "Verfilzungszeiger" ansprechen lassen (siehe auch Kap. 4.2.3 sowie SPRANGER & TÜRK 1993).

Die sich aufbauende Streuschicht mindert die Konkurrenzkraft der Lückenbesiedler, da es sich bei ihnen meist um lichtliebende Arten handelt, die auch bei Beschattung einen relativ geringen Zuwachs zeigen und daher von starkwüchsigeren Arten leicht überwachsen und verdrängt werden können. Ausnahmen bestehen nur an sehr flachgründigen Stellen mit hohem Felsanteil, wo diese Entwicklung zumindest stark verzögert abläuft.

Die Abnahme der Lückenbesiedler ist in allen Einheiten und beiden Vergleichszeiträumen sehr deutlich, so daß sich diese Veränderungen durch die nachlassende Nutzungsintensität plausibel begründen lassen. Das Eindringen bzw. die Zunahme von Fettwiesenarten kann dadurch jedoch nicht erklärt werden, sondern hat andere Ursachen, wie unten (Kap. 4.4) diskutiert wird.

#### 4.2 Sukzessionsvorgänge

Die Nutzung der Kalk-Magerrasen, im vorliegenden Fall also die Beweidung durch Schafe, ist der wesentliche Faktor, der die Artenzusammensetzung der Kalk-Magerrasen bestimmt. Durch deren Extensivierung bzw. Wegfall wird eine Sukzession in Richtung der potentiellen Waldgesellschaft ausgelöst. Nach WILMANNNS (1984) lassen sich dabei zwei verschiedene Prozesse unterscheiden: das Eindringen von Gehölzen (**Verbuschung**) und das Eindringen von Saumarten (**Versaumung** oder "Verhochstaudung"). Weiterhin tritt während der Verbrachung häufig ein mehr oder weniger lang andauerndes Vergrasungsstadium auf, das sich durch die Zu-

nahme von Brachegräsern und die Akkumulation deren meist schwer abbaubarer Streu auszeichnet (**Verfilzung**).

Die genannten Vorgänge wurden bereits mehrfach in der Literatur beschrieben, z.B. bei BÜRGER (1983), GÖTZ (1979), HAKES (1987 a und b), KEHREN (1986), REICHHOFF & BÖHNERT (1978), STEPHAN & STEPHAN (1971), WILMANNNS (1975 b, 1984, 1989), WILMANNNS & KRATOCHWIL (1983) und WOLF (1984). Eine besonders detaillierte Beschreibung des Sukzessionsverlaufs und der einzelnen Stadien bringt KIENZLE (1979) für Magerrasen des Schweizer Jura.

##### 4.2.1 Verbuschung

Eine Tendenz zur Verbuschung läßt sich, trotz der "standorthomologen" Flächenwahl, an der veränderten Artenkombination der Wiederholungsaufnahmen deutlich ablesen. Sie wird sowohl an der deutlichen Zunahme der im Gesamtkollektiv der Wiederholungsaufnahmen aufgetretenen Gehölzarten (siehe Kap. 3.2.1: in beiden Vergleichszeiträumen um über 100 %) als auch an der "signifikanten" Zunahme einzelner Gehölzarten beim Vergleich der Einheiten (siehe Kap. 3.3.2) sichtbar.

Darunter sind vor allem Arten wie *Pinus sylvestris* zu verzeichnen, die häufig Bestandteil von an Kalk-Magerrasen angrenzenden Aufforstungen sind, dort als Samenbäume fungieren und sich als Rohbodenkeimer in den lückigen Magerrasen relativ leicht etablieren können. Bemerkenswert ist jedoch insbesondere die signifikante Zunahme von *Quercus robur*, die noch in keiner der Erstaufnahmen von GAUCKLER und nur in zwei Aufnahmen von ZIELONKOWSKI vorkommt, in den jeweiligen Wiederholungsaufnahmen jedoch deutlich angereichert ist. Diese Art deutet damit bereits eine Entwicklungstendenz in Richtung der potentiellen Waldgesellschaft, dem *Carici-Fagetum* (OBERDORFER 1992: 245) an, obwohl gezielt von Gehölzaufwuchs weitgehend unbeeinflusste Flächen aufgenommen wurden (siehe Kap. 2.2.1.2).

##### 4.2.2 Versaumung

Im vorliegenden Datenmaterial ist eine Zunahme von Saumarten in allen Einheiten zu verzeichnen (siehe Kap. 3.3). Im Vergleich zu anderen Untersuchungen auf Kalk-Magerrasen (siehe die oben genannten Beispiele) fällt die Zunahme insgesamt jedoch - methodisch bedingt - geringer aus, da deutlich versaumte Flächen bei den Aufnahmen gezielt ausgespart wurden.

Nach KIENZLE (1979: 100) lassen sich bei einer Verbrachung von Magerwiesen typischerweise deutliche Stetigkeitsabnahmen von typischen Arten der Halbtrockenrasen und Trockenrasen und von niedrigwüchsigen, konkurrenzschwachen Magerkeitszeigern nachweisen. Dies kann für die vorliegende Arbeit anhand der in Kap. 3.3 dargestellten

Artenlisten für beide Vergleichszeiträume und alle Einheiten bestätigt werden.

### 4.2.3 Verfilzung

Einen weiteren, mit der Verbrachung einhergehenden Prozeß stellt die Streuakkumulation dar, die einem gesellschaftsspezifischen Gleichgewicht zustrebt (WILMANN 1989). Die im Brachestadium bestandsbildenden Gräser liefern eine schlecht abbaubare, nährstoffarme Streu, die sich ansammelt und eine verfilzende, dichte, oft mehrere Zentimeter mächtige Decke unter der Krautschicht bildet. Da die Streudecke auch hemmend auf die Gehölzansiedlung wirkt, bleiben verfilzte Magerrasen oft lange Zeit erstaunlich unverändert (siehe Kap. 4.4.3). Durch die Streuschicht kann sich die Feuchtigkeit länger halten, die Temperaturextreme der offenen Rasen werden gemildert, das Mikroklima ändert sich drastisch (WILMANN 1989), was zu Änderungen in der Artenkombination führt.

Das günstigere, feuchtere Mikroklima in der bodennahen Schicht aufgrund der Streudecke wird durch das Auftreten feuchtigkeitsanzeigender Moose in den Wiederholungsaufnahmen bestätigt. Dazu zählen v.a. *Plagiomnium affine* (Feuchtezahl 5, laut DÜLL (1991: 177) ein "Frischezeiger" mit "Schwergewicht auf mittelfeuchten Böden, auf nassen sowie öfters austrocknenden Böden fehlend") sowie *Fissidens taxifolius* (Feuchtezahl 6, tendiert bereits zu den Feuchtezeigern).

Als weiterer Effekt, der Veränderungen in der Artenzusammensetzung bewirken kann, ist die Lichtabsorption der angesammelten Streu zu nennen. Dadurch wird der Hell-/Dunkelrotanteil des einfallenden Lichts verändert, was sich keimungshemmend oder -stimulierend auf bestimmte Arten auswirkt (siehe Kap. 4.1.1.5, SILVERTOWN 1980). Neben dem aufgrund verringerter Weideintensität geringeren Lückenanteil (Kap. 4.1.2) kann darin eine weitere Erklärungsmöglichkeit für den starken Rückgang der Lückenzeiger in beiden Vergleichszeiträumen gesehen werden.

In stärker verfilzten, grasreichen Beständen (dort wurden keine Wiederholungsaufnahmen durchgeführt), die noch in Kontakt zu intakten Beständen lagen, konnten zwar noch viele der typischen Kalk-Magerrasenarten gefunden werden. Sie kamen dort jedoch meist nicht zur Blüte und ihre Vitalität war deutlich verringert, so daß vermutet werden muß, daß sich diese Arten dort nur noch über einen begrenzten Zeitraum hinweg halten können.

Ökologisch erklären lassen sich die genannten Artenverschiebungen durch Änderungen im Konkurrenzgefüge. Einige Arten profitieren vom Wegfall des Verbisses und des Tritts stärker als andere und können dadurch rascher und höher wachsen. Hochwüchsige Arten reichern sich an und verändern durch eine zunehmende Beschattung das herrschende Mikroklima im Bestand. HAKES (1987: 45) beschreibt dies anhand folgender Wirkungskette: Höherwüchsigkeit führt (aufgrund von Beschattung

und verminderter Windgeschwindigkeit in den niedrigeren Vegetationsschichten) zu einer Verminderung der Evapotranspiration, diese zu einem ausgeglicheneren Bodenwasserhaushalt (weniger scharfe und seltenere Austrocknung), wodurch die Bedingungen für die mikrobielle Zersetzung der Streu günstiger werden, was sich schließlich in einem verbesserten Nährstoffangebot auswirkt. Diese Wirkkette kann durch Messungen belegt werden (a.a.O.).

Eine Anreicherung von Nährstoffen durch einen solchen, sich positiv rückkoppelnden Zyklus erscheint zwar plausibel, ist jedoch umstritten. So beschreibt etwa BROLL (1991) beim Vergleich einer brachliegenden mit unterschiedlich gemulchten und extensiv beweideten Flächen eines Fettwiesenbestandes, daß die mikrobielle Aktivität auf der brachliegenden (der Sukzession überlassenen) Parzelle gegenüber den anders behandelten verringert war. Sie begründet dies mit der geschilderten, die Feuchtigkeit länger haltenden Wirkung der Streudecke, die jedoch zugleich auch die Erwärmung verzögert und damit die (temperaturabhängige) Aktivität der streuzersetzenden Bodenfauna (BRUCKER & KALUSCHE 1990) und der Mikroorganismen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989) herabsetzt. Gleichzeitig ist das C/N-Verhältnis auf der brachliegenden Fläche ungünstiger, was sich ebenfalls hemmend auf die Tätigkeit der Mikroflora auswirkt (SCHROEDER 1983).

Nach WILMANN (1989, darin Auswertung der Untersuchung von BÜRGER 1983) haben über einen Vergleichszeitraum von ca. 35 Jahren in frischen Ausbildungen des *Mesobrometum* hochwüchsige Fettwiesenarten an Stetigkeit zugenommen. Betroffen sind davon *Arrhenatherum elatius*, *Galium album*, *Knautia arvensis*, *Rumex acetosa* und *Veronica chamaedrys*. Nach WILMANN (1989: 9) ist die Zunahme dieser Arten jedoch nicht auf eine "obskure Brachedüngung", also eine Förderung durch Nährstoffakkumulation, zurückzuführen, sondern zeigt, daß diese Arten ursprünglich - wie dies auch ZOLLER (1954 b) beschreibt - aus Säumen und Verlichtungsgesellschaften stammen und sich "nicht wegen, sondern trotz der Mahd" in Wiesen durchgesetzt haben.

Es ist **zusammenfassend** festzuhalten, daß der deutliche Rückgang der Lückenzeiger vorwiegend auf die Auswirkungen der nachlassenden bzw. fehlenden Beweidung und der damit einhergehenden Verbrachung zu erklären ist. Gleiches gilt für die Abnahme xeromorpher Arten der Kalk-Magerrasen. Die in vorliegender Arbeit für beide Vergleichszeiträume und in (fast) allen Einheiten feststellbare, signifikante Zunahme von niedrigen Kräutern der Fettwiesen, etwa von *Taraxacum officinale* agg., wird dadurch jedoch nicht plausibel.

### 4.3 Fluktuationen

Für einen Teil der Veränderungen im Artenbestand könnten als Ursache auch Fluktuationen in Frage

kommen. Ursachen für Fluktuationen sind meist unperiodisch auftretende Schwankungen im Verlauf des Lokalklimas (siehe z. B. RABOTNOV 1974, ROSÉN 1985), aber auch z.B. Schwankungen in der Beweidungsintensität (THOMAS 1963) oder der Aktivität von bodenwühlenden Tieren wie Kaninchen (WATT 1974) und Feldmaus.

WILMANN (1988) stellt bei der Untersuchung von Bestandsveränderungen im *Xerobrometum* die signifikante Zunahme einiger ruderaler Pionierarten fest. Für ihr Untersuchungsgebiet (Badberg im Kaiserstuhl) lag der günstige Fall vor, daß genaue Aufzeichnungen mehrerer Autoren über den Zustand der Vegetation zu verschiedenen Jahreszeiten, korreliert mit einem jeweils unterschiedlichen Witterungsverlauf, existierten. Deshalb ließen sich die Bestandszunahmen von *Echium vulgare*, *Isatis tinctoria* und *Melilotus alba* als Fluktuationen deuten.

Generell ist es sehr schwierig, teilweise auch unmöglich, bei Veränderungen im Auftreten von Arten zwischen den ungerichtet ablaufenden, reversiblen Fluktuationen und einer Sukzession als einem gerichteten Prozeß zu unterscheiden, da beide gleichzeitig ablaufen und sich gegenseitig überlagern (SCHIEFER 1981). Besonders problematisch ist dies bei Annualen. Wie WILMANN (1988: 14) betont, sind als sicherer Beleg von Fluktuationen jedoch wesentlich mehr Untersuchungen zur Populationsdynamik notwendig.

Derartige Studien gibt es jedoch bisher erst für einige wenige Arten. Für vorliegende Untersuchung gibt es auch keine detaillierten Beschreibungen des Klimaverlaufes und der daraus möglicherweise resultierenden Schwankungen im Auftreten bestimmter Arten. Für welche Veränderungen in der Artenkombination Fluktuationen als Ursache in Frage kommen, kann daher letztlich nicht entschieden werden.

#### 4.4 Eutrophierung durch diffuse Nährstoffeinträge

Das festgestellte signifikante Eindringen von zahlreichen Fettwiesenarten (siehe Kap. 3.3.2), die deutliche Zunahme der Stickstoffzahlen (siehe Kap. 3.4.3 und 3.4.4) sowie die auffällige Korrelation der relativen Lageverschiebung der Wiederholungsaufnahmen im Ordinationsdiagramm mit den Stickstoffwerten (siehe Kap. 3.5.) können durch die oben genannten Faktorenkomplexe nicht ausreichend erklärt werden. So beschreibt etwa WILMANN (1975 b) im Gegenteil eine Stetigkeitsabnahme der Fettwiesenarten durch die Verbrachung von Halbtrockenrasen im Kaiserstuhl. Sie lassen vielmehr eine Reaktion auf eine qualitative Veränderung des Standorts, verursacht durch Eutrophierungseffekte, vermuten.

Als Ursachen der Eutrophierung kommen sowohl fernverdriftete Stickstoff-Immissionen als auch lokale Düngerverwehungen aus angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen in Frage (siehe Kap. 1.2). Eine direkte Auswirkung lokaler Emittenten, wie sie im Fall von WILMANN et al. (1986) glaub-

haft gemacht werden konnte, kann für vorliegende Untersuchung ausgeschlossen werden, da bei keiner der Untersuchungsstellen derartige Emittenten in entsprechender Lage existieren.

#### 4.4.1 Postuliertes Wirkgefüge diffuser Nährstoffeinträge: Beeinflussung von Konkurrenzverhalten und Artendiversität

Die Auswirkungen der über die Luft nah- und fernverbreiteten, diffus verteilten Stickstoffeinträge mit Düngewirkung im Bestand sind vermutlich mit denjenigen von ausgebrachtem Minereraldünger zu vergleichen. Über dessen Auswirkungen auf den Bestand und das Artengefüge von Magerrasen existieren bereits einige Untersuchungen (WILLIS 1963, SMITH et al. 1971, BOBBINK et al. 1988, BRIEMLE 1990). Der Effekt einer Stickstoffdüngung manifestiert sich danach zunächst in einer Zunahme der Biomasse, die sich insbesondere durch die gesteigerte Bestandeshöhe bemerkbar macht, ohne daß Veränderungen in der Artenkombination auftreten. ELLENBERG (in SPEIDEL 1969) bemerkt dazu, daß natürlich auch Magerkeits- oder "Stickstoffmangel-Zeiger" durch eine Stickstoffdüngung im Wachstum gefördert werden (siehe auch ELLENBERG 1986: 768). Inwieweit sich eine solche Förderung im Bestand auswirkt, ist jedoch im Unterschied zur Reinkultur von der realisierten Konkurrenzkraft abhängig; denn erst durch die Konkurrenz anderer Arten, die relativ mehr gefördert werden bzw. die die Düngung rascher als Biomasse realisieren können, gehen die "Mangelzeiger" aufgrund der starken Beschattung zurück. Ähnlich wie für andere Standortfaktoren werden also auch hier die Unterschiede zwischen physiologischem und ökologischem Verhalten deutlich, wie dies besonders anschaulich für die Wasserversorgung durch den Hohenheimer Grundwasserversuch (ELLENBERG 1953) demonstriert und auch für andere Faktoren durch zahlreiche Konkurrenzexperimente (u.a. HARPER 1977) nachgewiesen wurde.

Abgewandelt wird dieser grundsätzliche Effekt durch verschiedene Faktoren, wie z.B. das selektive Fraßverhalten des Weideviehs (siehe Kap. 4.1.1.3). Die Zunahme der Bestandeshöhe einzelner Arten auf Kosten anderer verändert mit der Zeit das Konkurrenzgefüge und bewirkt schließlich eine Veränderung der Artenkombination. Durch asymmetrische, interspezifische Konkurrenz ("competitive asymmetry") kann eine Art durch eine andere verdrängt werden ("competitive exclusion"; GRIME 1973, BEGON et al. 1990; ZOBEL 1992). Die konkurrenzfähigste(n) Art(en) erhält(erhalten) den größten Anteil der verfügbaren Ressourcen, was mit der Zeit zu einer Verringerung des Artenreichtums führt. Je asymmetrischer die Konkurrenzsituation, also die Verteilung der realisierten Konkurrenzkraft aller Arten eines Bestandes unter den gegebenen Bedingungen, desto weniger Arten können in einem gegebenen Bestand koexistieren. Vergleichbare Zu-

sammenhänge lassen sich für die artspezifisch unterschiedliche Nutzung des verfügbaren Wassers auf einen Artenbestand - Stichwort "Wassersparer" und "Wasserverschwender" im Experiment nachweisen und theoretisch erklären (KUNH 1984).

Verschiedene Faktoren können die "Asymmetrie" der Konkurrenzsituation beeinflussen. Die Konkurrenzkraft der Einzelart ist dabei als ein genetisch fixierter Merkmalskomplex aufzufassen, dessen Ausprägung durch Umwelteinflüsse abgewandelt werden kann. So bewirkt etwa eine regelmäßige, gleichförmige Verringerung der Höhe aller Pflanzen eines Bestandes durch Mahd oder Beweidung eine symmetrischere Verteilung der tatsächlichen Lichtkonkurrenz unter den Arten (ZOBEL 1992). Dadurch erhöhen sich die Koexistenzmöglichkeiten und somit auch die Diversität bzw. der Artenreichtum dieses Bestands im Vergleich zur ungemähten/unbeweideten Situation (ARMESTO & PICKETT 1985, GIBSON & BROWN 1991).

Der Wettbewerb unter Pflanzen um Licht ist besonders stark asymmetrisch, da davon viele konkurrenzentscheidende Prozesse wie Nettophotosyntheserate, Wachstumsgeschwindigkeit und Zuwachsrates an Biomasse direkt abhängig sind (HARPER 1977). Bei Beschattung durch eine höherwüchsige Art kann daher eine niedrigwüchsige mit der Zeit verdrängt werden. Ob dabei wirklich nur der Lichtfaktor oder z.B. auch die (teilweise von der Belichtung abhängige) Versorgung mit Wasser und Nährstoffen den ausschlaggebenden Faktor darstellt, kann aber letztlich selten entschieden werden, da die Einzel-faktoren zu stark miteinander korreliert sind (HARPER 1977: 364). Gerade in ungedüngten Grasfluren kann außerdem die Wurzelkonkurrenz eine große, evt. sogar größere Rolle als die der oberirdischen Sprosse spielen (SNAYDON & HOWE 1986, WEINER 1986), sie ist jedoch bisher nur wenig untersucht.

Eine durch das Brachfallen von Magerrasen ausgelöste Sukzession, verbunden mit dem Aufkommen von Gehölzen, sollte somit aufgrund der stärkeren Beschattung eine Verringerung des Artenreichtums bewirken. HAKES (1984) konnte dies z.B. anhand der zunehmenden Dominanz von *Brachypodium pinnatum* in einem brachgefallenen, verbuschten *Gentiano-Koelerietum* und der damit einhergehenden Diversitätsabnahme belegen. Gleichlaufende Effekte sind auch bei einem erhöhten Nährstoffeintrag zu erwarten, da die artspezifische Nutzbarkeit der Nährstoffe und ihre Umsetzung in Biomasse sehr unterschiedlich ist. So konnten etwa GRIME & CURTIS (1976) nachweisen, daß *Arrhenatherum elatius* unter Trockenstreß *Festuca ovina* in der Konkurrenz unterlegen ist, wenn zugleich die Stickstoff- und Phosphornachlieferung aus dem Boden eingeschränkt ist, wenn also ein zusätzlicher "Nährstoffstreß" auftritt. Bei guter Stickstoffversorgung (und fehlender Mahd oder Beweidung) wird *Arrhenatherum* dagegen überproportional stark gegenüber anderen Grasarten im Zuwachs gefördert (GRIME 1979, siehe auch ELLENBERG 1986).

Zusammenfassend ist also festzuhalten, daß sich diffuse Nährstoffeinträge v.a. auf die Lichtkonkurrenz der Pflanzen artspezifisch auswirken und daß dadurch bestimmte Arten durch andere verdrängt werden können. Die verdrängten Arten sind überwiegend solche, die auch bei guter Nährstoffversorgung nur eine relativ geringe Biomassezunahme zeigen und sich daher unter der gegebenen Situation der Eutrophierung als weniger konkurrenzkräftig erweisen. Zu erwarten ist in Kalk-Magerrasen eine Ausbreitung von hoch- und raschwüchsigen Arten und, damit einhergehend, eine Verdrängung von Magerkeitszeigern sowie von klein- und langsamwüchsigen Arten, wie sie viele Lückenbesiedler und xeromorphe, typische Trockenrasenarten darstellen. Diese theoretisch postulierbaren Veränderungen können anhand der Artenkombinationsveränderungen für beide Vergleichszeiträume und in allen pflanzensoziologischen Einheiten tatsächlich belegt werden, so daß neben den Auswirkungen der Nutzungsextensivierung auch solche der Eutrophierung als Ursachen wahrscheinlich sind.

#### 4.4.2 Vergleich mit anderen Untersuchungen

Zunächst sollen die Ergebnisse mit solchen aus der Literatur, die aus ähnlichen oder nahestehenden Vegetationseinheiten stammen, verglichen werden. Nach ENGEL (1988) und STEUBING & BUCHWALD (1989) führt der Eintrag von Stickstoff sowie Phosphor und Schwefel über die Luft mit der Zeit zu einer Eutrophierung des nährstoffarmen Standorts der untersuchten norddeutschen **Sand-Ginsterheide** (*Genisto anglicae-Callunetum cladonietosum*). Der erhöhte Nährstoffgehalt des Substrats fördert die Entwicklung der Gräser (v.a. *Deschampsia flexuosa*) und damit deren Konkurrenzkraft weit mehr als diejenige von *Calluna vulgaris*. Der Grund liegt z.T. in der unterschiedlich hohen Aktivität der Nitratreduktase bzw. in der artspezifischen Verwertbarkeit von Nitrat-Stickstoff (bei *Calluna* sehr gering, bei *Deschampsia* durch das Angebot deutlich steigerbar). Hinzu kommen weitere Effekte wie ein Einfluß auf die Mykorrhiza, verminderte Frostresistenz und erhöhte Anfälligkeit für Heidekäfer-Befall, die das Konkurrenzgleichgewicht zuungunsten von *Calluna* verschieben.

RÖDEL (1987) stellt in verschiedenen Pflanzengesellschaften in Niedersachsen eine deutliche Zunahme des Stickstoffwerts nach ELLENBERG (1979) von durchschnittlich 4,1 auf 5,0 sowie ein gleichzeitiges Absinken des Feuchtwertes von 5,7 auf 5,4 in dem Vergleichszeitraum von 30 Jahren (1950/59 bis 1982/83) fest. Für das **Grünland** (v. a. *Lolio-Cynosuretum*) ist dabei der Anstieg der Stickstoffwerte besonders deutlich, sichtbar am Zeigerwertespektrum. RÖDEL führt als mögliche Ursachen einen Nährstoffeintrag über die Luft, die Zunahme der Düngermengen sowie die Auswirkung von Grundwasserabsenkungen an, die durch bessere Boden-

durchlüftung eine intensivere Nitrifikation bedingen (a.a.O.: 192). Im Unterschied zu vorliegender Untersuchung deuten die erniedrigten Feuchtwerte klar auf letzteres hin, so daß das Ausmaß der immissionsbedingten Veränderungen kaum abzuschätzen ist.

PAULSEN (1988) vergleicht Aufnahmen von **Mesobrometum**-Beständen ZOLLERS (1954 a) aus einem Teil des Schweizer Jura und stellt dabei eine Erhöhung der Stickstoffzeigerwerte um 0,15-0,18 Einheiten fest. Er bemerkt dazu (S. 59): "Mesophile Arten und Nährstoffzeiger wie *Lolium perenne*, *Poa pratensis* usw. treten wenig zahlreich, aber auffallend stetig auch in denjenigen Flächen neu auf, wo sicher nie eine Bewirtschaftungsänderung oder Düngung erfolgt ist". Daher führt er das Neuaufreten solcher Arten auf den Eintrag von Stickstoffverbindungen über die Luft zurück.

Für **Kalk-Magerrasen** liegen (abgesehen von der kurzen Betrachtung in PAULSEN 1988) nach Kenntnis des Autors keine detaillierten Untersuchungen über eutrophierungsbedingte Artenverschiebungen vor. Einzig in QUINGER et al. (1990: 115 ff.) werden einige Arten genannt, die "zu den Nutznießern von Eutrophierungen" gehören und den folgenden Gruppen zugeordnet werden (im folgenden zitiert):

#### Artengruppe 1:

Bezeichnende Arten der *Mesobromion*-Gesellschaften, die durch Eutrophierung hohe Deckungswerte erreichen und oft auffällige Herden bilden:

- Centaurea jacea ssp. angustifolia
- Centaurea scabiosa
- Coronilla varia
- Dianthus carthusianorum
- Galium verum ssp. verum
- Helictotrichon pubescens
- Koeleria pyramidata
- Medicago lupulina
- Primula veris
- Rhinanthus angustifolius ssp. angustifolius
- Salvia pratensis.

Für fast alle genannten Arten (mit Ausnahme von *Primula veris*) ist auch in vorliegender Arbeit eine signifikante Zunahme in den Wiederholungsaufnahmen zu verzeichnen (siehe Kap. 3.3).

#### Artengruppe 2:

Typische Arten der Fettwiesen, die vorher höchstens punktweise und in kümmerlicher Form anzutreffen waren und sich zunehmend nach Nährstoffeinträgen etablieren:

- Achillea millefolium ssp. millefolium
- Arrhenatherum elatius
- Bellis perennis
- Crepis biennis
- Cynosurus cristatus
- Dactylis glomerata
- Galium album ssp. album
- Pastinaca sativa

- Plantago lanceolata
- Poa pratensis
- Poa trivialis
- Taraxacum officinale agg.
- Trifolium pratense ssp. pratense
- Trifolium repens
- Trisetum flavescens.

Auch in der vorliegenden Untersuchung ist bei vielen Arten dieser Gruppe eine signifikante Zunahme, meist sogar ein Neuaufreten zu verzeichnen. Nicht in den Wiederholungsaufnahmen vertreten sind *Bellis*, *Crepis*, *Cynosurus* und *Poa trivialis*. Die Veränderungstendenzen bei *Plantago lanceolata* und *Trifolium repens* sind teilweise gegenläufig. Zusätzlich können einige weitere Arten wie *Senecio jacobaea* und *Tragopogon orientale* bei dieser Gruppe angeführt werden. Letztere Art führen QUINGER et al. in der 3. Gruppe an.

#### Artengruppe 3:

Wiesenpflanzen des eutrophen *Mesobromion* und mageren *Arrhenatherion*, die in unbeeinflussten Halbtrockenrasen eine untergeordnete Rolle spielen, in eutrophierten jedoch oft auffällige Massenbestände bilden:

- Anthoxanthum odoratum
- Centaurea jacea ssp. jacea
- Knautia arvensis
- Leucanthemum vulgare
- Lotus corniculatus
- Medicago falcata
- Veronica arvensis
- Veronica chamaedrys.

Aus dieser Artengruppe treten - wohl z.T. methodisch, aufgrund der Wahl der Aufnahmeflächen bedingt (siehe Kap. 2.2.1.2) - nur einige Arten deutlich häufiger in den Wiederholungsaufnahmen als in den Erstaufnahmen auf, nämlich *Knautia*, *Medicago* und *Lotus*. *Leucanthemum* verhält sich unterschiedlich, hier ist teilweise eine Zu- bzw. eine Abnahme zu verzeichnen (siehe dazu auch Kap. 2.2.3). Die anderen Arten kommen nicht oder nur in einer zu geringen Zahl an Aufnahmen vor, als daß abgesicherte Aussagen getroffen werden können.

Insgesamt gesehen ist eine große und weitgehende (qualitative) Übereinstimmung der in QUINGER et al. (1990) genannten Arten mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit festzuhalten. Unterschiede im quantitativen Auftreten der Arten sind vermutlich v.a. auf die verwendete Methode zurückzuführen (siehe Kap. 2.2.1.2), da dadurch nur die Minimal-Veränderungen sichtbar werden.

### 4.4.3 Standortabhängigkeit der Eutrophierungsauswirkungen

Aus den Ergebnissen vorliegender Untersuchung wird deutlich, daß die Auswirkungen einer Eutrophierung je nach Standort qualitativ und quantitativ unterschiedlich ausgeprägt sind. Aus den in Kap. 3.3 dargestellten Ergebnissen wird insbesondere deut-

lich, daß sich **Eutrophierungszeiger** (v.a. Fettwiesensarten, siehe Kap. 4.4.2) in den Beständen **auf den trockeneren und nährstoffärmeren Standorten** - dem *Pulsatillo-Caricetum* und dem *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* - **weniger leicht etablieren können als auf den frischeren, nährstoffreicheren Standorten** - i.w. das *Gentiano-Koelerietum typicum*. Nach WILMANN (1988) hatten in ca. 40 Jahren auch in dem untersuchten *Xerobrometum artemisietosum*, einer sehr lückigen Einheit auf den trockensten Böden im Kaiserstuhl, kaum Änderungen stattgefunden, die sich auf Immissionseinflüsse zurückführen ließen. GEHRT (1992) vergleicht verschiedene feuchte Ausbildungen von Magerweiden (*Gentiano-Koelerietum*) im Schweizer Jura und stellt ebenfalls eine relativ hohe Persistenz der Ausbildungen auf trockenen Standorten im Vergleich zu denjenigen auf frischen gegenüber Veränderungen von außen fest.

Gleichzeitig sind jedoch die **Artenverluste** in den Einheiten **auf den trockeneren Standorte höher** als in denjenigen auf den frischeren. Dies wird v.a. am Ausfall bzw. der Abnahme vieler Lückenzeiger deutlich (siehe Kap. 3.3) und ist im wesentlichen auf das Nachlassen der Beweidung zurückzuführen. Da die Einheiten auf den frischeren Standorten bereits zum Zeitpunkt der Erstaufnahmen weniger artenreich waren (siehe Kap. 3.2.2), wirkt sich die Nutzungsänderung dort, zumindest was die Artenzahlen betrifft, weniger stark aus.

Eine Erklärung für diese Standortabhängigkeit ist offenbar in den **Auswirkungen der Trockenheit** zu suchen, wie im folgenden näher ausgeführt werden soll. Dabei ist zu berücksichtigen, daß häufig nicht die aktuelle Trockenheit des Bodens, etwa in einem Untersuchungs-jahr, entscheidend für die Etablierung bzw. den Verlust von Arten ist, sondern die Häufigkeit und Regelmäßigkeit extremer Trockenereignisse. Dies bedingt etwa, daß sich zwar in relativ feuchteren Jahren Gehölze in echten Trockenrasen (*Xerobrometen*) etablieren können, während extremer Trockenperioden aber oft so stark geschädigt werden (WILMANN 1989), daß sie sich dort kaum ausbreiten.

Nach KLAPP (1965) wird die **Nitrifikation durch Trockenheit stark gehemmt**. Der weitaus größte Teil der Boden-Mikroorganismen, die die Nitrifikation durchführen, hat sein Temperaturoptimum bei 10-35° C (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989). Im Sommer treten in Kalk-Magerrasen aber deutlich höhere Bodentemperaturen auf. Dabei ist zu bedenken, daß die Magerrasen meist an südexponierten, mäßig bis steil geneigten Hängen zu finden sind, wo trotz der Lage Mitteleuropas in nördlichen Breiten bereits ab April Einstrahlungswinkel herrschen, wie sie in den Subtropen die Regel sind (fast senkrechte Einstrahlungswinkel bei 45° Hangneigung). Zwar werden erst ab 80° C die Mehrzahl der Bodenlebewesen abgetötet (a.a.O.), doch ist im Sommer mit deutlichen temperaturbedingten Einschränkungen der mikrobiellen Aktivität zu rechnen.

Allerdings können einige xerotolerante Mikroorganismen auch bei starker Bodentrockenheit zumindest die Ammonifikation teilweise aufrechterhalten (WETSELAAR 1968). Außerdem kann auch durch Hitze Ammonium aus der organischen Substanz freigesetzt werden (SCHREVEN 1967).

**Dürrestreß** führt zur **Inaktivierung der Nitratreduktase** (HAVILL et al. (1977), desjenigen Enzyms, das die Nitrifikation durchführt. Da die Aktivität dieses Enzyms vom pH-Wert abhängt, kann es dadurch speziell auf Kalkböden bei Trockenheit zu Stickstoff-Mangel kommen (LLOYD & PIGOTT 1967, KINZEL 1982).

Die Inaktivierung ist jedoch reversibel. Ein Anstieg der Bodenfeuchte nach vorhergehender Austrocknung bewirkt daher einen starken Anstieg der Mineralisationsrate der Mikroorganismen (KIEFT et al. 1987). Die Bodenflora vermag also selbst kurze, günstige Klimasituationen sofort auszunutzen. Auch einige Höhere Pflanzen sind anscheinend an periodischen Nitratmangel insofern angepaßt, als daß sie in Zeiten mit guter Nitratversorgung ihre Assimilationskapazität voll ausnützen, um genügend Stickstoff anzuhäufen und damit auch in Mangelperioden ein gewisses Wachstum aufrechterhalten können. LEE & STEWART (1978) konnten dies z.B. für *Helianthemum nummularium* nachweisen. Nach den Untersuchungen von LEUSCHNER (1989) unterscheiden sich *Xerobromion*- und *Mesobromion*-Gesellschaften deutlich im Wasserhaushalt, im Ausmaß der Temperaturschwankungen in Bestand und Boden sowie in der Stickstoffnachlieferung. Erstere besiedeln trockenere Standorte auf extrem flachgründigen Böden über klüftigem Gestein, während *Mesobromion*-Bestände auf tiefgründigeren Böden mit weiter fortgeschrittener Entwicklungsstufe und entsprechend günstigerem Wasserhaushalt zu finden sind. Die *Xerobromion*-Gesellschaften (in vorliegender Arbeit vertreten durch das *Pulsatillo-Caricetum*; das *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis* ist zwar zum *Mesobromion* zu rechnen, tendiert jedoch zum *Xerobromion*) sind aufgrund der geringeren Wasserverfügbarkeit lückiger, sie trocknen im Sommer besonders leicht und rasch aus und weisen extreme Temperaturwechsel auf. Die Stickstoff-Mineralisation ist daher dort stärker gehemmt als auf den frischeren Standorten des *Mesobromion* (hier also v.a. des *Gentiano-Koelerietum typicum*).

Nach ENGEL (1988) wird über Luftschadstoffe eingetragener Schwefel nur zum Teil, Stickstoff hingegen weitgehend im Bestand und der Humusaufgabe gespeichert. Die Verluste von Schwefel und Stickstoff (v.a. durch Auswaschung) sind jedoch annähernd gleich. Dadurch ergibt sich für das von ihm untersuchte Sand-Ginsterheide-Ökosystem eine Netto-Akkumulation des eingetragenen Stickstoffs. Auf den wesentlich klüftigeren Kalkunterlagen der Kalk-Magerrasen liegen die Verhältnisse jedoch sehr wahrscheinlich deutlich anders, denn hier ist mit einer beträchtlichen Auswaschung zu rechnen. Dies wird durch die geringe Vegetationsbedeckung

und den sehr flachgründigen Boden noch verschärft. Nach Kenntnis des Autors liegen dazu jedoch keine Meßdaten vor.

Insgesamt ist also zu vermuten, daß die **stickstoffhaltigen Depositionen** im Fall der Kalk-Magerrasen, zumindest wenn sie lückig genug sind,

zum einen **nur teilweise** (aufgrund der Auswaschung) **für die mikrobielle Umsetzung verfügbar sind**,

und zum anderen auch **nur teilweise** (aufgrund der starken Austrocknung) **in pflanzenwirksame Verbindungen umgesetzt werden**.

Damit sind die oben kurz dargestellten standörtlichen Unterschiede der Eutrophierungsauswirkung plausibel erklärbar.

## 5. Konsequenzen aus den Ergebnissen

### 5.1 Konsequenzen für Schutz-, Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen

KAULE (1986: 266 ff.) setzt das Alter der Ökosysteme "Trockenrasen und Heiden", zu dem auch die Kalk-Magerrasen zu rechnen sind, auf 250 bis 1000 Jahre an. Nach seinen Ausführungen ist ein derart hohes Alter von Ökosystemen im Rahmen von Naturschutzmaßnahmen weder zu ersetzen noch wiederherzustellen, insbesondere wenn man berücksichtigt, daß der Planungshorizont von Naturschutzmaßnahmen nur etwa 10 bis maximal 50 Jahre beträgt. Auch KUHN (1984: 93) betont mit GIGON (1981) die hohe Bedeutung des Bestandesalters. Der Artenreichtum von Halbtrockenrasen und damit auch der Kalk-Magerrasen ist danach als Ergebnis eines langen, sich selbst aufschaukelnden Prozesses mit positiver Rückkopplung zu sehen, in dessen Verlauf sich verschiedenste Lebensstrategien und auch Ökotypen herausbilden konnten, die nun miteinander koexistieren können.

Kalk-Magerrasen müssen daher als unersetzbarer Lebensraum absoluten Vorrang bei jeglichen Schutzmaßnahmen erhalten. Ihre Neuschaffung ist nicht möglich, ihre Verpflanzung äußerst fragwürdig, da mit starken qualitativen Veränderungen verbunden und somit kaum sinnvoll (MÜLLER 1990 b). Über das "Wie" ihres Schutzes und Erhalts kann und muß jedoch diskutiert werden; denn dazu gibt es in jedem Fall mehrere Möglichkeiten, deren Ausführung weitgehend von der jeweiligen Zielsetzung abhängt. Diese sollte daher für jedes Gebiet individuell festgelegt werden können.

Im folgenden sollen die wichtigsten Punkte zum Schutz und zur Pflege der untersuchten Kalk-Magerrasen näher diskutiert werden.

#### 5.1.1 Unterschutzstellung

Ein wesentlicher Punkt für die Erhaltung des Lebensraums "Kalk-Magerrasen" stellt der Schutz solcher Flächenteile dar, die über eine noch weitgehend intakte Artenausstattung verfügen (siehe auch Kap.

5.1.5). Nur von solchen Flächen aus kann eine Wiederausbreitung der Arten erfolgen. Zwar spielt für die Besiedlung ehemaliger, durch Entbuschung wieder freigelegter Magerrasenstandorte das vorhandene Diasporenreservoir eine dominierende Rolle, doch ist zu bedenken, daß erst für einige Arten bekannt ist, ob und über welche Art einer Samenbank sie verfügen (siehe z.B. POSCHLOD et al. 1991).

Bei der Pflege wird zwischen "Innenpflege" und "Außenpflege" (nach WESTHOFF 1976 und SCHMITT 1989) unterschieden. Zur Innenpflege zählen die unter Kap. 5.1.2 bis 5.1.4 angeführten Maßnahmen (Aushagerung, Beweidung und Entbuschung), zur Außenpflege die unter Kap. 5.1.5 und 5.1.6 genannten (Biotopverbund, Schutz vor Eutrophierung).

Wie die Ergebnisse zeigen, hat auf allen Standortvarianten eine Nährstoffanreicherung stattgefunden, die mit einer deutlichen Veränderung der Artenkombination (insbesondere das Aufkommen von Fettwiesenarten) einhergeht. Die heute typische Artenausstattung ist gegenüber den Zeitpunkten der Erstaufnahmen deutlich verarmt (v.a. Rückgang der Lückenzeiger, aber auch Zunahme von Saumarten), typische, differenzierende Begleitarten sind verschwunden oder stark zurückgegangen. Dies ist zumindest großteils auf Sukzessionsvorgänge zurückzuführen, die durch das Brachfallen nach ehemaliger Beweidung ausgelöst wurden.

Als Pflegemaßnahmen kommen daher in erster Linie solche in Frage, die eine Aushagerung und Verminderung der Biomasse sowie die Schaffung einer lückenreichen, offenen Struktur bewirken (siehe auch Kap. 4). Diese Maßnahmen sind umso dringlicher, als bereits auf großen Flächenteilen ehemals charakteristische Arten verschwunden sind.

#### 5.1.2 Aushagerung

Mehrere Untersuchungen zeigen, daß Schafbeweidung in der Regel eine Aushagerung bewirkt (bei nicht zu hoher Besatzdichte pro Flächeneinheit und bei Pferchung/Koppelung außerhalb der auszuagernden Flächen, siehe COULSON & WHITTAKER 1978, PERKINS 1978, WILLEMS 1983, WOIKE & ZIMMERMANN 1988). Sie kommt daher als primäre Pflegemaßnahme für die bereits an Arten verarmten Flächen in Betracht. Ein weiterer Grund für den Vorzug der Schafweide vor der Mahd - diese wird v.a. von Naturschutzverbänden als Pflegemaßnahme durchgeführt (siehe Liste 3 und 4 im Anhang) und ist meist wesentlich einfacher zu planen und bewerkstelligen, jedoch auch deutlich teurer - besteht darin, daß der überwiegende Teil der Untersuchungsstellen ehemals Schafweiden waren (siehe Kap. 3.7). Der ständige Sukzessionsdruck durch diese Nutzungsform brachte die typische Artenkombination der beweideten Magerrasen hervor, die sich dadurch von gemähten unterscheiden (OBERDORFER 1978). Zur Erhaltung dieser typischen Artenkombination ist daher die andauernde

Wirkung der sie hervorbringenden Selektionsfaktoren notwendige Voraussetzung!

Als extreme Maßnahme zur Aushagerung kann auch eine Abschiebung des Oberbodens in Frage kommen, speziell um Lückenbesiedlern neue Etablierungschancen zu geben und eine Regeneration von Arten der Kalk-Magerrasen aus der Samenbank zu ermöglichen. Dabei ist jedoch auch immer die Gefahr gegeben, daß von dieser Maßnahme vor allem Ruderalarten profitieren. Auch die Zusammensetzung des Untergrunds muß vor der Abschiebung beachtet werden (siehe WITSCHHEL 1991: 214).

### 5.1.3 Beweidung

#### 5.1.3.1 Beweidung durch Schafe

Nach eigenen Beobachtungen sind die für heutige Verhältnisse mäßig beweideten, kurzrasigen Flächen besonders artenreich. Auch GIBSON et al. (1987) und GIBSON & BROWN (1991) stellen eine Erhöhung des Artenreichtums und der Diversität auf beweideten Flächen gegenüber unbeweideten, brachliegenden Kontrollparzellen fest. Unter den von MÖSELER (1989) untersuchten *Gentiano-Koelerieten* in der Eifel sind die extensiv beweideten Bestände mit im Mittel 44 Arten die artenreichsten, obwohl diese vom ersten Eindruck her weniger blütenreich erscheinen als etwa gemähte oder brachliegende Kalk-Magerrasen.

Auch wenn dort nicht alle Arten zur Blüte kommen und viele Arten sehr kleinwüchsige, kleinblütige Formen oder verkürzte Infloreszenzen zeigen (siehe etwa GOTTHARD 1965), ist die Artenverarmung auf beweideten Flächen deutlich geringer als auf kaum oder gar nicht beweideten. Außerdem muß bedacht werden, daß vor allem bei mäßiger Beweidung stets genügend Saumflächen verbleiben, die kaum abgefressen werden (Selektivität des Schafverbisses, siehe Kap. 4.1.1.3), auf denen auch Magerrasenarten blühen können. Dies spricht auch für einen anzustrebenden Mosaikcharakter mit Gehölzinseln.

Das wichtigste und zugleich schwierigste Unterfangen bei der Durchführung einer Beweidung ist, das richtige Maß an Intensität zu finden; denn sowohl Unter- als auch Überbeweidung müssen vermieden werden, um die Artenvielfalt langfristig erhalten zu können.

Bezüglich der **Zahl der Weidegänge** zeigt es sich (Kap. 3.7), daß **mindestens 2, besser aber 3** Weidegänge jährlich notwendig sind, um den angestrebten Zustand der Magerrasen dauerhaft zu erhalten bzw. um ihn auf Flächen mit geringer bis mäßiger Artenverarmung zu erreichen. Es ist allerdings schwierig, die notwendige Besatzdichte abzuschätzen, da sie von vielerlei Faktoren abhängt, darunter v.a. Schaf rasse, Geländemorphologie, Ausgangszustand der Vegetation, Art der Weideführung, Jahreszeit, Zufütterung, "Gewöhnung" der Schafe an magere Wei-

deplätze, Art der vorher besuchten Weideplätze, Fraßverhalten der Artgenossen.

**Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Weidegängen** sollte eine **Ruhezeit von sechs bis acht Wochen** eingehalten werden (MÜNDEL & SCHUMACHER 1993). Dadurch können sich sowohl Pflanzen wie Kleintiere erholen.

Die besten **Zeitpunkte der Beweidung** hängen stark vom angestrebten Ziel ab: Erhaltung von Flächen mit möglichst hoher Artendiversität in Form von mosaikartig miteinander verzahnten Kleinflächen unterschiedlicher Struktur und Artenzusammensetzung oder in erster Linie Aushagerung und die Schaffung großflächiger, offener, relativ gleichförmiger Strukturen. Anzustreben ist in beiden Fällen ein **frühzeitiger erster Weidegang im Frühjahr**. Wie z.B. MATTERN (1985) und BRUCKHAUS (1988) betonen, bietet dies mehrere Vorteile:

Die typische **kurzrasige Struktur der Magerrasen bleibt erhalten**. Sie können sich dadurch frühzeitig und schnell erwärmen und das für eine Vielzahl von Arten **notwendige Mikroklima stellt sich rasch ein**.

**Zur Kotmineralisierung** steht ein **langer Zeitraum** zur Verfügung.

Bei frühzeitiger Beweidung werden **mehr Pflanzenarten zur Blüte kommen**. Bei einer erst später (im Sommer) einsetzenden Beweidung, wenn viele Pflanzenarten also bereits ihre Blütenstände ausgebildet haben, werden diese dagegen bevorzugt abgefressen (optisches Ausleseverhalten der Schafe! Siehe auch Kap. 4.1.1.3) oder zertrampelt.

Nachteilig kann sich eine frühzeitige einsetzende Beweidung allerdings auf den Orchideenbestand auswirken (MÖSELER 1989: 36).

Sowohl die **Besatzdichte** als auch die Zeitpunkte der Beweidung müssen daher jeweils im Einzelfall für jeden Magerrasenhang separat beurteilt werden. BUCHWALD & KUDERER (1973) halten **Richtwerte von 6-8 Schafe/ha** für Fiederzwenken-Halbtrockenrasen der Schwäbischen Alb für optimal. BRUCKHAUS (1988) empfiehlt ebenfalls eine derartige Dichte, HAKES (1987 a) empfiehlt 5 Schafe/ha, während WOIKE & ZIMMERMANN (1988) von **1-2 Schafen/ha an flachgründigen Südhängen** und von **8-10 Schafen/ha** (jeweils Merinolandschafe) **in ebenem bis schwach geneigtem Gelände** ausgehen. Nach MÜNDEL & SCHUMACHER (1993) sollte die Besatzdichte maximal 6 bis 12 Schafe oder Schafe und Ziegen bzw. ein bis zwei Rinder oder Kleinpferde je Hektar betragen, um die negativen Folgen einer Überbeweidung (v.a. direkte Trittschäden an den Pflanzen und Bodenerosion) zu vermeiden.

**Koppelflächen** müssen auf jeden Fall **außerhalb** der zu beweidenden Magerrasen zu Verfügung gestellt werden! Dies stellt jedoch nach Auskunft mehrerer Schäfer häufig den gravierendsten Engpaß bei der Durchführung einer Beweidung dar, neben den

oft mangelnden Wanderrouen bzw. aufwendigem Transport zwischen den Weideflächen.

**Stark vergraste Flächen** mit dichter, **verfilzter Streuauflage** sollten vor Beginn einer Beweidung zumindest einmal gemäht oder die **Streu abgereicht** werden; denn große Grashorste mit einer Vielzahl abgestorbener Blätter werden von den Schafen meist gemieden, vor allem wenn sich zartblättrigere Arten in der Nähe befinden (HOCHBERG 1985, KÖSTLER & KROGOLL 1991, sowie eigene Beobachtungen).

Mit der Einstellung der Beweidung oder Mahd breitet sich u.a. *Brachypodium pinnatum* aus, das in vielen Magerrasen hauptsächlich für die Vergrasung und Verfilzung verantwortlich ist. Mit zunehmendem Anteil von *Brachypodium* geht ein deutlicher Rückgang anderer Grasarten und Kräuter einher (BOBBINK 1987: 395). Entgegen anderen Ansichten (ELLENBERG 1986) wird nach Untersuchungen von KOENIES et al. (1991) diese Problemart auch in älteren Exemplaren abgefressen. Auch deren Nekromasse wird teilweise von den Schafen aufgenommen, zumindest von der in diesem Versuch verwendeten Rasse (Deutsches Schwarzköpfiges Fleischschaf), so daß die Verfilzung bereits nach zwei Jahren deutlich gemindert wurde. Dies führte jedoch in von *Brachypodium* dominierten Flächen kaum zu Veränderungen in der Dominanzstruktur, zumindest nicht während des relativ kurzen Beobachtungszeitraums.

Nach KOENIES et al. (1991) bietet als **Weideform** die Umtriebsweide "aufgrund der ausgezeichneten räumlichen und zeitlichen Steuerungsmöglichkeiten des Freßverhaltens und der Verbißintensität" gegenüber der Wanderschäferei mit der Gefahr starker Trittschäden zumindest auf stark verfilzten und verbuschten Halbtrockenrasen große Vorteile. "Befürchteten Eutrophierungseffekten, die sich bisher (nach zwei Jahren) nicht bestätigt haben, kann bisweilen durch geschickte Zaunführung begegnet werden, indem ebene Bereiche miteinbezogen werden, die außerhalb der meist hängigen Halbtrockenrasen liegen, wo die Tiere gern lagern und dann auch koten" (a.a.O.: 97).

Aus Kostengründen wäre auch zu bedenken, ob auf manchen Flächen eine extensive Standweide statt der Hutungsweide in Betracht käme. Diese ist billiger, leichter zu organisieren (keine Transportprobleme!) und kommt nach KLAPP (1971) in der Wirkung der Huteweide gleich. Es ist jedenfalls besser, eine solche, vielleicht nicht ideale Weideform durchzuführen, als gar keine und die Flächen verbrauchen zu lassen.

### 5.1.3.2 Beweidung durch Ziegen

Es war und ist durchaus verbreitet, 1-2 Ziegen pro Schafherde mitzuführen. Obwohl zumindest in manchen Gebieten früher wohl auch reine Ziegenherden zur Beweidung von Kalk-Magerrasen verwendet wurden (BÖTTCHER et al. 1992), ist dies heute wegen der schwierigen Haltung (ausreichende

Höhe der Koppelzäune!) und schlechten Absatzmöglichkeiten für Milch und Fleisch absolut unüblich.

Ziegen bevorzugen Gehölze als Futterpflanzen (a.a.O.) und verbeißen auch ältere Gebüsche oder schädigen sie durch Ringeln, während diese von Schafen weitgehend gemieden oder nur im Jungzustand gefressen werden. Dies trifft etwa für Schlehe, Weißdorn, Brombeere und Faulbaum (WILMANN & MÜLLER 1977), sogar für Wacholder und Kiefer (HAKES 1987 a) zu. Ziegen können daher zum Vermeiden von Gehölzaufkommen sinnvoll eingesetzt werden.

### 5.1.3.3 Beweidung durch Rinder

Aus den Angaben in der Erhebung der Nutzungsgeschichte (siehe Kap. 3.7.1) wird deutlich, daß neben Schafen früher auch Rinder zur Beweidung der Kalk-Magerrasen verwendet wurden, eine Nutzungsform, die nach Bestätigung von Anwohnern wohl vorwiegend in den 50er bis zum Beginn der 60er Jahre recht verbreitet gewesen sein muß. Heute wird ihre Einsatzmöglichkeit unterschiedlich bewertet (BRUCKHAUS 1988, BÖTTCHER et al. 1992). Wegen ihres größeren Gewichts und den dadurch bedingten stärkeren Trittschäden sowie daher, daß in den meisten Flächen für das Entstehen der Artenkombination doch letztendlich eine Schafbeweidung verantwortlich war, würde eine Rinderbeweidung eine Änderung der Artenzusammensetzung hervorrufen, die nicht erwünscht sein kann. Daher ist von ihr abzuraten, ganz abgesehen von den wohl sehr schwierigen ökonomischen Randbedingungen. Eine Ausnahme stellt die Beweidung mit Galloways dar, einer robusten und anspruchslosen Rasse, mit denen nach bisheriger Kenntnis auch längerfristig gute Erfolge erzielt werden können (siehe z.B. QUINGER et al. 1990).

### 5.1.4 Entbuschung

Zur Erhaltung der typischen Artenkombination der beschriebenen Halbtrockenrasen ist eine weitgehend offene und lückenreiche, relativ kurzrasige Bestandesstruktur notwendig. Aufkommende Gehölze sind in diesem Zusammenhang als unerwünscht zu bewerten. Einer hohen faunistischen Artenvielfalt ist jedoch eine mosaikartige Strukturvielfalt förderlich, die durch kurz- und längerrasige Bereiche sowie Gebüschinseln mit vorgelagerten Säumen erreicht wird. Dies sind zwei gegensätzliche Zielsetzungen, die von Fall zu Fall abgewogen und entschieden werden müssen. Die wenigen noch vorhandenen, großflächigen und kaum verbuschten Magerrasen sollten jedoch auf jeden Fall weitgehend offen und gehölzfrei gehalten werden, um den (Tier- und Pflanzen-) Arten dieses Lebensraumes ausreichende Populationsgrößen zu sichern.

Es ist unumstritten, daß eine Schafbeweidung, bei Bedarf ergänzt durch Ziegen (siehe Kap. 5.1.3.2), die beste Pflegeform zum Erhalt der Magerrasen

darstellt. Da Schafe stets selektiv weiden (siehe Kap. 4.1.1.3) und weit weniger gleichmäßig "arbeiten" als Sense und Balkenmäher, bleibt dadurch stets auch eine gewisse Strukturvielfalt erhalten, solange die Beweidung nicht zu intensiv erfolgt.

Um die Bestände gehölzfrei zu halten, empfiehlt ELLENBERG (1986: 644), "so lange wie möglich nichts zu tun". Er beschreibt einige Halbtrockenrasen in der Nähe von Göttingen, die schon seit mehr als 40 Jahren baumfrei sind, und bemerkt dazu, daß das "Haupthindernis für das Vordringen von Holzgewächsen ... die Masse toter Blätter" ist, "die ... den Boden wie ein dichter Filz überdeckt". Die Streu verhindert auf solchen Flächen wirkungsvoll die Keimung von Gehölzarten, die den Kontakt zum Mineralboden, also offene Stellen im Rasen, zur Etablierung benötigen. Auch MÜLLER (1966) führt bei seinen Untersuchungen an *Xerobrometen* im Naturschutzgebiet Hohentwiel an, daß diese nach einem Zeitraum von mehr als 30 Jahren noch nicht wiederbewaldet waren.

KRAUSE (1974) spricht in diesem Zusammenhang vom "Beharrungsvermögen grasartiger Bestände", KNAPP (1979) nennt die verzögerte Gehölzeta-blierung aufgrund fehlender Keimstellen in solchen, von Grasartigen dominierten Beständen "retardierte Sukzession", WILMANN (1984) betont deren "syndynamische Zähigkeit". Auch einige Flächen der Wiederholungsaufnahmen verfügten teilweise über eine sehr dichte Streuschicht (siehe dazu die Angaben in den Tab. 7 und 8 im Anhang), die die Verbuschung offensichtlich über einen längeren Zeitraum hinauszögert, da sie trotz längerer Brache noch weitgehend gehölzfrei waren. Bei den Vegetationsaufnahmen konnten Gehölzkeimlinge (am häufigsten von *Pinus sylvestris*, ein Rohbodenkeimer) vorwiegend in kleinen Rasenlücken oder in Felspalten an flachen bis mäßig geneigten Magerrasen beobachtet werden. Je flachgründiger und felsreicher die Flächen waren, desto seltener traten i.a. Gehölzkeimlinge auf.

Bei einer Entbuschung ist also stets die Gefahr gegeben, den Gehölzen verbesserte Ansaat- und Keimbedingungen zu schaffen. Bereits in Teilen verbuschte Magerrasen können am besten im Winter entbuscht werden, da dann die Gefahr von Verletzungen der Bodendecke, die als neue Keimstellen für die Gehölze dienen, am geringsten ist (HARNISCHMACHER 1988).

Unter Umständen kann eine Entbuschung auch sinnvoll sein, um eine gezielte Weideführung zu gewährleisten; denn Schafe als ausgesprochene Herdentiere benötigen stets einen Sichtkontakt, damit in unübersichtlichem Gelände die Herde nicht unruhig wird und dadurch der Weideerfolg leidet (BÖTTCHER et al. 1992: 280).

### 5.1.5 Biotopverbund

Nach RIESS (1988: 104) sind zum Aufbau eines Biotopverbundsystems für Trockenstandorte fol-

gende Biotoptypen geeignet: Brachflächen, Acker-raine, Wiesenrandstreifen, Wegeböschungen, abgeschobene Flächen, Uferböschungen, Sandäcker, Lesesteinreihen, Trockensteinmauern und Ruderalfluren.

Nach Erfahrung des Autors können darüberhinaus Wald- und Gebüschsäume (in sonniger Lage und bei entsprechenden Böden) als sehr geeignete Verbundbiotope angesehen werden, da sie - zumindest im Untersuchungsgebiet - oft in Kontakt mit noch weitgehend intakten Magerrasen stehen und dann zumindest einem größeren Teil der Arten zusätzlichen Lebensraum bieten, sowie bei Zerstörung der Magerrasenflächen diesen Arten auch als Rückzugsmöglichkeit dienen können (siehe dazu auch Kap. 2.2.2). Dies ist auch plausibel, da nach ZOLLER (1954 b) viele Arten der Magerrasen ursprünglich aus Säumen und Waldlichtungen stammen.

Bezüglich der notwendigen Flächengrößen gibt es bereits einige Daten, die sich meist auf bestimmte Tierarten oder -gruppen beziehen. Als Minimalareal für charakteristische Insektenarten der zusammengefaßten Biotoptypen Trockenrasen, Sand- und Felsfluren werden 3 ha angegeben (nach RIESS 1988). Damit die Population eines Gebiets langfristig überlebensfähig bleibt, dürfen die Teilpopulationen maximal 1-3 km voneinander entfernt liegen, die Teilflächen sollen dabei weniger als 100 m voneinander getrennt sein.

Auf die Details und vielen ungeklärten Fragen im Zusammenhang mit der Biotopverbundplanung, wie z.B. die Ermittlung minimaler Biotopgrößen, kann hier nicht näher eingegangen werden. Es sei nur soviel dazu bemerkt:

Die Vernetzungsmöglichkeiten durch linienhafte ("Netzfäden") und punkt- bis kleinflächenartige ("Trittsteine") Verbindungsbiotope sind gerade bei Kalk-Magerrasen als günstig einzuschätzen (PLACHTER 1991: 346). Je nach Tier- und Pflanzenart ist der eine oder andere Verbindungstyp besser zur Ausbreitung geeignet. Daher muß stets eine Kombination beider verwirklicht werden.

Grundsätzlich darf vom Biotopverbund nicht zu viel erwartet werden. Auf einige kritische Punkte weisen PLACHTER (1991: 345 ff.) und MAAS (1994) hin. Sie betonen, daß die Ausbreitungsfähigkeit vieler Pflanzenarten sowie selbst mobiler Tiergruppen wie den Schmetterlingen entlang linienhafter Biotopstrukturen meist deutlich überschätzt wird (siehe z.B. SETTELE & ROWECK 1989). Unter den Pflanzen gilt dies gerade für einige der am stärksten gefährdeten Pflanzenarten der Trocken- und Halbtrockenrasen, die häufig nur sehr geringe Ausbreitungsgeschwindigkeiten aufweisen (siehe Kap. 1.1).

Der "beste" Biotopverbund ist zwecklos, wenn die Populationen der zu vernetzenden Biotopflächen bereits an der unteren Grenze ihrer zum Überleben notwendigen Größe liegen und daher aufgrund zu geringer Produktion von Diasporen

die neu geschaffenen Wuchsorte nicht besiedelt werden können. Der Erhalt und die behutsame Vergrößerung noch bestehender, intakter Biotope muß also auf jeden Fall Vorrang haben, da er wesentlich wahrscheinlicher zu den gewünschten Ergebnissen führt!

Selbst ein funktionierender Biotopverbund kann (auch bei gleicher Flächengröße! Siehe REICH-HOLF 1988) keinesfalls die Funktion eines großflächigen, intakten und ungestörten Lebensraumes ersetzen. Dies unterstreicht nochmals die immer wieder von mehreren Autoren erhobene Forderung nach absolut vordringlicher Unterschutzstellung der wenigen, noch vorhandenen Restbiotope mit großer Flächenausdehnung, die bei halbnatürlichen Ökosystemen wie den Kalk-Magerrasen natürlich mit einer geeigneten Pflege verbunden sein muß.

Die nach Ansicht des Autors zum Aufbau eines Biotopverbundsystems besonders geeigneten Gebiete im Rahmen der Untersuchungsstellen sind folgende: oberes Wörnitztal um (nördlich) Harburg; unteres Altmühltal mit Schambachtal (Altmannstein-Riedenburg-Kelheim); unteres Laabertal von Laaber bis Sinzing; Gebiet um Kallmünz unter Einbeziehung der Flächen bis Hohenfels; oberes Wiesental mit Verbindung zum Kleinziegenfelder Tal.

### 5.1.6 Schutz vor Eutrophierung

Es liegt auf der Hand, daß aufgrund des grenzüberschreitenden Transports von Luftschadstoffen Magerrasenflächen (wie auch alle anderen davon betroffenen Biotoptypen) **nur durch internationale Zusammenarbeit** wirksam vor dem Eintrag von Nährstoffen über die Luft geschützt werden können. Dazu ist v.a. eine europaweite, wirksame Vermeidung unnötigen Verkehrs nötig, was sowohl den Transportverkehr als auch den Individualverkehr betrifft. Dazu könnten eine Vielzahl von Maßnahmen ergriffen werden, die bis zur drastischen Erhöhung der Mineralölpreise reichen. Zu fordern ist außerdem eine weitere Verringerung der zulässigen Emissionswerte für Verbrennungsanlagen aller Art, im wesentlichen von Kfz-Motoren und Kraftwerkfeuerungsanlagen als den Hauptemittenten, soweit dies technisch möglich ist.

Da ein sehr beträchtlicher Teil der luftverbreiteten Stickstoffverbindungen aus der Viehhaltung stammt (siehe Kap. 1.2), die v.a. lokal starke Auswirkungen haben können, müssen auch hier gezielte Maßnahmen zur Verminderung ergriffen werden. Das Umweltbundesamt empfiehlt dazu verschiedene Maßnahmen (UMWELTBUNDESAMT 1993: 251), etwa die geschlossene Gülle- bzw. Mistlagerung, die Aufbereitung der Gülle zur Stickstoffabscheidung, die zeit- und mengenmäßige Begrenzung der Düngerausbringung und v.a. die Reduzierung der Masentierhaltung. Wie die vorgeschlagenen Maßnahmen technisch und organisatorisch konkret umge-

setzt werden sollen, ist derzeit noch unklar, erst seit jüngster Zeit werden Möglichkeiten dazu erarbeitet. Die Ammoniakverluste bei der Gülleausbringung könnten durch die unmittelbare Einarbeitung in den Boden zwar um 70-90 % verringert werden, doch bemerkt das Umweltbundesamt dazu, daß eine dadurch resultierende "Überfrachtung des Bodens und des Grundwassers mit Nitrat nur dann vermieden werden könnte, wenn eine geringere Gülleausbringung pro Hektar erfolgen würde" (a.a.O.), zumal derzeit auf intensiv gedüngten Böden der Überschusseintrag an Stickstoff bereits 170 kg/ha jährlich beträgt.

Neben diesen landesweit bzw. grenzüberschreitend umzusetzenden Maßnahmen kann jedoch auch lokal viel erreicht werden. Vor allem intakte Magerrasenflächen müssen dabei vor Eutrophierung durch Düngereinwehung und Nährstoffeinschwemmung aus angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen geschützt werden. Dabei ist grundsätzlich eine **Reduzierung der Düngermenge** und eine **bessere Steuerung des Zeitpunkts der Düngerausbringung** (v.a. in Abhängigkeit von der Witterung) anzustreben, um die Düngerverluste durch Verwehung zu reduzieren. Außerdem ist ein **vollständiger Düngerverzicht** auf an Magerrasen grenzenden **Randstreifen** zu fordern.

**Schutz vor Einwehung** kann durch Pflanzung von Immissionsschutzhecken erfolgen, die zudem die Strukturvielfalt der Bestände erhöhen können. Dabei ist auf ausreichenden Abstand zum Magerrasenbereich zu achten und ein dazwischenliegender Pufferstreifen zu belassen, um negative Auswirkungen einer Akkumulation luftverfrachteter Stoffe im Windschatten der Hecke zu vermeiden (QUINGER et al. 1990: 152).

Ein **Schutz vor Abschwemmung** von Nährstoffen ist dagegen schwieriger zu bewerkstelligen. Denkbar wäre etwa eine gezielte Abflußregulierung durch Gräben, die jedoch auch einen erheblichen Landschaftseingriff bedeuten würden. Am wirkungsvollsten sind wohl die obengenannten Verzichtmaßnahmen, verbunden mit einem Pufferstreifen aus raschwüchsigen Arten. Durch die Vegetation eines solchen Streifens entsteht ein Pumpeffekt, der entwässernd wirkt und dem Boden ständig Nährstoffe entzieht. Damit diese nicht über die Streu im System verbleiben, muß er regelmäßig gemäht, das Mähgut abtransportiert und kompostiert oder anderweitig verwertet werden.

Generell problematisch ist in diesem Zusammenhang, daß sich viele Magerrasen-Flächen an Hängen befinden, die oberseits an intensiv bewirtschaftete Ackerflächen angrenzen, so daß die Errichtung von Schutzhecken oder Pufferstreifen stets auf Kosten wertvoller Nutzflächen geht.

### 5.1.7 Zusammenfassung der wichtigsten Pflegekriterien

Die wichtigsten Punkte zur Pflege seien hier nochmals zusammengestellt:

**1. Auf Flächen mit verarmter typischer Artenkombination** (schon seit längerem brachgefallen, vergrast, streureich) empfiehlt sich:

Beweidung durch Schafe ist die beste Form der Pflege zur Regeneration der Artenvielfalt, zum Entzug von Nährstoffen und zur Wiederherstellung der lückenreichen Struktur.

Bei starker Vergrasung sollte zunächst eine Mahd durchgeführt oder die Altgrasaufgabe abgereicht werden.

Die Beweidung soll möglichst früh im Jahr einsetzen.

Die Besatzdichte und die Zahl der jährlichen Weidegänge muß für die Flächen individuell festgelegt werden. Anhaltswerte siehe Kap. 5.1.3.1.

Bei Huteweide müssen Koppelflächen außerhalb der Weidegründe zur Verfügung gestellt werden. Alternative: extensive Standweide oder Umtriebsweide mit geringer Besatzstärke.

Falls das Weideziel nicht erreicht wurde, kann es sinnvoll sein, zusätzlich in längerfristigem Abstand eine Mahd zur Verringerung der Biomasse durchzuführen, die bei Bedarf auf Teilflächen zu beschränken ist.

**2. Für Flächen mit noch weitgehend intakter Artenausstattung** (erst seit kurzem brachgefallen oder noch sporadisch beweidet) gilt:

Auch hier ist die Schafbeweidung die beste Pflegeform, um solche Flächen langfristig zu erhalten.

Der Artenbestand ist zu prüfen, für besonders gefährdete Arten sind spezielle Maßnahmen zu deren Erhalt zu planen und durchzuführen (z. B. bestimmte Flächenteile bei der Beweidung gezielt aussparen oder besonders intensiv beweiden, auf Teilflächen Gehölze entfernen, um das Mikroklima zu beeinflussen, etc.).

Um die Einträge durch diffuse, nährstoffhaltige Immissionen zu verringern, müssen Maßnahmen im internationalen Einklang ergriffen werden.

Die Auswirkungen lokaler Eutrophierung können durch die Anlage von bepflanzten Schutzstreifen (als "Immissionsschutzhecke" oder unter Ausnutzung der Pumpwirkung der Vegetation), durch Reduzierung der Düngermengen, v.a. im Kontaktbereich, die verstärkt witterungsabhängige Steuerung der Gülleausbringung, die Ausweisung von Pufferstreifen sowie evt. auch eine Abflußregulierung gemindert werden.

Maßnahmen zum Aufbau eines Biotopverbunds sind kritisch zu prüfen und ggf. durchzuführen (Vernetzung v.a. über linienförmige Saumbiotope, bei Huteschäferei Einbeziehung der Weiderouten).

Allgemein gilt, daß bei der Durchführung jeglicher Maßnahmen nach Möglichkeit der Flächenzustand vorher und nachher dokumentiert wer-

den sollte, um ihre Wirksamkeit zu überprüfen und daraus bei Bedarf Abwandlungen des Pflegemanagements ableiten zu können.

Unabhängig von der Art der Maßnahme ist es zweifellos am billigsten, mit der Pflege zu einem möglichst frühen Zeitpunkt zu beginnen. Wartet man zu lange mit einer diesbezüglichen Entscheidung, fallen meist erheblich höhere Kosten an, da dann z.B. aufwendige Entbuschungen durchzuführen sind (MATTERN 1989).

Schließlich sei in diesem Zusammenhang auf das nach Ansicht des Autors sehr interessante und in der Durchführung nachahmenswerte Modell der selektiven Förderung bestimmter Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Trockenstandorten hingewiesen, wie es im Kanton Bern seit 1989 Anwendung findet (KANTONALES NATURSCHUTZINSPEKTORAT 1989, HEDINGER 1991).

## 5.2 Anforderungen für zukünftige Untersuchungen auf (Quasi-) Dauerflächen

Verschiedene Sachverhalte können die Aussagekraft von Dauerflächenuntersuchungen maßgeblich beeinflussen:

Fehlende, unvollständige oder wenig detaillierte Angaben des Erstbearbeiters zur verwendeten Methodik, beispielsweise der Deckungsgradschätzung, der verwendeten Bestimmungsliteratur (bei kritischen Sippen) etc. führen zu Unsicherheiten beim Vergleich von Erst- und Wiederholungsaufnahmen und der Beurteilung der Veränderungen.

Unterschiedliche Artenkenntnis und Genauigkeit der Bearbeiter. Dies führt theoretisch bei ein und demselben Bestand zu verschiedenen Artenlisten. Besonders problematisch ist die (sehr zeitaufwendige) Erfassung der Kryptogamen, die vermutlich meistens unvollständig geschieht. Dazu muß jedoch bemerkt werden, daß Kryptogamen aufgrund ihrer im Vergleich zu Phanerogamen meist unterschiedlichen, oft feiner abgestuften Standortansprüche (siehe ELLENBERG 1986: 610-614; DÜLL 1991: 175; WIRTH 1991: 215) nicht für alle Fragestellungen gleich relevant sind. Dabei spielt insbesondere der Betrachtungsmaßstab eine Rolle. Daher kann es vertretbar sein, bei einem gegebenen Umfang an Bearbeitungszeit auf eine detaillierte Bearbeitung dieser Gruppe zugunsten etwa einer genaueren Auswertung der Veränderungen bei den Gefäßpflanzen zu verzichten. Dies sollte dann allerdings auch angegeben werden.

Unterschiedliche "Schulen" der Pflanzensoziologie und daraus resultierende, mehr oder weniger starke subjektive Unterschiede in der Deckungsgradschätzung (siehe WILMANN'S 1989). Die Unterschiede machen sich vor allem bei Angaben zur Gesamtdeckung bzw. zu den Deckungsanteilen schwierig einzuschätzender Gruppen wie den Grasartigen bemerkbar, sowie

bei Einzelarten in den unteren und oberen Bereichen der Artmächtigkeitsskala.

Zu subjektiven Unterschieden von Vegetationsaufnahmen durch verschiedene Bearbeiter haben bereits mehrere Autoren kritische Anmerkungen gemacht. Daß die quantitativen Angaben des Deckungsgrades und der Abundanz subjektive Fehler aufweisen, ist ein alter Kritikpunkt an der Pflanzensoziologie (dazu u.a. GREIG-SMITH 1964). Man kann wahrscheinlich sogar davon ausgehen, daß selbst die Abundanzschätzung ein und desselben Bearbeiters sowohl im Laufe des Jahres (Unterschiede etwa zwischen dem "Saisonstart" im Frühjahr, nach der Winterpause, und dem Herbst, nach reicher "aktueller Aufnahmeerfahrung") als auch von Jahr zu Jahr (Zugewinn an Aufnahmeerfahrung) variiert.

TÜXEN (1972) konnte darüberhinaus eindrucksvoll demonstrieren, daß es auch qualitativ-subjektive Differenzen gibt, daß also auch die Artenlisten verschiedener Bearbeiter des gleichen Objekts nicht identisch sind. Große Unterschiede ergaben sich vor allem in der Berücksichtigung von Keimlingen, die häufig übersehen oder zahlenmäßig unterschätzt wurden. LEPSŠ & HADINCOVÁ (1992: 122) weisen darauf hin, daß "die Unterschiede vermutlich geringer wären, wenn die Moosschicht analysiert worden wäre, da man bei der Suche nach Moosen normalerweise auch einige kleine Exemplare von Gefäßpflanzen findet".

NILSSON & NILSSON (1985) gehen bei der Berechnung der Zu- und Abwanderungsraten von Arten innerhalb einer Inselflora soweit, eine "Schein-Änderungsrate" ('pseudo-turnover') zu berücksichtigen, da die Datengrundlagen von verschiedenen Bearbeitern stammen. Sie weisen darauf hin, daß dadurch, daß bei Dauerflächenuntersuchungen oft anhand der Artenliste der jeweils zeitlich vorhergehenden Aufnahme gearbeitet wird, die in diesen aufgetretenen Arten nur selten übersehen werden. Aus dem gleichen Grund werden dann jedoch Arten als "neu" verzeichnet, die in der vorhergehenden Aufnahme vielleicht einfach nur übersehen wurden. LEPSŠ & HADINCOVÁ (1992) stellen in Vegetationsaufnahmen verschiedener Wiesengesellschaften, die von zwei Autoren durchgeführt wurden, Unterschiede von 13 % in der Artenausstattung fest. Durchschnittlich wurden von jedem Bearbeiter zwei Arten je Aufnahme übersehen. Diese wirken sich jedoch sowohl bei der Berechnung der Diversitätsindizes als auch bei den Ordinationen nur geringfügig aus, da es sich dabei größtenteils um seltene Arten (Deckungsgrad 'r' oder '+') handelte. Bei der Abundanzschätzung ergaben sich bei knapp 40 % der Arten Unterschiede von einer Stufe auf der BRAUN-BLANQUET-Skala, aber nur bei 3 % der Arten war der Unterschied größer als eine Stufe.

Aus den obigen Ausführungen ergeben sich einige **Mindest-Anforderungen** für Untersuchungen auf Quasi-Dauerflächen (und "echten" Dauerflächen),

die bereits vor der Durchführung beachtet werden sollten:

Es sollten möglichst die Feldaufnahmen des Erstautors als Datengrundlage zur Verfügung stehen

Die Angaben des Erstautors über die verwendete Aufnahmemethode, insbesondere die Artmächtigkeitstufen, sollten so detailliert wie möglich sein.

Die Größe der Aufnahmeflächen sollte bei Erst- und Wiederholungsaufnahmen identisch sein, soweit dies mit den Kriterien der Homogenität des Bestands vereinbar ist.

Idealerweise sollte außerdem der Aufnahmezeitpunkt in etwa übereinstimmen, um beispielsweise Frühjahrs-Annuelle in gleichem Maße sowie die Vegetation im gleichen Entwicklungszustand (Auswirkung auf den Deckungsgrad!) zu erfassen.

Eine sehr wertvolle Hilfe bei der Lagerekonstruktion der Erst-Aufnahmeflächen sind Fotos des Erstautors.

Auswertungen unter Verwendung der Artmächtigkeit sollten, wenn überhaupt, erst ab einer Veränderung von mindestens zwei Stufen berücksichtigt und äußerst vorsichtig interpretiert werden. Ausschlaggebend für den Vergleich von Quasi-Dauerflächen sind die qualitativen Veränderungen.

Auch für den Autor von Wiederholungsaufnahmen ist zu fordern, daß die Lage seiner Aufnahmeflächen so detailliert wie möglich festzuhalten ist, um eine möglichst gut abgesicherte Datengrundlage für eventuell durchzuführende Folgeuntersuchungen zu schaffen. Dazu sollten von den Flächen möglichst Belegfotos sowie Angaben über die Lage der Flächen bezüglich sich wenig verändernder Objekte - z.B. größerer Felsen, Weggabelungen etc. - enthalten, die am besten mit dem Kompaß von einem (anzugebenden) Flächeneckpunkt oder der Flächenmitte aus eingemessen und mit Entfernungsangabe angegeben werden. Darüberhinaus sind eine kurze wörtliche Beschreibung des Flächenzustands sowie eine Fotodokumentation sehr hilfreich. Die genannten Angaben sowie Fotos liegen für die meisten Flächen der Wiederholungsaufnahmen beim Autor vor.

## 6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit zeigt langfristige Veränderungen in der Artenkombination von Kalk-Magerasen auf und versucht, diese mit den möglichen Ursachen zu korrelieren.

Anlaß zu dieser Untersuchung gab einerseits die zunehmende Gefährdung der Magerrasen, sowohl durch direkte Flächenzerstörung als auch indirekt, v.a. durch eine Änderung der ehemaligen Nutzungsform. Diese bestand überwiegend in einer Schafbe-

weidung, einer der maßgeblichen Stand- ortfaktoren für die Bestandserhaltung dieser Magerrasen. Hinzu kommen jedoch auch die Auswirkungen einer Eutrophierung durch luftgetragene Stickstoffverbindungen, die sich v.a. langfristig in Bestandsveränderungen äußern sollten.

Die Untersuchungen wurden in insgesamt 48 verschiedenen Kalk-Magerrasenbeständen durchgeführt, die über den gesamten Fränkischen Jura verteilt sind. Vegetationsaufnahmen zweier Autoren (Aufnahmen von GAUCKLER aus den Jahren 1931-36 und von ZIELONKOWSKI aus den Jahren 1968-70) wurden mit der gleichen Methode (nach BRAUN-BLANQUET) erneut durchgeführt, die gewonnenen Ergebnisse jeweils auf unterschiedlichem Niveau und mit Hilfe verschiedener Techniken mit den Erstaufnahmen verglichen und ausgewertet. Insgesamt wurden 1989 bis 1991 zu 36 Erstaufnahmen von GAUCKLER 112 Wiederholungsaufnahmen und zu 47 Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI 136 Wiederholungsaufnahmen erstellt. Der mittlere Vergleichszeitraum beträgt zu GAUCKLER 57 Jahre und zu ZIELONKOWSKI 22 Jahre.

**METHODIK:** Bei der Untersuchung handelt es sich um einen Vergleich auf Quasi-Dauerflächen, also auf nicht fest markierten, aber hinreichend genau lokalisierbaren und somit vergleichbaren Dauerflächen. Die Lage der Erstaufnahmeflächen ist aufgrund der fehlenden Markierung nicht exakt rekonstruierbar. Um dennoch möglichst aussagekräftige und gut abgesicherte Ergebnisse zu erhalten, wurden die Flächen für die Wiederholungsaufnahmen nach einer differenzierten Methode so festgelegt, daß die Standortbedingungen zu beiden Aufnahmezeitpunkten so ähnlich wie möglich ausfallen. Dies wurde dadurch erreicht, daß die Flächen jeweils nach der typischen, den Standort charakterisierenden Artenkombination der Erstaufnahmen im Gelände festgelegt wurden ("**Standorthomologe Quasi-Dauerflächen**"). Deutlich verbuschte oder versaumte Flächenbereiche wurden dabei gezielt ausgespart. Darüberhinaus mußten die Flächen natürlich auch den Lageparametern der Erstaufnahmen möglichst gut entsprechen. Um die Ergebnisse gegen zufällige Einflüsse besser abzusichern, wurden zu jeder Erstaufnahme im Mittel drei möglichst nah beieinanderliegende Wiederholungsaufnahmen durchgeführt.

Die mit dieser Methode nachweisbaren Veränderungen sind als **Minimalveränderungen** zu interpretieren. Die tatsächlichen Veränderungen, die auf exakt markierten Dauerflächen während des Vergleichszeitraumes eingetreten wären, sind deutlich höher einzuschätzen.

Flächenmäßig zueinandergehörende Aufnahme-paare wurden in einer Kombination aus Tabellen- und Typenvergleich einander gegenübergestellt und statistisch abgesicherte Veränderungen im Auftreten der Arten ausgewertet. Dazu mußten die für die Untersuchung ausgewählten Erstaufnahmen zunächst pflanzensoziologisch neu gruppiert werden.

Besonderes Gewicht wurde dabei auf einheitliche Standortbedingungen innerhalb der Aufnahme-gruppen (pflanzensoziologischen Einheiten) gelegt, um auch eine standortbezogene Interpretation der Veränderungen zu ermöglichen.

Die mittleren Zeigerwerte (nach ELLENBERG 1991) und die Zeigerwertspektren der Aufnahmen wurden verglichen und auf aussagefähige Veränderungen hin untersucht. Um Veränderungstrends besser sichtbar und diese mit Umweltvariablen (Standortfaktoren) korrelieren zu können, wurde außerdem eine Ordination (CCA) der Erst- und Wiederholungsaufnahmen durchgeführt. Als Indikatoren für die Standortfaktoren konnten dabei die Zeigerwerte verwendet werden. Darüberhinaus wurde eine Erhebung der Nutzungsgeschichte der untersuchten Flächen durchgeführt, um den spezifischen Nutzungseinfluß auf die Veränderungen besser abschätzen zu können.

Die **ERGEBNISSE** lassen sich wie folgt zusammenfassen.

### 1. Veränderung der Artenzahlen

Die **mittlere Artenzahl** der krautigen Gefäßpflanzen hat im Vergleich zu GAUCKLER von 39,4 auf 35,1 (-11%), im Vergleich zu ZIELONKOWSKI von 38,9 auf 32,2 (-17 %) **abgenommen**, wenn man das gesamte Aufnahmematerial zugrundelegt. Auf pflanzensoziologische Einheiten bezogen, ergibt sich ein differenzierteres, nach Standorten abgestuftes Bild. Auch dort ist jedoch überwiegend eine deutliche Abnahme der Artenvielfalt zu verzeichnen.

Von den Artenverlusten sind v.a. Differentialarten betroffen, so daß heute in mehreren pflanzensoziologischen Einheiten die typische Artenkombination weniger spezifisch ausgeprägt und ihre pflanzensoziologische Zuordnung erschwert ist.

### 2. Veränderungen im Auftreten ökologisch-pflanzensoziologischer Artengruppen und deren Ursachen

Sowohl im gesamten Aufnahmematerial als auch innerhalb der einzelnen pflanzensoziologischen Einheiten haben vielfältige Umschichtungen im Artenbestand stattgefunden. Gruppiert man die von Veränderungen betroffenen Arten nach ökologisch-pflanzensoziologischen Kriterien, so ergibt sich folgendes Bild:

In allen pflanzensoziologischen Einheiten ist der **Ausfall bzw. die Abnahme von Arten** wesentlich **stärker** ausgeprägt als das **Neuauf-treten oder die Zunahme** von Arten.

In allen pflanzensoziologischen Einheiten haben **Lückenzeiger und Beweidungszeiger stark abgenommen**, letztere v.a. beim Vergleich mit den Aufnahmen von GAUCKLER. Auch bei den Kryptogamen sind lückenbesiedelnde Arten

deutlich seltener vertreten. Beides ist vor allem auf die **verminderte Nutzungsintensität** und die **einsetzende Verbrachung** zurückzuführen. Einige der untersuchten Kalk-Magerrasen werden heute zwar wieder beweidet (nach der Erhebung der Nutzungsgeschichte 44% der GAUCKLERschen Flächen sowie 10% der Flächen von ZIELONKOWSKI - dazu 38% nur auf Teilflächen). Anzahl und Ausmaß der beweideten Flächen sowie die **Beweidungsintensität** auf den Untersuchungsstellen sind insbesondere gegenüber dem Zeitpunkt der Erstaufnahmen von GAUCKLER jedoch **stark verringert** (Anzahl der jährlichen Weidegänge, Verweildauer der Schafe auf den Flächen, Schafdichte auf den Flächen, dazu evt. Unterschiede in den Schafrasen, die jedoch nicht näher untersucht wurden). Dies führt durch den fehlenden bzw. verringerten Biomasseentzug zu dichteren, an Lücken ärmeren Beständen sowie meist auch zu einer fortschreitenden Vergrasung, verbunden mit einer Streuakkumulation der zunehmend dominanten Gräser ("Verfilzung"). Die Etablierung und Konkurrenzkraft lichtliebender, schwachwüchsiger Arten (z.B. der meisten Lückenzeiger) wird dadurch erschwert bzw. gemindert.

In den meisten pflanzensoziologischen Einheiten ist außerdem eine **Abnahme xeromorpher Arten** der Kalk-Magerrasen festzustellen, die sich aufgrund ihrer geringen Konkurrenzkraft in der nun dichteren Streu gegen die neu eingedrungenen bzw. vermehrt auftretenden, höherwüchsigen und wuchsstärkeren Arten nicht mehr behaupten können.

Gleichzeitig sind in allen pflanzensoziologischen Einheiten **vermehrt Saumarten aufgetreten, die als "Degenerationszeiger" (MÜLLER 1978) in ungenutzte Magerrasen eindringen bzw. sich dort ausbreiten**. Gleiches gilt für die **vermehrt vorhandenen Gehölzkeimlinge**. Beide Tendenzen zeigen ebenfalls deutlich die Nutzungsextensivierung und die beginnende Verbrachung der Rasen sowie außerdem bereits die Entwicklung zu den jeweils standortspezifischen Waldgesellschaften an.

Auch **mesomorphe Arten der Kalk-Magerrasen** konnten von den geänderten Konkurrenz- und Standortverhältnissen profitieren und haben in allen pflanzensoziologischen Einheiten **zugekommen**.

Unter den **Kryptogamen** ist eine **Zunahme** bzw. ein Neuaufreten **weniger austrocknungs-resistenter Arten** ("Verfilzungszeiger") festzustellen.

In allen pflanzensoziologischen Einheiten ist außerdem deutlich das **Eindringen oder die Zunahme von Fettwiesenarten** festzustellen. Neben den Auswirkungen der verringerten Nutzungsintensität konnten als Ursache dafür die **Auswirkungen diffuser Nährstoffeinträge** der Deposition von  $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_x$  - plausibel gemacht werden. Diese ermöglichen zwar

grundsätzlich eine Biomassezunahme aller Arten, die jedoch von den wuchsstärkeren Fettwiesenarten besser (rascher und vollständiger) realisiert werden kann - auf Kosten der unter diesen Bedingungen weniger konkurrenzkräftigen Kalk-Magerrasenarten, darunter v.a. der für die Erstaufnahmen sehr typischen xeromorphen Arten und der Lückenbesiedler.

### 3. Vergleich der Zeigerwerte der Gefäßpflanzen

Die **mittleren Zeigerwerte** der Aufnahmen haben sich z.T. deutlich verändert, v.a. wenn man berücksichtigt, daß es sich um Minimalveränderungen handelt (siehe oben).

Wird das gesamte Aufnahmematerial zugrundegelegt, so hat sich im Vergleich zu GAUCKLER die Stickstoffzahl um 0,4 und die Feuchtezahl um 0,3 Einheiten erhöht, während die Lichtzahl um 0,2 Einheiten abnahm. Im Vergleich zu ZIELONKOWSKI hat sich die Stickstoffzahl nur um 0,1 Einheit erhöht. Die anderen Zeigerwerte (Reaktion, Kontinentalität) veränderten sich in beiden Vergleichszeiträumen nur unbedeutend. Aussagekräftiger sind die Veränderungen, wenn sie auf die pflanzensoziologischen Einheiten bezogen werden. Hier ist durchweg eine relativ **deutliche Erhöhung der Stickstoff- und Feuchtezahlen** (bis 0,9 bzw. 0,75 Einheiten bei GAUCKLER, bis 0,4 bzw. 0,1 Einheiten bei ZIELONKOWSKI) sowie eine **Verringerung der Lichtzahlen** (bis 0,5 Einheiten bei GAUCKLER, bis 0,2 Einheiten bei ZIELONKOWSKI) festzustellen. Auch die Temperaturzahlen haben leicht abgenommen. Die Veränderungen beim Vergleich mit ZIELONKOWSKI fallen auch hier insgesamt deutlich geringer aus als mit GAUCKLER.

Die **Erhöhung der Stickstoff- und Feuchtezahlen** ist jeweils in den pflanzensoziologischen Einheiten **auf den frischeren Standorten stärker ausgeprägt als auf den trockeneren**.

In den **Zeigerwertspektren für Feuchtigkeit und Stickstoff** zeigt sich folgendes:

In allen pflanzensoziologischen Einheiten und in beiden Vergleichszeiträumen ist eine deutliche **Verlagerung hin zu höheren Werten** festzustellen.

Die Veränderungen sind bei den Stickstoffzahlen deutlicher als bei den Feuchtezahlen und insgesamt beim Vergleich mit GAUCKLER wesentlich klarer als mit ZIELONKOWSKI.

Auch hier zeigen sich tendenziell die **stärkeren Veränderungen auf den frischeren Standorten**.

### 4. Ergebnisse aus der Ordination der Aufnahmen

Die Ordination der Aufnahmen bestätigt deutlich die Trends, die sich aus den bisher genannten

Ergebnissen bereits ableiten lassen. Tendenziell läßt sich für die Veränderungen in den pflanzensoziologischen Einheiten auf den frischeren Standorten eine besonders starke Korrelation mit der Zunahme des Stickstoff- und Feuchtefaktors erkennen, diejenigen auf den trockeneren Standorten korrelieren dagegen insbesondere mit einer Abnahme des Lichtfaktors.

Diese Trends sind bei der Ordination der Aufnahmen im Vergleichszeitraum GAUCKLER/HAGEN stärker ausgeprägt als im Zeitraum ZIELONKOWSKI / HAGEN.

## 5. Standortabhängigkeit der Veränderungen

Die dargestellten Veränderungen laufen auf den verschiedenen, untersuchten Standorten qualitativ und quantitativ unterschiedlich ab. **Im *Pulsatillo-Caricetum* sind vorwiegend Ausfälle der Lückenbesiedler und der xeromorphen Kalk-Magerrasenarten** zu verzeichnen. Die Ausbildungen des *Gentiano-Koelerietum typicum* sind dagegen **vor allem** vom Eindringen bzw. der **Zunahme von Fettwiesenarten** betroffen, die dort als Eutrophierungszeiger gewertet werden können. Die Zunahme dieser Arten fällt dabei insgesamt **auf den trockeneren Standorten geringer als auf den frischeren** aus.

Die **Ursachen** für diese Standortabhängigkeit der Verschiebungen im Artenbestand sind in der unterschiedlichen **Stärke und Häufigkeit von Austrocknungsereignissen** und deren Auswirkungen zu suchen. Die pflanzensoziologischen Einheiten auf den trockeneren Standorten (*Pulsatillo-Caricetum*, *Gentiano-Koelerietum caricetosum humilis*) besiedeln flachgründigere Böden und sind entsprechend sehr lückig, hier wirken sich die Austrocknungsereignisse stärker aus als in denjenigen der frischeren Standorte (*Gentiano-Koelerietum typicum*) auf etwas besser entwickelten Böden und mit geschlossenerer Bestandesstruktur. Sowohl die potentielle Aufnahme von Nährstoffen durch die Pflanzen als auch deren Umsetzung in Biomasse ist auf den trockeneren Standorten gegenüber den frischeren deutlich gehemmt, die Nährstoffauswaschung insbesondere des mobilen Stickstoffs dagegen erhöht. Dadurch sind mögliche Biomassezunahmen und daraus resultierende Konkurrenzverschiebungen auf den trockenen Standorten stark eingeschränkt. Die Auswirkungen der Eutrophierung machen sich daher erst mit zunehmender besserer Wasserversorgung, dann jedoch immer deutlicher bemerkbar. Die Artenbestandsveränderungen **auf den trockeneren Standorten** lassen sich daher **überwiegend** auf die in der **Nutzungsextensivierung** begründeten Strukturveränderungen zurückführen, diejenigen **auf den frischeren Standorten** dagegen auf eine **Kombination von Extensivierung und Eutrophierung**.

## 6. Veränderungen in der pflanzensoziologischen Zuordnung der untersuchten Bestände

Die einzelnen pflanzensoziologischen Einheiten sind in beiden Vergleichszeiträumen durch den Ausfall wichtiger Differentialarten überwiegend schlechter charakterisiert. Ein größerer Teil der Aufnahmen läßt sich nur noch als Ausbildung einer *Brometalia*-Fragmentgesellschaft ansprechen, aber keiner konkreten pflanzensoziologischen Einheit mehr zuordnen.

Auch bei den Veränderungen der pflanzensoziologischen Zuordnung ist eine Standortabhängigkeit erkennbar. Die Ausbildungen der **trockeneren Standorte** können auch in den Wiederholungsaufnahmen **zum größeren Teil den gleichen pflanzensoziologischen Einheiten zugeordnet** werden wie zum Zeitpunkt der Erstaufnahmen. Die **Ausbildungen der frischeren Standorte** haben sich dagegen **weitaus stärker aufgespalten**; hier ist nur noch ein geringer Teil den Erstaufnahmen vergleichbar gekennzeichnet, während sich die restlichen Aufnahmen nun in sehr verschiedene pflanzensoziologische Einheiten stellen lassen.

Als Gründe für die schlechtere Kennzeichnung der Einheiten bei den Wiederholungsaufnahmen bzw. deren Aufspaltung in Fragmente kann die nivellierende Wirkung von Extensivierung und Eutrophierung angeführt werden, die zu einer Verwischung bzw. Angleichung der ehemals deutlicheren Standortsunterschiede führte.

## 7. Unterschiede in beiden Vergleichszeiträumen

Die Ausprägung aller genannten Veränderungen unterscheidet sich in beiden Vergleichszeiträumen. Die Bestände zu GAUCKLERs Aufnahmezeit (1931-36) waren überwiegend sehr artenreich, offenbar sehr lückig und fanden sich auf sehr flachgründigen Böden, worauf das reiche Auftreten von Lückenbesiedlern, der (fast) völlige Mangel an Fettwiesenarten sowie die nur geringe Zahl von Saumarten hindeuten. Die Artenverluste und Standortveränderungen - besonders gut sichtbar an den Veränderungen in den Zeigerwertspektren und im Ordinationsdiagramm - sind dort am deutlichsten bzw. am stärksten ausgeprägt

Im Vergleich dazu zeichnen sich viele Aufnahmen von ZIELONKOWSKI aufgrund der bereits im damaligen Aufnahmezeitraum (1968-1970) nachgelassenen Nutzungsintensität schon durch eine einsetzende Verbrachung aus. Die Vegetationsdecke war in vielen Aufnahmen stärker geschlossen, die Artenkombination wies weniger Lückenbesiedler auf, dafür traten mehr Saumarten und bereits einige Fettwiesenarten in Erscheinung. Diese Tendenzen setzen sich in den Wiederholungsaufnahmen weiter fort. Die dort aufgetretenen Veränderungen in der Artenkombination sind daher gegenüber dem Vergleich mit GAUCKLER insgesamt schwächer ausgeprägt.

Als **KONSEQUENZEN** aus den Ergebnissen werden flächenübergreifende Empfehlungen für Schutz-, Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen der Kalk-Magerrasen gegeben. Dabei wird insbesondere auf die Bedeutung der Schafbeweidung für die Erhaltung der typischen Artenkombination hingewiesen und deren Intensität und Durchführung diskutiert. Weiterhin werden Hinweise und Kriterien zur Durchführung zukünftiger Untersuchungen auf (Quasi-) Dauerflächen aufgeführt. Dabei wird die Wichtigkeit einer genauen Dokumentation sowohl der Festlegung der Aufnahmeflächen, möglichst unter Zuhilfenahme von Fotos, als auch aller Feinheiten in der methodischen Durchführung der Vegetationsaufnahmen für das Gelingen solcher Untersuchungen betont.

## 7. Literatur

ANONYMUS (1991):

Lastkraftwagen belasten Luft.- Süddeutsche Zeitung vom 24.10.1991: München.

ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982):

Bodenkundliche Kartieranleitung.- Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und die Geologischen Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland.- 3. Aufl., 331 S. Hannover.

ARMESTO, J. R. & PICKETT, S. T. A. (1985):

Experiments on disturbance on old-field plant communities: impact on plant species richness and abundance.- Ecology 66: 230-240.

ARMSTRONG, R. H., GRANT, S. H., & HODGSON, J. (1987):

Grazing Choices and Hill Management.- Occasional Symposium, British Grassland Soc. 21: 175-178.

ASMANN, W. A. H. & DIEDEREN, H. S. M. A. (eds.)

(1987): Ammonia and Acidification.- Proceedings: Symposium of the European Ass. for the Science of Air Pollution (EURASAP) at the Nat. Inst. of Public Health and Environmental Hygiene (RIVM), Bilthoven, 13.-15. April 1987. 327 S. Bilthoven.

BAHR, R., & WITTKÖTTER, U. (1990):

Entwicklung und Bedeutung von Stickstoff-Immissionen am Beispiel der Lysimeterversuchsreihe Essen.- LÖLF Jahresbericht 1989: 43-45.

BARKMAN, J. J., DOING, H. & SEGAL, S. (1964):

Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse.- Acta Bot. Neerl. 13: 394-419.

BARTELS, U. & GEHRMANN, J. (1990):

Sind naturnahe Ökosysteme durch Stickstoffeinträge gefährdet?.- LÖLF Jahresbericht 1989: 38-42.

BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1988):

Bodenkataster Bayern. Forschungsbericht über die Einrichtung und Untersuchung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen.- 134 S. München.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (1988):

Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. Kurzfassung.- 66 S. München.

BEGON, M., HARPER, J. L. & TOWNSEND, C. R. (1990):

Ecology. Individuals, Populations and Communities.- 2nd ed., 945 S. Blackwell: Cambridge.

BEMMERLEIN-LUX, F. A., ELSNER, O., PIETSCHMANN, M. & LINDACHER, R. (1993):

Vegetationsveränderungen nordbayerischer Sand-Trockenrasen. Endbericht des Forschungsvorhabens (unveröff.).- 58 S. + Anhang. IFANOS: Nürnberg.

BERGMEIER, E. (1987):

Magerrasen und Therophytenfluren im NSG 'Wacholderheiden bei Niederlamp' - Tuexenia 7: 267-293.

BEYER, H. (1968):

Versuche zur Erhaltung von Heideflächen durch Heidschnucken im NSG 'Heiliges Meer'. - Natur und Heimat 28: 145-149.

BLUME, H.-P., LAMP, J., SCHIMMING, C.-G., WIESE, D. & ZINGK, H. (1985):

Bodenbelastung aus der Luft?.- Schr.R. Agrarwiss. Fak. Univ. Kassel 67: 44-51.

BOBBINK, R. (1987):

Increasing Dominance of *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. in Chalk Grasslands: A Threat to a Species-rich Ecosystem.- Biol. Conserv. 40: 301-314.

BOBBINK, R., DURING, H.J., SCHREURS, J., WILLEMS, J. & ZIELMAN, R. (1987):

Effects of Selective Clipping and Mowing Time on Species Diversity in Chalk Grassland.- Folia Geobotanica et Phytotaxonomica 22: 363-376.

BOBBINK, R., BIK, L. & WILLEMS, J.H. (1988):

Effects of nitrogen fertilization on vegetation structure and dominance of *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. in chalk grassland.- Acta Bot. Neerl. 37: 231-242.

BÖCKER, R., KOWARIK, I. & BORNKAMM, R. (1983):

Untersuchungen zur Anwendung der Zeigerwerte nach Ellenberg.- Verh. GfÖ (Festschrift Ellenberg) XI: 35-56.

BÖTTCHER, H., GERKEN, B., HOZAK, R. & SCHÜTTPELZ, E. (1992):

Pflege und Entwicklung von Kalkmagerrasen in Ostwestfalen.- Natur u. Landschaft 67: 276-282.

- BORGFEST, B. (1987):  
Die Gülle als Luftschadstoff.- Süddeutsche Zeitung, Juli 1987.
- BORNKAMM, R. (1958):  
Standortsbedingungen und Wasserhaushalt von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion) im oberen Leinegebiet.- Flora 146: 23-67.
- BORNKAMM, R. (1960):  
Die Trespen-Halbtrockenrasen im oberen Leinegebiet.- Mitt. flor. soz. Arb. gem., N.F. 8: 181-208.
- BORNKAMM, R. (1961):  
Zur Konkurrenzkraft von Bromus erectus I. Ein sechsjähriger Dauerversuch.- Botan. Jb. 80: 466-479.
- BORNKAMM, R. (1974):  
Zur Konkurrenzkraft von Bromus erectus II. Ein zwanzigjähriger Dauerversuch.- Botan. Jb. 94: 391-412.
- BORNKAMM, R. (1975):  
Zwanzig Jahre Vegetationsentwicklung in einem mitteleuropäischen Halbtrockenrasen.- In: SCHMIDT, W. (Hrsg.): Sukzessionsforschung. Ber. Internat. Symp. IVV Rinteln 1973: 535-537.
- BORTZ, J. LIENERT, G. A. & BOEHNKE, K. (1990):  
Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik.- 939 S. Springer: Berlin, Heidelberg, New York.
- BOSL, K. (1983):  
Allmendrechte und Weidenutzung. Weide und Wald in der Agrargeschichte.- In: AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (Hrsg.): Schutz von Trockenbiotopen - Trockenrasen, Triften und Hutungen. - Laufener Seminarbeitr. 6/83: 8-23.
- BOTANISCHE VEREINIGUNG FÜR NATURSCHUTZ IN HESSEN (Hrsg.) (1991):  
Lebensraum Magerrasen.- 104 S. Naturschutz-Zentrum Hessen, Wetzlar.
- BOTH, R., FRANKENFELD, M., MARKGRAF, U., SAURE, H. & STEUBING, L. (1987):  
Immissionswirkungen in einem Melico-Fagetum. Teil II: Ökophysiologische und biochemische Effekte bei diskontinuierlicher Begasung in Open-top-Kammern.- Verh. GfÖ (Gießen 1986) XVI: 101-106.
- BRASHER, S. & PERKINS, D. F. (1978):  
The Grazing Intensity and Productivity of Sheep in the Grassland Ecosystem.- In: HEAL, O. W. & PERKINS, D. F. (eds.): Production Ecology of British Moors and Montane Grasslands.- Ecological Studies 27: 426 S. Springer: Berlin, Heidelberg, New York.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1928):  
Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde - Biologische Studienbücher 7, 330 S. Berlin.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964):  
Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde.- 3. Aufl., 865 S. Springer: Wien, New York.
- BRESINSKY, A. (1983):  
Die Trockenrasen des Lechfeldes: Arteninventar und Konsequenzen für den Schutz von Pflanzenarten.- In: AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (Hrsg.): Schutz von Trockenbiotopen - Trockenrasen, Triften und Hutungen.- Laufener Seminarbeitr. 6/83: 33-64.
- BRIEMLE, G. (1988 a):  
Ist eine Schafbeweidung von Magerrasen der Schwäbischen Alb notwendig?.- Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 63: 51-67.
- BRIEMLE, G. (1988 b):  
Magerrasen auf der Schwäbischen Alb.- In: Naturschutz und Landschaftspflege mit Schafen. Vorträge und Diskussionsergebnisse einer DLG-Fachtagung vom Oktober 1987. Frankfurt/Main.
- BRIEMLE, G. (1990):  
Über die Wirkung mineralischer Düngung auf die Vegetation einer Enzian-Magerwiese der Schwäbischen Alb.- Natur u. Landschaft 65: 315-319.
- BROLL, G. (1991):  
Auswirkungen der Flächenstilllegung auf den Abbau der organischen Substanz am Beispiel einer Grünlandbrache.- In: RIEWENHERM, S. & LIETH, H. (Hrsg.): Verh. GfÖ (Osnabrück 1989) XIX/III: 105-114.
- BRUCKER, G. & KALUSCHE, D. (1990):  
Boden und Umwelt - Bodenökologisches Praktikum.- 2. Aufl., 260 S. Quelle & Meyer: Heidelberg, Wiesbaden.
- BRUCKHAUS, A. (1988):  
Biotopschutz durch extensive Beweidung am Beispiel der Enzian-Schillergrasrasen.- Schr.R. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz, München 84: 125-133.
- BUCHWALD, K (1984):  
Zum Schutze des Gesellschaftsinventars vorindustriell geprägter Kulturlandschaft in Industriestaaten.- Phytocologia 12: 395-432.
- BUCHWALD, K. & KUDERER, G. (1973):  
Landschaftspflege Härtsfeld/Schwäbische Alb.- In: BUCHWALD, K. & ENGELHARD, W. (Hrsg.): Landschaftspflege und Naturschutz in der Praxis: 447-480. BLV, München.
- BUCK-FEUCHT, G. (1986):  
Vergleich alter und neuer Wald-Vegetationsaufnahmen im Forstbezirk Kirchheim unter Teck.- Mitt. Ver. Forstl. Standortsk. Forstpfl.züchtung 32: 43-49.
- BÜRGER, R. (1980):  
Sukzessionen der Trockenrasen im Kaiserstuhl. Dokumentation ihres Zustandes und Hinweise für Pflegemaßnahmen.- Dipl.arb. Univ. Freiburg i. Br., Inst. f. Biol. II/Geobotanik: 126 S.

- BÜRGER, R. (1983):  
Die Trespenrasen (Brometalia) im Kaiserstuhl. Zustandserfassung und Dokumentation von Sukzession, Reaktion auf Mahd und Reaktion auf Beweidung als Grundlage für Naturschutz und Landespflege.- Dissert. Univ. Freiburg i. Br., Inst. f. Biologie II/Geobotanik: 400 S. +Anhang.
- BÜRGER, R. (1991):  
Immissionen und Kronenverlichtung als Ursachen für Veränderungen der Waldbodenvegetation im Schwarzwald.- *Tuexenia* 11: 407-424.
- BÜRKLE, A. (1980):  
Vegetationskundliche, weidewirtschaftliche und strukturelle Untersuchungen zur Koppelschafhaltung im Allgäu.- Bayer. Landwirtsch. Jahrb. 3: 259-345.
- BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.) (1992):  
Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag. Fünfter Immissionsschutzbericht der Bundesregierung.- 156 S. Bonn.
- CERLETTI, G. (1988):  
Experimentelle Untersuchungen zum Bodenwasserhaushalt in Trespen-Halbtrockenrasen (bei Merishausen).- Dipl.arb. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich: 80 S.
- CORNELIUS, R., FISCHER, U. & FAENSENTHIEBES, A. (1991):  
Belastung dreier Hochmoore durch immissionsbedingte Nähr- und Schadstoffeinträge.- In: RIEWENHERM, S. & LIETH, H. (Hrsg.): *Verh. GfÖ (Osnabrück 1989) XIX/III*: 341-348.
- COULSON, J. C. & WHITTAKER, J. B. (1978):  
Ecology of Moorland Animals.- In: HEAL, O. W. & PERKINS, D. F. (eds.): *Production Ecology of British Moors and Montane Grasslands.- Ecological Studies 27*: 426 S. Springer: Berlin, Heidelberg, New York.
- CRAWLEY, M. J. (1990):  
Rabbit grazing, plant competition and seedling recruitment in acid grassland.- *J. Appl. Ecol.* 27: 803-819.
- DEUTSCH, E. (1980):  
Die Vegetation im Aufseßtal (Fränkische Schweiz), untersucht und dargestellt anhand von sechs repräsentativen Talquerschnitten.- Dipl.arb. Univ. Würzburg.
- DIERSCHKE, H. (1985):  
Experimentelle Untersuchungen zur Bestandesdynamik von Kalkmagerrasen (Mesobromion) in Südniedersachsen. I. Vegetationsentwicklung auf Dauerflächen 1972-1984.- In: SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.): *Sukzession auf Grünlandbrachen.* - Münstersche Geogr. Arbeiten 20: 9-24. Schöningh: Paderborn.
- DIERSSEN, K. (1989):  
Eutrophierungsbedingte Veränderungen der Vegetationszusammensetzung (Fallstudien aus Schleswig-Holstein).- Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte 2/1: 27-30.
- DIERSSEN, K. (1990):  
Einführung in die Pflanzensoziologie (Vegetationskunde).- 241 S. Wiss. Buchgesellschaft: Darmstadt.
- DÜLL, R. (1990):  
Exkursionstaschenbuch der Moose.- 3. Aufl., 335 S. IDH-Verlag: Bad Münstereifel.
- DÜLL, R. (1991):  
Zeigerwerte von Laub- und Lebermoosen.- In: ELLENBERG, H. et. al.: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- Scripta Geobotanica 18*: 175-214. Goltze: Göttingen.
- DURING, H. J. & WILLEMS, J. H. (1984):  
Diversity models applied to a chalk grassland.- *Vegetatio* 57: 103-114.
- ELLENBERG, H. (1953):  
Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenart.- *Ber. Dt. Bot. Ges.* 65: 350-361.
- ELLENBERG, H. (1954):  
Steppenheide und Waldweide.- *Erdkunde* 8: 188-194.
- ELLENBERG, H. (1956):  
Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde.- In: WALTER, H.: *Einführung in die Phytologie Band IV, 1.Teil.* - 135 S. Ulmer: Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1977):  
Stickstoff als Standortsfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften.- *Oecol. Plant.* 12: 1-22.
- ELLENBERG, H. (1979):  
Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas.- 2. Aufl., 122 S. *Scripta Geobotanica 9*. Goltze: Göttingen.
- ELLENBERG, H. (1986):  
Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen aus ökologischer Sicht.- 4. Aufl., 989 S. Ulmer: Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1991):  
Zeigerwerte der Gefäßpflanzen.- In: ELLENBERG, H. et. al.: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- Scripta Geobotanica 18*: 9-166. Goltze: Göttingen.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1991):  
Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- *Scripta Geobotanica 18*: 248 S. Goltze, Göttingen.
- ELLENBERG, H. jun. (1985):  
Veränderungen der Flora Mitteleuropas unter dem Einfluß von Düngung und Immissionen.- *Schweiz. Z. Forstwes.* 136: 19-39.
- ELLENBERG, H. jun. (1987):  
Fülle Schwund Schutz: Was will der Naturschutz eigentlich?.- *Verh. GfÖ (Gießen 1986) XVI*: 449-459.

- ELLENBERG, H. jun. (1989 a):  
Zur Einführung. Einführungsreferat beim Expertengespräch an der NNA zum Thema: Eutrophierung das gravierendste Problem im Naturschutz?.- Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte 2/1: 4-8.
- ELLENBERG, H. jun. (1989 b):  
Ein Dutzend illustrierte Informationen. Einführungsreferat beim Expertengespräch an der NNA zum Thema: Eutrophierung das gravierendste Problem im Naturschutz?.- Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte 2/1: 8-13.
- ENGEL, S. (1988):  
Untersuchungen über schwefel- und stickstoffhaltige Immissionswirkungen in Heidegesellschaften des Naturschutzgebietes Lüneburger Heide (Verdrängung von *Calluna vulgaris* durch *Deschampsia flexuosa*).- Diss. Univ. Gießen: 188 S.
- FANGMEIER, A., FISCHER, A., GNITKE, J., GO-DOY, R., & MAYR, R. (1987):  
Immissionswirkungen in einem Melico-Fagetum. Teil I: Symptomologische Effekte bei diskontinuierlicher Begasung in Open-top-Kammern.- Verh. GfÖ (Gießen 1986) XVI: 91-100.
- FENNER, M. (1985):  
Seed ecology.- 151 S. Chapman & Hall: London, New York.
- FISCHER, A. (1985):  
Feinanalytische Sukzessionsuntersuchungen in Grünlandbrachen Methode und Methodenvergleich.- In: SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.): Sukzession auf Grünlandbrachen.- Münstersche Geographische Arbeiten 20: 213-223. Schöningh: Paderborn.
- FISCHER, A. (1993):  
Zehnjährige vegetationskundliche Dauerbeobachtungen stadtnaher Waldbestände. Reaktionen der Waldvegetation auf anthropogene Beeinflussungen. Forstw. Centralb. 112: 141-158.
- FISCHER, A., STEUBING, L. & FANGMEIER, A. (1987):  
Immissionsbedingte Veränderungen in der Krautschicht von Wäldern - Freilandbegasung im Melico-Fagetum.- In: SCHUBERT, R. & HILBIG, W. (Hrsg.): Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen.- Wiss. Beitr. M.-L.-Univ. Halle 46/1987: 88-102.
- FISCHER, H. S. & BEMMERLEIN-LUX, F. A. (1992):  
Multivariate Methoden in der Ökologie. Kursskript, Version 8.- 129 S. Erlangen.
- FISCHER, S., POSCHLOD, P. & BEINLICH, B. (1994):  
Anpassung von Pflanzen und Tieren an räumliche Isolationseffekte auf Kalkmagerrasen-Standorten - das Schaf als Ausbreitungsmedium oder die Bedeutung der Wanderschäferie für den Verbund von Kalkmagerrasen.- Vortrag auf der 24. Jahrestagung der Gesellschaft für Ökologie, Frankfurt/Main.
- FLORINETH, F. (1974):  
Wasserhaushalt von *Stipa pennata* ssp. *eriocaulis*, *Stipa capillata* und *Festuca valesiaca* im Steppengebiet des oberen Vinschgaus.- Oecol. Plant. 9: 295-314.
- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (1983):  
Moosflora.- 522 S. Ulmer: Stuttgart.
- FUCHS, M. (1983):  
Naturschutzstrategien zur Sicherung von Hutungen und Triften.- In: AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (Hrsg.): Schutz von Trockenbiotopen - Trockenrasen, Triften und Hutungen.- Laufener Seminarbeitr. 6/83: 65-72.
- GAUCH, H. G. (1982):  
Multivariate analysis in community ecology.- 298 S. Cambridge University Press: Cambridge.
- GAUCKLER, K. (1938):  
Steppenheide und Steppenheidewald der Fränkischen Alb in pflanzensoziologischer, ökologischer und geographischer Betrachtung.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 23: 5-134.
- GEBAUER, G., REHDER, H. & WOLLENWEBER, B. (1988):  
Nitrate, nitrate reduction and organic nitrogen in plants from different ecological and taxonomic groups of Central Europe.- Oecologia 75: 371-385.
- GEHRT, E. (1992):  
Ableitung der Gefährdungspotentiale naturschutzrelevanter Magerweiden im Kanton Solothurn/Schweiz.- Natur u. Landschaft 67: 27-30.
- GIBSON, C., WATT, T. & BROWN, V. (1987):  
The Use of Sheep Grazing to Recreate Species-rich Grassland from Abandoned Arable Land.- Biol. Conserv. 42: 165-183.
- GIBSON, C. W. D. & BROWN, V. K. (1991):  
The effects of grazing on local colonisation and extinction during early succession.- J. Veg. Science 2: 291-300.
- GILS, H. VAN (1984):  
Redden schapen de heide?.- In: GILS, E. VAN (ed.) (1984): Grazers op de heide. Verslag von de derde Studiedag - Heidebeheer: 56-68.
- GIGON, A. (1968):  
Stickstoff- und Wasserversorgung von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion) im Jura bei Basel.- Ber. Geobot. Inst. ETH, Stifft. Rübel, Zürich 38: 28-85.
- GIGON, A. (1981):  
Koexistenz von Pflanzenarten, dargelegt am Beispiel alpiner Rasen.- Verh. GfÖ (Berlin 1980) IX: 165-172.
- GITTINS, R. (1985):  
Canonical analysis. A review with applications in ecology.- 351 S. Springer: Berlin, Heidelberg, New York.

- GLUCH, W. (1973):  
Die oberirdische Netto-Primärproduktion in drei Halbtrockenrasengesellschaften des NSG 'Leutrat' bei Jena.- Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch. 13: 21-42.
- GÖTZ, V. (1979):  
Pflege von Wacholderheiden auf der Münsinger Alb.- Mitt. Ver. forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 27: 49-54.
- GOODALL, D. W. (1973):  
Sample Similarity and Species Correlation.- In: WHITTAKER, R. H. (ed.): Handbook of Vegetation Science, Part V: Ordination and Classification of Communities: 105-156. Junk: The Hague.
- GOTTHARD, W. (1965):  
Die Küchenschelle (*Pulsatilla vulgaris* Mill.) im Ries.- Botan. Jb. 84: 1-50.
- GRABHERR, G. (1985):  
Numerische Klassifikation und Ordination in der alpinen Pflanzensoziologie als Beitrag zur Verknüpfung moderner Computermethoden mit der pflanzensoziologischen Tradition.- Tuexenia 5: 181-190.
- GRADMANN, R. (1931):  
Süddeutschland. Band 1, Allgemeiner Teil.- 215 S. + Tafeln. Engelhorn Nachfolger: Stuttgart.
- GRADMANN, R. (1950):  
Das Pflanzenleben der Schwäbischen Alb.- 4. Aufl., 449 S., 2 Bände, Stuttgart.
- GREIG-SMITH, P. (1964):  
Quantitative Plant Ecology.- 2. Aufl., 256 S. Butterworths: London.
- GRIME, J. P. (1973):  
Competitive exclusion in herbaceous vegetation.- Nature 242: 344-347.
- GRIME, J. P. (1979):  
Plant strategies and vegetation processes.- 222 S. Wiley & Sons: Chichester.
- GRIME, J. P. & CURTIS, A. V. (1976):  
The interaction of drought and mineral nutrient stress in calcareous grassland.- J. Ecol. 64: 975-988.
- GRUBB, P. J. (1976):  
A theoretical background to the conservation of ecologically distinct groups of annuals and biennials in the chalk grassland ecosystem.- Biol. Conserv. 10: 53-76.
- GRÜNHAGE, L., DÄMMGEN, H., HAENEL, H.-D. & JÄGER, H.-J. (1990 a):  
Flüsse S- und N-haltiger Verbindungen in der bodennahen Atmosphäre über einem Dauergrünland.- In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN: Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Böden, Teil 1.- VDI Berichte Nr. 837: 613-632.
- GRÜNHAGE, L., HERTSTEIN, U., SCHLECHT-PIETSCH, S. & JÄGER, H.-J. (1990 b):  
Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf die ober- und unterirdische Biomasse eines Grünlandökosystems.- In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN: Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Böden, Teil 1.- VDI Berichte Nr. 837: 633-652.
- GUDERIAN, R. (1986):  
Kriterien zur Erfassung und Bewertung von Immissionsbelastungen in terrestrischen Ökosystemen.- Verh. GfÖ XIV (Hohenheim 1984): 245-256.
- GUTERMANN, W. & MUCINA, L. (1993):  
Nomenklatorische Korrektur einiger Syntaxon-Namen.- Tuexenia 13: 541-545.
- HACKEL, E. (1882):  
Monographia Festucarum Europaeorum.- 216 S. Kassel, Berlin.
- HAGEN, T. (1989):  
Vegetationsveränderungen in Kalk-Magerrasen des Fränkischen Jura. Durchführungsstudie zu einem geplanten Forschungsvorhaben der Akad. f. Naturschutz u. Landschaftspfl., Laufen (unveröff.).- 18 S. + Anhang.
- HAKES, W. (1987 a):  
Einfluß von Wiederbewaldungsvorgängen in Kalkmagerrasen auf die Artendiversität und Möglichkeiten der Steuerung durch Pflegemaßnahmen.- Diss. Bot. 109: 151 S. + Anhang. Cramer: Berlin.
- HAKES, W. (1987 b):  
Analyse sukzessionsbedingter Vegetationsveränderungen in nordhessischen Kalk-Halbtrockenrasen mit Hilfe multivariater Verfahren.- Tuexenia 7: 295-302.
- HARD, G. (1975):  
Vegetationsdynamik und Verwaltungsprozesse auf den Brachflächen Mitteleuropas.- Die Erde 106: 243-276.
- HARNISCHMACHER, M. (1988):  
Möglichkeiten und Durchführung extensiver Nutzungs- und Pflegeformen auf Trockenhängen der Südlichen Frankenalb aus der Sicht des Naturschutzes.- Schr.R. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 84: 115-123.
- HARPER, J. L. (1977):  
Population Biology of Plants.- 892 S. Academic Press: London, San Diego.
- HAVILL, D. C., LEE, J. A. & DE-FELICE, J. (1977):  
Some factors limiting nitrate utilization in acidic and calcareous grasslands.- New Phytol. 78: 649-659.
- HEDINGER, C. (1991):  
Halbtrockenrasen im Kanton Bern / Schweiz: Ökonomische Anreize zum Schutz von Kulturlandschaftselementen.- In: RIEWENHERM, S. & LIETH, H. (Hrsg.): Verh. GfÖ (Osnabrück 1989) XIX/III: 461-465.
- HEGI, G. (1965):  
Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band III/3.Teil.- 2. Aufl., 356 S. Hanser: München.

- HEGI, G. (1979):  
 Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band VI/Teil 3. Compositae I. Bearb. von WAGENITZ, G.- 2. Aufl., 366 S. Parey: Berlin, Hamburg.
- HEGI, G. (1985):  
 Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band I/Teil 3, Lieferung 3. Gramineae p.p. Bearb. v. COHNERT, H. J.- 3. Aufl., S. 161-240. Parey: Berlin, Hamburg.
- HEGI, G. (1987):  
 Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band I/Teil 3, Lieferung 4. Gramineae p.p. Bearb. v. COHNERT, H. J.- 3. Aufl., S. 241-320. Parey: Berlin, Hamburg.
- HEGI, G. (1989):  
 Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band I/Teil 3 Lieferung 5. Gramineae p.p. Bearb. v. COHNERT, H. J.- 3. Aufl., S. 321-400. Parey: Berlin, Hamburg.
- HEROLD, G. (1988):  
 Kalkmagerrasen im vorgeschlagenen Naturschutzgebiet 'Alpiner Steig' bei Schönhofen.- Dipl.arb. (unveröff.) Univ. Regensburg: 117 S.
- HERTSTEIN, U., GRÜNHAGE, L. & JÄGER, H.- J.(1991):  
 Wirkung von Managementmaßnahmen auf den Stoffhaushalt eines Dauergrünlandökosystems.- In: RIEWENHERM, S. & LIETH, H. (Hrsg.): Verh. GfÖ (Osnabrück 1989) XIX/III: 405-410.
- HERTZ, J. & BUCHER, P. (1990):  
 Abschätzung der totalen Stickstoff- und Protoneneinträge in ausgewählte Ökosysteme in der Schweiz.- In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN: Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Böden, Teil 1.- VDI Berichte Nr. 837: 373-387.
- HILL, M. O. (1973):  
 Reciprocal Averaging: An Eigenvector method of ordination.- J. Ecol. 61: 237-249.
- HOCHBERG, H. (1985):  
 Erfahrungen und Ergebnisse zur Schafweide auf Mittelgebirgsgrasland.- Tierzucht 39: 310-313.
- HORNBERGER, T. (1959):  
 Die kulturgeographische Bedeutung der Wanderschäferie in Süddeutschland. Süddeutsche Transhumanz.- Forsch. zur Deutschen Landesk. 109: 173 S. Remagen.
- HOVESTADT, T. (1990):  
 Die Bedeutung zufälligen Aussterbens für die Naturschutzplanung.- Natur u. Landschaft 65: 3-8.
- HOVESTADT, T., ROESER, J. & MÜHLENBERG, M. (1992):  
 Flächenbedarf von Tierpopulationen.- Forschungszentrum Jülich (Hrsg.): Berichte aus d. Ökol. Forsch. 1: 277 S.
- HUBBARD, C. E. (1985):  
 Gräser.- 2. Aufl., 475 S. Ulmer: Stuttgart.
- JAKUCS, P. (1969):  
 Die Sproßkolonien und ihre Bedeutung in der dynamischen Vegetationsentwicklung (Polycormonsukzession).- Acta Botan. Croat. (Zagreb) 28: 161-170.
- JANZEN, D. H. (1983):  
 No park is an island: increase in interference from outside as park size decreases.- Oikos 41: 402-410.
- JONGMAN, R. H. G., TER BRAAK, C. J. F. & VAN TONGEREN, O. F. R. (1987):  
 Data analysis in community landscape ecology.- 299 S. Wageningen.
- JUNKER, U. (1978):  
 Beziehungen zwischen Saugspannung und Wassergehalt bei charakteristischen Waldböden in der Umgebung von Göttingen.- Staatsexamensarbeit Univ. Göttingen (unveröff.): 84 S.
- KANTONALES NATURSCHUTZINSPEKTORAT (1989):  
 Trockenstandorte im Kanton Bern.- In: Naturnahe Lebensräume in der Landwirtschaft: Die Berner Lösung.- Informationsordner. Kantonales Naturschutzinspektorat: Bern.
- KAU, M (1981):  
 Die Bergschafe im Karwendel, eine Untersuchung der Haltungsform, der Futtergrundlage und des Verhaltens.- Diss. TU München-Weihenstephan.
- KAULE, G. (1986):  
 Arten- und Biotopschutz.- 461 S. Ulmer: Stuttgart.
- KAULE, G., SCHALLER, J. & SCHOBER, H.-M. (1979):  
 Auswertung der Kartierung schutzwürdiger Biotope in Bayern. Allgemeiner Teil Außer-alpine Naturräume.- Schr.R. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz, Schutzwürdige Biotope in Bayern 1: 154 S. Oldenbourg: München, Wien.
- KEHREN, W. (1986):  
 Größe allein spielt keine Rolle. Achenlochhöhle als Schutzgebiet.- LÖLF-Mitt. 3/1986: 20-27.
- KIEFT, T. L., SOROKER, E. & FIRESTONE, M. K. (1987):  
 Microbial biomass response to a rapid increase in water potential when dry soil is wetted.- Soil Biol. Biochem. 19: 119-126.
- KIENZLE, U. (1979):  
 Sukzessionen in brachliegenden Magerwiesen des Jura und Napfgebietes.- Diss. Bot. Inst. Univ. Basel: 104 S.
- KIENZLE, U. (1983):  
 Sterben die Mesobrometen aus?.- Bauhinia 7: 243-251.
- KINZEL, H. (1982):  
 Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel.- 534 S. Ulmer: Stuttgart.

- KLAPP, E. (1929):  
Thüringische Rhönhuten.- Wiss. Arch. f. Landwirtsch.  
Abt. Pflanzenbau 2: 704-786.
- KLAPP, E. (1965):  
Grünlandvegetation und Standort.- 384 S. Parey: Berlin,  
Hamburg.
- KLAPP, E. (1971):  
Wiesen und Weiden.- 4. Aufl., 519 S. Parey: Berlin, Ham-  
burg.
- KLAPP, E. & OPITZ VON BOBERFELD, W. (1990):  
Taschenbuch der Gräser- 12. Aufl., 282 S. Parey: Berlin,  
Hamburg.
- KNAPP, H. D. (1973):  
Der Einfluß des Menschen auf die Vegetationsverhältnisse  
im Leutratal bei Jena.- Arch. Naturschutz u. Landschafts-  
forsch. 13: 141-162.
- KNAPP, R. (1971):  
Einführung in die Pflanzensoziologie.- 3. Aufl., 388 S.  
Ulmer: Stuttgart.
- KNAPP, R. (1977):  
Dauerflächen-Untersuchungen über die Einwirkung von  
Haustieren und Wild während trockener und feuchter  
Zeiten in Mesobromion-Halbtrockenrasen in Hessen.-  
Mitt. flor.-soz. Arb.-gem., N.F. 19/20: 269-274.
- KNAPP, R. (1979):  
Retardierte Sukzessionen auf trockenem Brachland in  
Mittelgebirgen Westdeutschlands.- Mitt. Flor.-soz. Arb.  
gem., N.F. 21: 97-109.
- KNÖRZER, K.-H. (1985):  
Entstehung und Verschwinden der niederrheinischen Sal-  
beiwiesen.- Natur u. Landschaft 60: 495-500.
- KOENIES, H., HAKES, W., HOLLSTEIN, B., LEGNER,  
D. & WASSMANN, T. (1991):  
Halbtrockenrasenpflege mit Schafen - Erste Ergebnisse  
von Langzeit-Beweidungsversuchen mit Deutschen  
Schwarzköpfigen Fleischschafen zur Regeneration ver-  
buschter und verfilzter Enzian-Schillergrasrasen in Nord-  
hessen.- In: RIEWEN- HERM, S. & LIETH, H. (Hrsg.):  
Verh. GfÖ (Osnabrück 1989) XIX/III: 87-98.
- KOLLMANN, J. (1992):  
Das Eindringen von Gehölzen in Brachflächen - Grundla-  
gen und eine Fallstudie in Trespenrasen des Kaiserstuhls.-  
Laufener Seminarbeitr. 2/92: 58-70.
- KORNECK, D. (1974):  
Xerothermvegetation in Rheinland-Pfalz und Nachbarg-  
ebieten- Schr.R. Veg.kunde. 7: 196 S. + Anhang.
- KORNECK, D. & SUKOPP, H. (1988):  
Rote Liste der in der BRD ausgestorbenen, verschollenen  
und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Aus-  
wertung für den Arten- und Biotopschutz- Schr.R.  
Veg.kunde. 19: 210 S.
- KÖSTLER, E. & KROGOLL, B. (1991):  
Auswirkungen von anthropogenen Nutzungen im Berg-  
land - Zum Einfluß der Schafbeweidung (Literaturauswer-  
tung).- Beiheft 9 zu den Berichten der ANL: 74 S.
- KOWARIK, I. & SEIDLING, W. (1989):  
Zeigerwertberechnungen nach Ellenberg - Zu Problemen  
und Einschränkungen einer sinnvollen Methode.- Land-  
schaft u. Stadt 21: 132-143.
- KRATOCHWIL, A. (1983):  
Zur Phänologie von Pflanzen und blütenbesuchenden In-  
sekten eines versaumten Halbtrockenrasens im Kaiser-  
stuhl (Südbaden) ein Beitrag zur Erhaltung  
brachliegender Wiesen als Lizenz-Biotope gefährdeter  
Tierarten.- Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege  
Bad.-Württ. 34: 57-108.
- KRAUS, G. (1911):  
Boden und Klima auf kleinstem Raum.- 184 S. Fischer:  
Jena.
- KRAUSE, W. (1940):  
Untersuchungen über die Ausbreitungsfähigkeit der nied-  
rigen Segge (*Carex humilis* LEYSS.) in Mitteldeutsch-  
land.- Planta 31: 91-168. Berlin
- KRAUSE, W. (1974):  
Bestandsveränderungen auf brachliegenden Wiesen.- Das  
wirtschaftseigene Futter 20: 51-65.
- KREH, W. (1950):  
Über den Rückgang der Knabenkräuter in der Stuttgarter  
Umgebung während des letzten Jahrhunderts.- Veröff.  
Württ. Landesst. Nat.schutz 19: 64-70.
- KUHN, N., AMIET, R. & HUFSCHMID, N. (1987):  
Veränderungen in der Waldvegetation der Schweiz infolge  
Nährstoffanreicherungen aus der Atmosphäre.- Allg.  
Forst- u. Jagdzeitung 158: 77-84.
- KUHN, U. (1984):  
Die Bedeutung des Pflanzenwasserhaushalts für Koexi-  
stenz und Artenreichtum von Trespen-Halbtrockenrasen  
(Mesobromion).- Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stüftg. Rü-  
bel, Zürich 83: 101 S.
- LACY, R.C. (1987):  
Loss of genetic diversity from managed populations: In-  
teracting effects of genetic drift, mutation, immigration,  
selection, and population subdivision.- Conserv. Biol. 1:  
143-158.
- LAMMERT, F.-D. (1984):  
Schutzwürdige Biotope: Kalkmagerrasen.- Naturschutz  
und Naturparke 112: 29-30.
- LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ  
(1993):  
Verbesserung der Luftqualität in Nordrhein-Westfalen.-  
LÖLF-Mitt. 2/1993: 4.
- LEE, J. A. & STEWART, G. R. (1978):  
Ecological aspects of nitrogen assimilation.- Adv. Bot.  
Res. 6: 1-43.

- LEPŠ, J. & HADINCOVÁ, V. (1992):  
How reliable are our vegetation analyses? - J. Veg. Science 3: 119-124.
- LEPŠ, J., OSBORNOVÁ-KOSINOVÁ, J. & REJMÁNEK, M. (1982):  
Community stability, complexity and species life history strategies. - Vegetatio 50: 53-63.
- LEUSCHNER, C. (1989):  
Zur Rolle von Wasserverfügbarkeit und Stickstoffangebot als limitierende Standortfaktoren in verschiedenen basiphytischen Trockenrasen-Gesellschaften des Oberelsaß, Frankreich. - Phytocoenologia 18: 1-54.
- LEUTERT, A. (1983 a):  
Einfluß der Feldmaus *Microtus arvalis* (Pall.) auf die floristische Zusammensetzung von Wiesenökosystemen. - Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich 79: 126 S.
- LEUTERT, A. (1983 b):  
Einfluß der Feldmaus (*Microtus arvalis*) auf die Artenzusammensetzung von Trespen-Halbtrockenrasen und Glatthaferwiesen. - Verh. GfÖ X: 211-216.
- LINK, F.-G. & LINK, W. (1989):  
Heiden im Enzkreis. Wandel, Schutz und Pflege einer bedrohten Kulturlandschaft. - Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 64/65: 17-79.
- LIPPERT, W. & HEUBL, G. (1989):  
Chromosomenzahlen von Pflanzen aus Bayern und angrenzenden Gebieten. - Ber. Bayer. Bot. Ges. 59: 13-22.
- LLOYD, P. S. & PIGOTT, S. P. (1967):  
The influence of soil conditions on the course of succession on the chalk of southern England. - J. Ecol. 55: 137-146.
- LOHMEYER, W. (1953):  
Beitrag zu Kenntnis der Pflanzengesellschaften in der Umgebung von Höxter a. d. Weser. - Angew. Pflanzensoz. 4: 59-76.
- LOHRMANN, R. (1956):  
Zur Erhaltung der Schafweide auf der Schwäb. Alb. - Veröff. Landesst. Nat.schutz u. Landschaftspf. Baden-Württ. 24: 80-98.
- LORENZ, R. J. (1988):  
Grundbegriffe der Biometrie. - 2. Aufl., 241 S. Fischer: Stuttgart, New York.
- LÖTSCHERT, W. (1962):  
Entstehung und Erhaltung der nordwestdeutschen Heide. - Natur und Museum 92: 286-293.
- MAAREL, E. VAN DER (1979):  
Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. - Vegetatio 39: 97-114.
- MAAS, D. (1994):  
Biotopverbund für Pflanzengemeinschaften - Möglichkeiten und Grenzen anhand eines Beispiels aus der Münchner Schotterebene. - Natur u. Landschaft 69: 54-61.
- MADER, H.-J. (1990):  
Die Isolation von Tier- und Pflanzenpopulationen als Aspekt einer europäischen Naturschutzstrategie. - Natur u. Landschaft 65: 8-12.
- MAHN, E.-G. (1965):  
Vegetationsaufbau und Standortverhältnisse der kontinental beeinflussten Xerothermrasengesellschaften Mitteldeutschlands. - Abh. Sächs. Akad. Wiss. Leipzig, Math.-Nat.wiss. Kl. 49: 138 S.
- MAHN, E.-G. (1966):  
Die ökologisch-soziologischen Artengruppen der Xerothermrasen Mitteldeutschlands. - Botan. Jb. 85: 1-44.
- MARKGRAF-DANNENBERG, I. (1958):  
Zur *Festuca duvalii*-Frage im mitteleuropäischen Raum. - Ber. Bayer. Bot. Ges. 33: 83-93.
- MATTERN, H. (1985):  
Zwei Jahrzehnte Landschaftspflege im Regierungsbezirk Stuttgart (Nordwürttemberg). Maßnahmen, Erfolge, Probleme. - Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 59/60: 7-56.
- MATTERN, H. (1989):  
Bemerkungen zu einigen Probleme der Landschaftspflege. - Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 64/65: 9-16.
- MATTERN, H., WOLF, R. & MAUK, J. (1979):  
Heiden im Regierungsbezirk Stuttgart, Zwischenbilanz im Jahre 1980. - Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 49/50: 9-29.
- MEISEL, K. (1984):  
Landwirtschaft und 'Rote Liste'-Pflanzenarten. - Natur u. Landschaft 59: 301-307
- MERKEL, J. (1979):  
Die Vegetation im Gebiet des MTB 6434 Hersbruck. - Diss. Bot. 51: 174 S. + Anhang. Cramer: Vaduz.
- MEUSEL, H. (1940):  
Die Grasheiden Mitteleuropas. Versuch einer vergleichend-pflanzengeographischen Gliederung. - Bot. Arch. 41: 357-519.
- MÖCKLI, R. (1987):  
Nutzungsbedingte Veränderungen auf Mesobromion-Standorten im östlichen Aargauer Jura. - Dipl.arb. (unveröff.) Bot. Inst. Univ. Basel.
- MÖLLER, H. (1987):  
Wege zur Ansprache der aktuellen Bodenazidität auf der Basis der Reaktionszahlen von Ellenberg ohne arithmetisches Mitteln dieser Werte. - Tuexenia 7: 499-505.

- MÖLLER, H. (1992):  
Zur Verwendung des Medians bei Zeigerwertberechnungen nach ELLENBERG.- *Tuexenia* 12: 25-28.
- MÖSELER, B. (1989):  
Die Kalkmagerrasen der Eifel.- *Decheniana-Beihefte* 29: 79 S. + Anhang.
- MÜLLER, J., ROSENTHAL, G. & UCHTMANN, H. (1992):  
Vegetationsveränderungen und Ökologie nordwestdeutscher Feuchtgrünlandbrachen.- *Tuexenia* 12: 223-244.
- MÜLLER, N. (1990 a):  
Das Lechtal - Zerfall einer übernationalen Pflanzenbrücke - dargestellt am Lebensraumverlust der Lechfeldhaiden.- *Ber. Nat.-wiss. Ver. Schwaben* 94: 26-39.
- MÜLLER, N. (1990 b):  
Die Entwicklung eines verpflanzten Kalkmagerrasens. Erste Ergebnisse von Dauerflächenbeobachtungen in einer Lechfeldhaide.- *Natur u. Landschaft* 65: 21-26.
- MÜLLER, T. (1961):  
Ergebnisse pflanzensoziologischer Untersuchungen in Südwestdeutschland.- *Beitr. naturkd. Forsch. Südwestd.* 20: 11-122.
- MÜLLER, T. (1966 a):  
Vegetationskundliche Beobachtungen im Naturschutzgebiet Hohentwiel.- *Veröff. Naturschutz Landschaftspfl. Bad.-Württ.* 34: 14-62.
- MÜLLER, T. (1966 b):  
Die Wald-, Gebüsch-, Saum-, Trocken- und Halbtrockenrasengesellschaften des Spitzbergs.- In: LANDESSTELLE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.): *Der Spitzberg bei Tübingen*: 278-475. Ludwigsburg.
- MÜLLER, T. (1978):  
Trifolio-Geranietea sanguinei Th. Müller 61.- In: OBERDORFER, E. (Hrsg.): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II, 2. Aufl.*: 247-298. Fischer: Stuttgart, New York.
- MÜNZEL, M. & SCHUMACHER, W. (1993):  
Magerrasen schützen.- *Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten* (Hrsg.) Nr. 2503: 12 S. Bonn.
- NILSSON, I. N. & NILSSON, S. G. (1985):  
Experimental estimates of census efficiency and pseudo-turnover on islands: error trend and between-observer variation when recording vascular plants.- *J. Ecol.* 73: 65-70.
- NILSSON, S. J. & GRENNFELT, P. (eds.) (1988):  
Critical loads for sulphur and nitrogen.- Report from a workshop held at Sklokloster, Sweden, 19<sup>th</sup> - 24<sup>th</sup> March 1988. *NORD Miljörapport* 15 (1988): 418 S. Kopenhagen.
- OBERDORFER, E. (Hrsg.) (1978):  
*Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil II.- 2. Aufl.*, 355 S. Fischer: Stuttgart, New York.
- OBERDORFER, E. (1990):  
*Pflanzensoziologische Exkursionsflora.- 6. Aufl.*, 1050 S. Ulmer: Stuttgart.
- OBERDORFER, E. (Hrsg.) (1992):  
*Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsche. A. Textband.- 2. Aufl.*, 282 S. Fischer: Jena, Stuttgart, New York.
- PARK, G. J. (1985):  
Ökologische und pflanzensoziologische Untersuchungen von Almweiden der Bayerischen Alpen unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten ihrer Verbesserung.- *Diss. Fak. Landw. u. Gartenbau TU München-Weihenstephan*: 211 S.
- PAULSEN, J. (1988):  
Veränderungen in Mesobrometen des Hauensteingebietes.- *Dipl.arb. (unveröff.) Bot. Inst. Univ. Basel*.
- PENZÉS, A. (1960):  
Über die Morphologie, Dynamik und zöologische Rolle der sprosskolonienbildenden Pflanzen (Polycormone).- *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 6: 501-515.
- PERKINS, D. F. (1978):  
The Distribution and Transfer of Energy and Nutrients in the *Agrostis-Festuca* Grassland Ecosystem.- In: HEAL, O. W. & PERKINS, D. F. (eds.): *Production Ecology of British Moors and Montane Grasslands. - Ecological Studies* 27: 426 S. Springer: Berlin, Heidelberg, New York.
- PERSSON, S. (1981):  
Ecological indicator values as an aid in the interpretation of ordination diagrams.- *J. Ecol.* 69: 71-84.
- PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. (1986):  
Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil I.- *Ber. ANL* 10: 41-60.
- PFEIFFER, H. (1962):  
Über die Bewertung der Geselligkeitszahlen bei pflanzensoziologischen Aufnahmen.- *Mitt. flor.-soz. Arb.gem., N.F.* 9: 43-50.
- PLACHTER, H. (1991):  
*Naturschutz.- 463 S. Fischer: Stuttgart.*
- POSCHLOD, P., DEFFNER, A., BEIER, B. & GRUNNICKE, U. (1991):  
Untersuchungen zur Diasporenbank von Samenpflanzen auf beweideten, gemähten, brachgefallenen und wieder aufgeforsteten Kalkmagerrasenstandorten.- *Verh. GfÖ (Freising-Weihenstephan)* 20/2: 893-904.

- PRAGER, L., SCHUWERK, H. & R. (1985):  
Zur Verbreitung der *Leucanthemum*-Arten im Altmühlju-  
ra und den benachbarten Gebieten. - Ber. Bayer. Bot. Ges.  
56: 231-233.
- QUINGER, B., BIEDERMANN, E. & FIEGLE, M. (1991):  
Naturschutzwert und Pflegemodellfunktion einiger  
Schafhutungen Südwest-Thüringens. Muschelkalk-  
und Zechstein-Schafweiden in Rhön und Thüringer Wald.-  
Naturschutz u. Landschaftsplanung 6: 220-228.
- QUINGER, B., WEBER, J. & KORNPBST, M. (AL-  
PENINSTITUT) (1990):  
Lebensraumtyp Kalkmagerrasen.- In: BAYERISCHES  
STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICK-  
LUNG UND UMWELTFRAGEN: Landschaftspflege-  
konzept Bayern. Teilband II.1 (unveröff. Fassung v. Feb.  
1990). - 173 S. München.
- RABOTNOV, T. A. (1974):  
Differences between fluctuations and successions.-  
Handb. of Veg. Science 8: 19-24.
- RADLER, K. (1987):  
Faunenverfälschung, Artenschutz und Genetik - Konzep-  
te, Fakten und Probleme.- Vogel und Umwelt 4: 247-267.
- RAUSCHERT, S. (1960):  
Studien über die Systematik und Verbreitung der thürin-  
gischen Sippen der *Festuca ovina* L. s.lat.- Feddes Repert.  
63: 251-283.
- REICHELT, G. & WILMANN, O. (1973):  
Vegetationsgeographie. Reihe 'Das Geographische Semi-  
nar. Praktische Arbeitsweisen'.- 210 S. Westermann:  
Braunschweig.
- REICHHOFF, L. (1973):  
Homogenitäts- und Strukturuntersuchungen an xerother-  
men Rasengesellschaften und trockenen Ausbildungen  
der Glatthaferwiese im NSG 'Leutratal' bei Jena.- Arch.  
Naturschutz u. Landschaftsforsch. 13: 43-59.
- REICHHOFF, L. (1974):  
Untersuchungen über den Aufbau und die Dynamik des  
Orchideen-Halbtrockenrasens im NSG 'Leutratal' bei  
Jena/Thüringen.- Mitt. Sekt. Geobot. Phytotax. Geobot.  
Ges. DDR 1974: 115-125.
- REICHHOFF, L. & BÖHNERT, W. (1978):  
Zur Pflegeproblematik von *Festuco-Brometea*-, *Sedo-  
Scleranthetea*- und *Corynephoretea*-Gesellschaften in Na-  
turschutzgebieten im Süden der DDR.- Arch. Naturschutz  
u. Landschaftsforsch. 18: 81-102.
- REICHHOLF, J. (1988):  
Ist der Biotopverbund eine Lösung des Problems kriti-  
scher Flächengrößen?.- Laufener Seminarbeitr. 10/86: 19-  
24.
- RIESS, W. (1988):  
Konzepte zum Biotopverbund im Arten- und Biotop-  
schutzprogramm Bayern.- Laufener Seminarbeitr. 10/86:  
102-115.
- RINGLER, A. (1982):  
Verbreitung, Standort, Vegetation und Landschaftshaus-  
halt von Buckelfluren in Südbayern.- Laufener Seminar-  
beitr. 6/82: 21-36.
- RINGLER, A. (1986):  
Biotop- und Pflanzenartenschwund in ausgewählten  
Agrarlandschaften Bayerns.- Verh. GfÖ (Hohenheim  
1984) XIV: 192.
- RINGLER, A. (1987):  
Gefährdete Landschaft - Lebensräume auf der Roten Li-  
ste.- 175 S. BLV: München, Wien, Zürich.
- RITTER, M. (1984):  
Trockenvegetation im Grünland des Kantons Jura: Pflan-  
zengesellschaften, Bewirtschaftung, Pflegevorschläge.-  
Beitr. z. Naturschutz i. d. Schweiz 6: 1-85.
- RODENKIRCHEN, H. (1982):  
Wirkungen von Meliorationsmaßnahmen auf die Boden-  
vegetation eines ehemals streugennutzten Kiefernstandor-  
tes in der Oberpfalz.- Forstl. Forsch.ber. München 53: 178  
S.
- RÖDEL, D. (1987):  
Vegetationsentwicklung nach Grundwasserabsenkungen.  
Dargestellt am Beispiel des Fuhrberger Feldes in Nieder-  
sachsen.- Schr.R. Fachbereich Landschaftsentw. TU Ber-  
lin, Sonderheft S1: 247 S.
- ROSÉN, E. (1982):  
Vegetation development and sheep grazing in limestone  
grasslands of South Öland, Sweden.- Acta phytogeogr.  
Succ. 72: 108 S.
- ROSÉN, E. (1985):  
Succession and fluctuations in species composition in the  
limestone grasslands of south Öland.- In: SCHREIBER,  
K.-F. (Hrsg.): Sukzession auf Grünlandbrachen.- Mün-  
stersche Geographische Arbeiten 20: 25-34. Schöningh:  
Paderborn.
- ROSENTHAL, G. & MÜLLER, J. (1988):  
Wandel der Grünlandvegetation im mittleren Ostetal - Ein  
Vergleich 1952-1987.- Tuexenia 8: 79-99.
- ROST-SIEBERT, K. & JAHN, G. (1988):  
Veränderungen der Waldbodenvegetation während der  
letzten Jahrzehnte - Eignung zur Bioindikation von Im-  
missionswirkungen?.- Forst und Holz 43: 75-81
- ROTHMALER, W. (1986):  
Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD.  
Band 4, Kritischer Band.- 6. Aufl., 812 S. Volk und  
Wissen: Berlin.
- ROTHMALER, W. (1987):  
Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD.  
Band 3, Atlas der Gefäßpflanzen.- 6. Aufl., 752 S. Volk  
und Wissen: Berlin.
- RUNGE, F. (1971):  
Jährliche Schwankungen der Individuenzahl in einer  
norddeutschen Heide.- Vegetatio 23: 71-76.

- RUNGE, F. (1985):  
21-, 10- und 8-jährige Dauerquadratuntersuchungen in aufgelassenen Grünländereien.- In: SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.): Sukzession auf Grünlandbrachen.- Münstersche Geographische Arbeiten 20: 45-49. Schöningh: Paderborn.
- RUTHSATZ, B. (1989):  
Anthropogen verursachte Eutrophierung bedroht die schutzwürdigen Lebensgemeinschaften und ihre Biotope in der Agrarlandschaft unserer Mittelgebirge.- Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte 2/1: 30-35.
- RYSER, P. (1990):  
Influence of gaps and neighboring plants on seedling establishment in limestone grassland.- Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 104: 71 S.
- SAINT-YVES, A. (1913):  
Les Festuca de la Section Eu-Festuca et leurs variations dans les Alpes-Maritimes.- Ann. Conserv. Jard. Bot. Genève 17.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1989):  
Lehrbuch der Bodenkunde. Bearb. von SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., HARTGE, K.-H. & SCHWERTMANN, U.- 12. Aufl., 491 S. Enke: Stuttgart.
- SCHENKEVELD, A. J. M. & VERKAAR, H.J. (1984):  
On the ecology of short-lived forbs in chalk grasslands.- Proefschrift (Ph.D. Thesis) RU Utrecht: 180 S.
- SCHIEFER, J. (1981 a):  
Bracheversuche in Baden-Württemberg. Vegetations- und Standortentwicklung auf 16 verschiedenen Versuchsflächen mit unterschiedlichen Behandlungen (Beweidung, Mulchen, kontrolliertes Brennen, ungestörte Sukzession).- Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 22: 325 S.
- SCHIEFER, J. (1981 b):  
Vegetationsentwicklung und Pflegemaßnahmen auf Brachflächen in Baden-Württemberg.- Natur u. Landschaft 56: 263-268.
- SCHMIDT, P. (1977):  
Revision der Thymus-Arten von Ph. M. OPIZ.- Folia Geobot. Phytotax. 12: 377-416.
- SCHMIDT, W. (1973):  
Vegetationsentwicklung auf Brachland - Ergebnisse eines 5-jährigen Sukzessionsversuches.- Ber. Int. Symp. Rinteln: 407-434.
- SCHMIDT, W. (1985):  
Mahd ohne Düngung - Vegetationskundliche und ökologische Ergebnisse aus Dauerflächenuntersuchungen zur Pflege von Brachflächen.- In: SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.): Sukzession auf Grünlandbrachen.- Münstersche Geographische Arbeiten 20: 81-99. Schöningh: Paderborn.
- SCHMIDT, W. (1993):  
Der Einfluß von Kalkungsmaßnahmen auf die Waldbodenvegetation.- LÖLF-Mitt. 1/1993: 40-49.
- SCHMITT, T. (1989):  
Xerothermvegetation an der Unteren Mosel. Schutzwürdigkeit und Naturschutzplanung von Trockenbiotopen auf landschafts- ökologischer Grundlage.- Giessener Geogr. Schr. 66: 183 S.
- SCHMÖLLING, J. & JÖRSS, K. E. (1983):  
Räumliche Verteilung und zeitliche Entwicklung von Emissionen der Vorläufer saurer Niederschläge und Oxidantien.- VDI Berichte Nr. 500: 13-19.
- SCHNEIDER, U. (1990):  
Kiefern- und Coronilla vaginalis-reiche Xerothermvegetation im Hollfelder Dolomitgebiet.- Dipl.arb. Inst. Bot. Pharmazeut. Biol., Arb. gruppe Geobot., Univ. Erlangen: 114 S.
- SCHÖNFELDER, P. (1975):  
Zur Unterscheidung der einheimischen Thymus-Sippen und ihrer Verbreitung in Bayern.- Gött. Flor. Rundbr. 9: 65, 70-84.
- SCHÖNFELDER, P. & BRESINSKY, A. (Hrsg.) (1990):  
Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns.- 752 S. Ulmer: Stuttgart.
- SCHÖNHAR, S. (1952):  
Untersuchungen über die Korrelation zwischen der floristischen Zusammensetzung der Bodenvegetation und der Bodenazidität sowie anderen chemischen Bodenfaktoren.- Mitt. Ver. Forstl. Standortskartierung 2: 1-23.
- SCHÖNNAMSGRUBER, H. (1983):  
Zur ökologischen Bedeutung von Weidelandschaften.- In: AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ U. LANDSCHAFTSPFLEGE (Hrsg.): Schutz von Trockenbiotopen - Trockenrasen, Triften und Hutungen.- Laufener Seminarbeitr. 6/83: 24-32.
- SCHREVEN, D. A. van (1967):  
The effect of intermittent drying and wetting of a calcareous soil on carbon and nitrogen mineralisation.- Plant and Soil 26: 14-32.
- SCHROEDER, D. (1983):  
Bodenkunde in Stichworten.- 4. Aufl., 160 S. Hirt: Unterägeri.
- SCHUBERT, R. (1973):  
Probleme der natürlichen Wiederbewaldung von NSG mit Xerothermstandorten im südlichen Teil der DDR.- Acta Bot. Acad. Scient. Hung. 19: 317-327.
- SCHUBERT, W. (1963):  
Die Sesleria varia-reichen Pflanzengesellschaften in Mitteldeutschland.- Feddes Repert. 140: 71-199.
- SCHUSTER, H.-J. (1980):  
Analyse und Bewertung von Pflanzengesellschaften im Nördlichen Frankenjura.- Diss. Bot. 53: 480 S. Cramer: Vaduz.

- SCHUWERK, H. & R. & PRAGER, L. (1992):  
Potentilla pusilla Host (P. gaudinii Grelli, P. puberula Krašan), das Flaum-Fingerkraut in der Altmühlalb, im Ries und im angrenzenden Schwäbischen Jura.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 63: 149-153.
- SCHWABE, A. (1990):  
Veränderungen in montanen Borstgrasrasen durch Düngung und Brachlegung: Antennaria dioica und Vaccinium vitis-idaea als Indikatoren.- Tuexenia 10: 295-310.
- SCHWABE, A., KRATOCHWIL, A. & BAMMERT, J. (1989):  
Sukzessionsprozesse im aufgelassenen Weidfeld-Gebiet des 'Bannwald Flüh' (Südschwarzwald) 1976-1988.- Mit einer vergleichenden Betrachtung statistischer Auswertungsmethoden.- Tuexenia 9: 351-370.
- SEIBERT, P. (1981):  
Bibliographie pflanzensoziologischer Arbeiten in Bayern.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 52: 123-147.
- SETTELE, J. & ROWECK, H. (1989):  
Zur Schmetterlingsfauna isoliert und nicht-isoliert liegender Pfeifengraswiesen im Südlichen Pfälzerwald.- Landschaft u. Stadt 21: 33-36.
- SILVERTOWN, J. W. (1980):  
Leaf-canopy-induced seed dormancy in a grassland flora.- New Phytol. 85: 109-118.
- SILVERTOWN, J. W. & DICKIE, J. B. (1981):  
Seedlings survivorship in natural populations of nine perennial chalk grassland plants.- New Phytol. 88: 555-558.
- SKRIJKA, P. (1978):  
The quantity of nutrients left on pasture in the excreta of sheep.- Acta Agraria et Silvestra, Agraria 18: 117-224.
- SMILAUER, P. (1990):  
CANODRAW 2.10. Manual.- 33 S. Scientia Publ.: Budapest.
- SMILAUER, P. (1992):  
CanoDraw 3.00 Guide.- 20 S.: Trebon.
- SMITH, C. J., ELSTON, J. & BUNTING, A. H. (1971):  
The effects of cutting and fertilizer treatment on the yield and botanical composition of chalk turf.- J. Brit. Grassland Soc. 26: 213-223.
- SNAYDON, R. W. & HOWE, C. D. (1986):  
Root and shoot competition between established ryegrass and invading grass seedlings.- J. Ecol. 23: 667-674.
- SPEIDEL, B. (1969):  
Spezifischer Einfluß von Mahd und Weidegang auf die Bestandesentwicklung von Grünland-Gesellschaften.- In: TÜXEN, R. (Hrsg.): Gesellschaftsentwicklung (Syndynamik). Ber. Int. Symp. Int. Ver. Veg.kunde, Rinteln, 20.-23.3.1967: 323-337. Cramer: Vaduz.
- SPRANGER, E. & TÜRK, W. (1993):  
Die Halbtrockenrasen (Mesobromion erecti Br.-Bl. et Moor 1938) der Muschelkalkstandorte NW-Oberfrankens im Rahmen ihrer Kontakt- und Folgegesellschaften.- Tuexenia 13: 203-245.
- STEPHAN, B. & STEPHAN, S. (1971):  
Die Vegetationsentwicklung im NSG Stolzenburg und ihre Bedeutung für die Schutzmaßnahmen.- Decheniana 123: 281-305.
- STEUBING, L. & BUCHWALD, K. (1989):  
Analyse der Artenverschiebungen in der Sand-Ginsterheide des NSG Lüneburger Heide.- Natur u. Landschaft 64: 100-105.
- STOHR, G. (1955):  
Der Formenkreis der Festuca ovina L. im mitteldeutschen Trockengebiet.- Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-Nat. Fak. 4 (4).
- STORCH, M (1985):  
Fortran-Programm zur Bearbeitung von Vegetationstabellen. Ergänzung zu Streng/Schönfelder.- Hoppea 44: 379-392.
- SUKOPP, H., TRAUTMANN, W. & KORNECK, D. (1978):  
Auswertung der Roten Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen der BRD für den Arten- und Biotopschutz.- Schr.R. Veg.kunde. 12: 138 S.
- TER BRAAK, C. J. F. (1986):  
Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis.- Ecology 67: 1167-1179.
- TER BRAAK, C. J. F. (1987):  
The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis.- Vegetatio 69: 69-77.
- TER BRAAK, C. J. F. (1988):  
CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis (Version 2.1).- 95 S. Agricultural Mathematics Group DLO: Wageningen.
- TER BRAAK, C. J. F. (1990):  
CANOCO Version 3.10. Update News.- 35 S. Agricultural Mathematics Group: Wageningen.
- TER BRAAK, C. J. F. & PRENTICE, I. C. (1987):  
A theory of gradient analysis.- Adv. Ecol. Res. 18: 271-317.
- THOMAS, A. S. (1963):  
Further changes in vegetation since the advent of myxomatosis.- J. Ecol. 51: 151-183.
- THOMAS, J. A. (1980):  
The extinction of the Large Blue and the conservation of the Black Hairstreak butterflies (a contrast of failure and success).- Annual Report of the Inst. Terr. Ecol. (at the Natural Environment Research Council) 1979: 19-23.

- THORN, K. (1958):  
Die dealpinen Felsheiden der Frankenalb.- Sitzungsber. d. phys.-med. Sozietät Erlangen 78: 128-199.
- TOUSSAINT, E. (19889):  
Landwirtschaft und Trinkwasserqualität.- Fördergemeinschaft Integrierter Pflanzenbau (FIP) Heft 5, Bonn.
- TRAUTMANN, W. & KORNECK, D. (1978):  
Zum Gefährdungsgrad der Pflanzenformationen in der BRD.- Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 11: 35-40.
- TRAUTMANN, W., KRAUSE, A. & WOLFF-STRAUB, R. (1970):  
Veränderungen der Bodenvegetation in Kiefernforsten als Folge industrieller Luftverunreinigungen im Raum Mannheim-Ludwigshafen.- Schr.R. Veg.kunde 5: 193-207.
- TÜXEN, R. (1972):  
Kritische Bemerkungen zur Interpretation pflanzensoziologischer Tabellen.- In: MAAREL, E. VAN DER & TÜXEN, R. (Hrsg.): Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie: 168-182. Junk: Den Haag.
- TÜXEN, R. & ELLENBERG, H. (1937):  
Der systematische und ökologische Gruppenwert. Ein Beitrag zur Begriffsbildung und Methodik in der Pflanzensoziologie.- Mitt. Flor.-Soz. Arb. gem. 3: 171-184.
- TUTIN, T. G., HEYWOOD, V. H. et al. (eds.) (1972):  
Flora Europaea. Vol. 3. Diapensiaceae to Myoporaceae.- 370 S. Cambridge University Press: Cambridge.
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (1989):  
Daten zur Umwelt 1988/89.- 613 S. Schmidt: Berlin.
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (1992):  
Daten zur Umwelt 1990/91.- 675 S. Schmidt: Berlin.
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (1993):  
Jahresbericht 1992.- 378 S. Berlin.
- VOELTER-HEDKE, L. (1955):  
Das Problem der Artgrenzen bei *Pulsatilla vulgaris*.- Feddes Repert. 57: 101-155.
- WAGNER, P. (1972):  
Untersuchungen über Biomasse und Stickstoff-Haushalt eines Halbtrockenrasens.- Dipl.arb. (unveröff.) Math.-Nat. Fak. Univ. Göttingen: 54 S.
- WALENTOWSKI, H., RAAB, B. & ZAHLHEIMER, W. A. (1991):  
Vorläufige Rote Liste der in Bayern nachgewiesenen oder zu erwartenden Pflanzengesellschaften, Teil III.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 62, Beiheft 2: 63 S.
- WATT, A. S. (1974):  
Senescence and rejuvenation in ungrazed chalk grassland (grassland B) in Breckland: the significance of litter and moles.- J. Appl. Ecol. 11: 1157-1171.
- WEBER, B. (1988):  
Nitrate, nitrate reduction and organic nitrogen in plants of different ecological and taxonomic groups of central Europe.- Oecologia 75: 371-385.
- WEBER, H. E. (1991):  
Zeigerwerte von Rubus-Arten. - In: ELLENBERG et al.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- Scripta Geobotanica 18: 167-174. Goltze: Göttingen.
- WEINER, J. (1986):  
How competition for light and nutrients affect size variability in *Ipomoea tricolor* populations.- Ecology 67: 1425-1427.
- WEISEL, H. (1971):  
Die Bewaldung der nördlichen Frankenalb. Ihre Veränderungen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts.- Erlanger Geographische Arbeiten 28: 72 S.
- WESTHOFF, V. (1976):  
Die Verarmung der niederländischen Gefäßpflanzenflora in den letzten 50 Jahren und ihre teilweise Erhaltung in Naturreservaten.- Schr.R. Veg. kunde 10: 63-73.
- WESTHOFF, V. & MAAREL, E. VAN DER (1973):  
The Braun-Blanquet Approach.- In: WHITTAKER, R. H. (ed.): Handbook of Vegetation Science Part V: Ordination and Classification of Communities: 617-726.- Junk: The Hague.
- WETSELAAR, R. (1968):  
Soil organic nitrogen mineralisation as affected by low soil water potentials.- Plant and Soil 29: 9-17.
- WHITTAKER, R. H. (ed.) (1973):  
Ordination and Classification of Communities. Handbook of Vegetation Science, Part V.- 737 S. Junk: The Hague.
- WILLEMS, J. H. (1983):  
Species composition and above ground phytomass in chalk grassland with different management.- Vegetatio 52: 171-180.
- WILLIS, A. J. (1963):  
Braunton Burrows: The effects on the vegetation of the addition of mineral nutrients to the dune soils.- J. Ecol. 51: 353-374.
- WILMANNNS, O. (1975 a):  
Wandlungen des Geranio-Allietum in den Kaiserstühler Weinbergen? - Pflanzensoziologische Tabellen als Dokumente.- Beitr. naturk. Forsch. Südwest.-Dtl. 34 (Oberdorfer-Festschrift): 429-443.
- WILMANNNS, O. (1975 b):  
Junge Änderungen der Kaiserstühler Halbtrockenrasen.- Daten und Dok. z. Umweltschutz 14: 15-22.
- WILMANNNS, O. (1984):  
Ökologische Pflanzensoziologie.- 3. Aufl., 372 S. Quelle & Meyer: Heidelberg.

- WILMANN, O. (1988):  
Können Trockenrasen derzeit trotz Immissionen überleben? Eine kritische Analyse des Xerobrometums im Kaiserstuhl.- *Carolinea* 46: 5-16.
- WILMANN, O. (1989):  
Zur Entwicklung von Trespenrasen im letzten halben Jahrhundert: Einblick - Ausblick - Rückblick, das Beispiel des Kaiserstuhls.- *Düsseldorfer Geobot. Kolloq.* 6: 3-17.
- WILMANN, O. & BOGENRIEDER, A. (1987):  
Zur Nachweisbarkeit und Interpretation von Vegetationsveränderungen.- *Verh. GfÖ (Gießen 1986) XVI*: 35-44.
- WILMANN, O., BOGENRIEDER, A. & MÜLLER, W. H. (1986):  
Der Nachweis spontaner, teils autogener, teils immissionsbedingter Änderungen von Eichen-Hainbuchenwäldern - eine Fallstudie im Kaiserstuhl/Baden.- *Natur u. Landschaft* 61: 415-422.
- WILMANN, O. & KRATOCHWIL, A. (1983):  
Naturschutzbezogene Grundlagen-Untersuchungen im Kaiserstuhl.- *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 34: 39-56.
- WILMANN, O. & MÜLLER, K. (1977):  
Zum Einfluß der Schaf- und Ziegenbeweidung auf die Vegetation im Schwarzwald. In: TÜXEN, R. (Hrsg.): *Vegetation und Fauna.- Ber. Int. Symp. Int. Ver. Veg. kunde, Rinteln, 12.-15.4.1976*: 465-479. Cramer: Vaduz.
- WINKLER, P. (1985):  
Die meßtechnische Erfassung der trockenen und nassen Deposition.- *VDI Berichte Nr. 560 (Thema: Waldschäden)*: 289-291.
- WIRTH, V. (1980):  
Flechtenflora.- 552 S. Ulmer: Stuttgart.
- WIRTH, V. (1991):  
Zeigerwerte von Flechten.- In: ELLENBERG, H. et. al.: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- Scripta Geobotanica* 18: 215-237. Goltze: Göttingen.
- WITSCHEL, M. (1980):  
Xerothermvegetation und dealpine Vegetationskomplexe in Südbaden. *Vegetationskundliche Untersuchungen und die Entwicklung eines Wertungsmodells für den Naturschutz.- Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 17: 212 S. Karlsruhe.
- WITSCHEL, M. (1991):  
Die *Trinia glauca*-reichen Trockenrasen in Deutschland und ihre Entwicklung seit 1800.- *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 62: 189-219.
- WITSCHEL, M. & SEYBOLD, S. (1986):  
Zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung von *Daphne cneorum* L. in Baden-Württemberg, unter Berücksichtigung der zöologischen Verhältnisse in den anderen Teilarealen.- *Jh. Ges. Naturkunde Württ.* 141: 157-200.
- WITTIG, R., BALLACH, H.-J. & BRANDT, C. J. (1985a):  
Increase of number of acid indicators in the herb layer of the Millet Grass-Beech Forest of the Westphalian Bight.- *Angew. Bot.* 59: 219-232.
- WITTIG, R., WERNER, W. & NEITE, H. (1985 b):  
Der Vergleich alter und neuer pflanzensoziologischer Aufnahmen: Eine geeignete Methode zum Erkennen von Bodenversauerung?.- *VDI Berichte Nr. 560 (Thema: Waldschäden)*: 21-33.
- WOIKE, M. & ZIMMERMANN, P. (1988):  
Biotope pflegen mit Schafen.- *Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) Nr. 1197*: 31 S. Bonn.
- WOLF, G. (1980):  
Zur Gehölzansiedlung und -ausbreitung auf Brachflächen.- *Natur u. Landschaft* 55: 375-380.
- WOLF, G. (1984):  
Heiden im Landkreis Ludwigsburg. Bilanz 1984, Schutzmaßnahmen, Verwachsungsprobleme, Pflege.- *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 35: 72 S. Karlsruhe.
- WOLKINGER, F. & PLANK, S. (1981):  
Dry grasslands of Europe.- *Council of Europe (ed.), Nature and Environment Series 21*: 56 S. + Appendix. Strasbourg.
- ZEZSCHWITZ, E. VON (1987):  
Reliefeinflüsse auf die Belastung der Waldböden durch Protonen und N-Verbindungen.- *Allg. Forst- u. Jagdzeitung* 158: 136-147.
- ZIELONKOWSKI, W. (1972):  
Formenkreis, Verbreitung und Vergesellschaftung der *Festuca ovina* im Raume Regensburg.- *Hoppea* 30: 281-317.
- ZIELONKOWSKI, W. (1973):  
Wildgrasfluren der Umgebung Regensburgs. *Vegetationskundliche Untersuchungen an einem Beitrag zur Landschaftspflege.- Hoppea* 31: 1-183.
- ZIELONKOWSKI, W. (1981):  
Zur Bedeutung von Trockenrasen im Naturhaushalt.- *Ta-gungsber. ANL* 10: 122-134.
- ZIELONKOWSKI, W., PREISS, H. & HERINGER, J. (1986):  
Natur u. Landschaft im Wandel.- *Sonderdruck aus Berichten der ANL 10/1986*: 72 S.
- ZIMMERMANN, W. (1963):  
Pulsatilla, Werden und Wandlung einer Gattung (Genetische Untersuchungen an *Pulsatilla IX*).- *Schrift. Ver. Verbreitung naturwiss. Kenntn. Wien* 103: 98-122.
- ZINTL, R. (1980):  
Die Vegetation der Ehrenbürg bei Forchheim (Hochfläche und Westhang).- *Dipl.arb. (unveröff.) Univ. Erlangen*.

ZOBEL, M. (1992):  
Plant species coexistence - the role of historical, evolutionary and ecological factors.- *Oikos* 65: 314-320.

ZOLLER, H. (1954 a):  
Die Typen der *Bromus erectus*-Wiesen des Schweizer Juras.- *Beitr. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz* 33: 309 S.

ZOLLER, H. (1954 b):  
Die Arten der *Bromus erectus*-Wiesen des Schweizer Juras.- *Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich* 28: 284 S. Huber: Bern.

ZOLLER, H., STRÜBIN, S. & AMIET, T. (1983): Zur aktuellen Verbreitung einiger Arten der Glatthaferwiese.- *Botanica helvetica* 93: 221-238.

ZOLLER, H. & WAGNER, C. (1986 a):  
Rückgang und Gefährdung von Mesobromion-Arten im Schweizer Jura.- *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftg. Rübel, Zürich* 87: 239-259.

ZOLLER, H., WAGNER, C. & FREY, U. (1986 b):  
Naturbedingte Veränderungen in Mesobromion-Halbtrockenrasen in der Region Basel - Vergleiche 1950-1980.- *Abh. Westfäl. Landesmus. Naturkunde* 48: 93-107.

## Liste 1:

### **Auflistung der Untersuchungsstellen von GAUCKLER.**

#### **Anmerkungen:**

Die Untersuchungsstellen sind nach abnehmenden MTB-Nr. geordnet.

Die Beschreibung der Lage der Untersuchungsstellen lehnen sich weitgehend an die Angaben in GAUCKLER (1938) an. Für die Lage der Wiederholungsaufnahmen liegen wesentlich detailliertere Beschreibungen vor, häufig mit Fotos sowie Einmessungen anhand markanter Geländepunkte mit Hilfe eines Kompasses sowie Angaben zur Entfernung von diesen Punkten. Sie können mitsamt den Fotos jederzeit beim Autor eingesehen werden.

Angegeben sind dabei jeweils:

1. Zeile: Nummer der Untersuchungsstelle, Ortsbezeichnung, MTB-Nr. und Quadrant.

ab 2. Zeile: Lagebeschreibung der Untersuchungsstelle (nach den Angaben in GAUCKLER (1938)).

letzte Zeile: Aufnahme Nummer in GAUCKLER (1938) - Nummern der zugehörigen Wiederholungsaufnahmen.

#### **G 01 - Dünzing/Pförring - MTB-Nr. 7235/2**

Sonnseitiger, jurassischer, linker Prallhang des Donautales zwischen Dünzing und Wackerstein bei Pförring. Beweideter Trockenrasen.

Gauckler 7/03 - Hagen 59-61.

#### **G 02 - Antoniberg - MTB-Nr. 7232/3**

sonnseitiger, jurassischer, linker Prallhang des Donautales am SO-Rand von Stepperg ('Antoniberg'). Im flacheren Teil dient der Hang als Schafweide.

Gauckler 7/02 - Hagen 152-154.

#### **G 03 - Harburg/Katzenstein - MTB-Nr. 7230/1**

Sonnseitiger, entwaldeter Hang eines kahlen Jurakalkhügels links der Wörnitz zwischen Katzenstein und Ronheim bei Harburg. Der entwaldete Hang dient als Schafweide.

Gauckler 7/01 - Hagen 22-23, 32-33.

#### **G 04 - Harburg/Wedelbuck - MTB-Nr. 7230/3**

Beweideter Trockenrasen am rechten, sonnseitigen, kalksteinigen Hang des unteren Wörnitztales zwischen Harburg-Stadt und Harburg Bahnhof.

Gauckler 8/01 - Hagen 28-31.

#### **G 05 - Staubing/Plattenberg - MTB-Nr. 7136/2**

Rechter Weißjura-Hang des Donautales zwischen Eining und Staubing bei Weltenburg. Beweideter Trockenrasen.

Gauckler 7/04 - Hagen 10-13.

#### **G 06 - Eichstätt/Doktorberg - MTB-Nr. 7133/1**

Sonnseitiger, linker Hang des Altmühltales zwischen Eichstätt und Landershofen. Schafweide, ehe-

maliger Truppenübungsplatz.

Gauckler 7/06 - Hagen 158-159.

#### **G 07 - Eichstätt/Rebdorf - MTB-Nr. 7133/1**

Sonnseitiger, rechter Hang des Altmühltales oberhalb der Bahnhaltestelle Rebdorf bei Eichstätt. Trockenrasen am Rand eines Fußweges.

Gauckler 7/05 - Hagen 155-157.

#### **G 08 - Harburg/Rollenberg - MTB-Nr. 7129/4**

Beweideter, geschlossener Trockenrasen am Südostfuß eines Jurakalkhügels am Südrand des Rieses (Rollenberg) zwischen Hoppingen, Egermühle und Groß-Sorheim.

Gauckler 9/01 - Hagen 24-26.

#### **G 09 - Riedenburg - MTB-Nr. 7036/1**

Linker, sonnseitiger Hang des Altmühltales oberhalb St. Anna bei Riedenburg. Beweideter Trockenrasen.

Gauckler 7/12 - Hagen 45, 54-58.

#### **G 10 - Lintlberg - MTB-Nr. 7036/1**

Sonnseitiger, rechter Hang des unteren Schambachtales zwischen Schambach und Riedenburg. Beweideter Trockenrasen.

Gauckler 7/11 - Hagen 46, 37-44.

#### **G 11 - Neuenhinzenhausen/Kalvarienberg - MTB-Nr. 7035/4**

SW-exponierter Hang eines Trockentaales auf halbem Weg zwischen Schafshill und Söllern. Schafweide.

Gauckler 7/09 - Hagen 237-239.

#### **G 12 - Neuenhinzenhausen - MTB-Nr. 7035/4**

Sonnseitiger, linker Hang des oberen Schambachtales oberhalb Neuenhinzenhausen bei Sandersdorf. Beweideter Trockenrasen.

Gauckler 7/08 - Hagen 234-236.

#### **G 13 - Arnsberger Leite - MTB-Nr. 7034/3**

Beweideter Trockenrasen am unteren, sonnseitigen, rechten Hang des Altmühltales zwischen Arnsberg und Böhming bei Kipfenberg.

Gauckler 8/02 - Hagen 228-230.

#### **G 14 - Gungoldinger Heide - MTB-Nr. 7034/3**

Sonnseitiger, linker Hang des Altmühltales 1 km östlich von Gungolding. Schafweide.

Gauckler 7/07 - Hagen 231-233.

#### **G 15 - Laaber/Hartlmühle - MTB-Nr. 6937/1**

Beweideter Trockenrasen am linken, dolomitischen Hang des Tales der Schwarzen Laaber oberhalb der Hartlmühle bei Deuerling.

Gauckler 8/04 - Hagen 168, 170-171.

#### **G 16 - Laaber/Martinsberg - MTB-Nr. 6937/1**

Beweideter Magerrasen am linken, sonnseitigen, dolomitischen Talhang der Schwarzen Laaber zwischen Laaber-Ort und Eisenhammer.

Gauckler 8/05 - Hagen 166-167.

**G 17 - Heidenheim - MTB-Nr. 6930/3**

Schafweide am unteren, sich verflachenden Hang eines Trockentales am Hahnenkamm, 2 km NNW von Heidenheim.

Gauckler 9/05 - Hagen 34-36.

**G 18 - Kallmünz/Holzheim - MTB-Nr. 6838/1**

Beweideter Trockenrasen am sonnseitigen Hang des Kapellenhügels bei Holzheim (im Hochland der südöstlichen Frankenalb, zwischen unterem Nab- und unterem Regental).

Gauckler 8/08 - Hagen 70, 192-193.

**G 19 - Waldhausen - MTB-Nr. 6835/2**

Stark beweideter Trockenrasen am sonnseitigen Talhang zwischen Waldhausen und der Klingelmühle (bei Velburg).

Gauckler 8/06 - Hagen 194-195.

**G 20 - Hohenfels - MTB-Nr. 6737/3**

Beweidete Magerwiese am sonnseitigen, dolomitischen Hang eines Trockentals 0,5 km NNW von Hohenfels bei Parsberg.

Gauckler 8/09 - Hagen 101.

**G 21 - Hohenburg/Allerburg - MTB-Nr. 6636/4**

Beweidete Magerwiese am linken, dolomitischen Hang des Lauterachtales zwischen Hohenburg und Allersburg.

Gauckler 8/10 - Hagen 240-242.

**G 22 - Kleinmeinfeld - MTB-Nr. 6435/1**

Beweideter Trockenrasen am sonnseitigen, dolomitischen, unteren Hang eines Trockentales SO von Klein-Meinfeld (im Hochland der Pegnitzalb zwischen Artelshofen und dem oberen Hirschbachtal).

Gauckler 8/12 - Hagen 243-245.

**G 23 - Neutras/Starenberg - MTB-Nr. 6435/3**

Beweideter und viel begangener Trockenrasen am unteren, sonnseitigen, dolomitischen Hang eines Bergrückens im Hochland der Pegnitzalb zwischen Neutras und Schmidtstadt (Stahrenberg beim Schwarzen Brand).

Gauckler 8/11 - Hagen 200-201.

**G 24 - Velden - MTB-Nr. 6335/3**

Trockenrasen auf dem entwaldeten Rücken eines Dolomithügels im Hochland der Pegnitzalb zwischen Velden und Schloß Veldenstein.

Gauckler 8/13 - Hagen 196-198.

**G 25 - Hilpoltstein - MTB-Nr. 6333/2**

Magerrasen am entwaldeten Hang eines Dolomithügels im Hochland der nördlichen Frankenalb zwischen Hilpoltstein und Kappel bei Gräfenberg.

Gauckler 8/14 - Hagen 246-247.

**G 26 - Lange Meile - MTB-Nr. 6232/2**

Schafweide auf der 'Langen Meile', im Hochland am Westrand der nördlichen Frankenalb zwischen Niedermirsberg und Kalteneggoldsfeld.

Gauckler 8/15 - Hagen 248-250.

**G 27 - Hammerstein - MTB-Nr. 6133/3**

Trockenrasen auf entwaldeter Verebnung des Hochlandes der Wiesentalb beim Hammerstein (Hunnenstein) oberhalb Gasselsdorf.

Gauckler 7/17 - Hagen 251-252.

**G 28 - Leidingshof - MTB-Nr. 6133/3**

Sonnseitige Hangschulter des Leidingshofer Tälchens SW Leidingshof (bei Veilbronn-Heilgenstadt). Beweideter Trockenrasen.

Gauckler 7/18 - Hagen 105-107.

**G 29 - Streitberg/Oberfellendorf - MTB-Nr. 6133/3**

Beweideter Trockenrasen am sonnseitigen Hang eines Dolomithügels im Hochland der Wiesentalb, 1 km SW von Oberfellendorf.

Gauckler 8/16 - Hagen 253-254.

**G 30 - Streitberg/Pfötschleite - MTB-Nr. 6133/3**

Beweideter Trockenrasen am flachen, künstlich gestuften Hang eines Trockentales im Hochland der Wiesentalb zwischen Streitberg und Störnhof.

Gauckler 9/07 - Hagen 1-3.

**G 31 - Muggendorf/Albertshof - MTB-Nr. 6133/4**

Sonnseitiger Hang eines Trockentales im Hochland der Wiesentalb zwischen Muggendorf und Albertshof bei Toos. Gemähter, im Herbst auch beweideter Trockenrasen.

Gauckler 7/19 - Hagen 102-103.

**G 32 - Treunitz - MTB-Nr. 6033/1**

Beweideter Trockenrasen am sonnseitigen, entwaldeten, oberen Hang des Wiesentales 0,3 km oberhalb von Treunitz.

Gauckler 8/19 - Hagen 226-227.

**G 33 - Oberaufseß - MTB-Nr. 6033/3**

Beweideter Trockenrasen am linken, entwaldeten Hang des Aufseßtales kurz oberhalb der Neuhausermühle zwischen Neuhaus und Oberaufseß.

Gauckler 8/18 - Hagen 202-203.

**G 34 - Staffelberg I - MTB-Nr. 5932/1**

Sonnseitiger Hang eines Trockentales im südlichen Teil des Staffelberghochlandes zwischen der Bergkapelle und Loffeld bei Uetzing. Gemähter, im Herbst auch beweideter Trockenrasen.

Gauckler 7/20 - Hagen 217-218, 220, 225.

**G 35 - Staffelberg II - MTB-Nr. 5932/1**

Einmähige Magerwiese im Hochland des Staffelbergs bei Staffelstein.

Gauckler 8/20 - Hagen 221-223.

**G 36 - Staffelberg III - MTB-Nr. 5932/1**

Einmähiger, im Herbst auch beweideter Magerrasen am flachen Hang eines Trockentälchens im südlichen Teil des Hochlandes des Staffelbergs bei Staffelstein.

Gauckler 9/08 - Hagen 224.

## Liste 2:

### **Auflistung der Untersuchungsstellen von ZIELONKOWSKI.**

#### **Anmerkungen:**

Die Untersuchungsstellen sind nach abnehmenden MTB-Nr. geordnet.

Die Beschreibung der Lage der Untersuchungsstellen lehnen sich weitgehend an die Angaben in ZIELONKOWSKI (1973) an. Für die Lage der Wiederholungsaufnahmen liegen wesentlich detailliertere Beschreibungen vor, häufig mit Fotos sowie Einmessungen anhand markanter Geländepunkte mit Hilfe eines Kompasses sowie Angaben zur Entfernung von diesen Punkten. Sie können mitsamt den Fotos jederzeit beim Autor eingesehen werden.

Wenn bei der Auswertung für den Vergleich mit Wiederholungsaufnahmen zwei Erstaufnahmen zusammengefaßt wurden, so tragen diese die gleiche Nr. der Untersuchungsstelle (z.B. Kelheim/Brand I).

Angegeben sind dabei jeweils

1. Zeile: Nummer der Untersuchungsstelle, Ortsbezeichnung, MTB-Nr./Quadrant.

ab 2. Zeile: Lagebeschreibung der Untersuchungsstelle (den Angaben in ZIELONKOWSKI (1973) bzw. bei den Feldaufnahmen entnommen).

letzte Zeile: Aufnahme Nummer in ZIELONKOWSKI (1973) und Nummer der Feldaufnahme (Or.-Nr.) - Nummern der zugehörigen Wiederholungsaufnahmen.

#### **Z 01 - Irsing IMTB-Nr. 7136/4**

Östlich Irsing, links der Donau, Hangabbruch zur Donau.

Zielonkowski 21/13, Or.-Nr. 326 - Hagen 62.

#### **Z 01 - Irsing II - MTB-Nr. 7136/4**

Östlich Irsing, links der Donau, an einem Hangabbruch zur Donau.

Zielonkowski 21/14, Or.-Nr. 327 - Hagen 63-64.

#### **Z 02 - Staubing/Plattenberg - MTB-Nr. 7136/2**

Plattenberg.

Zielonkowski 18/09, Or.-Nr. 297 - Hagen 10-13.

#### **Z 03 - Kelheim/Brand I - MTB-Nr. 7037/3**

Kelheim-Brand.

Zielonkowski 18/08, Or.-Nr. 290 - Hagen 49, 160, 163-165.

#### **Z 03 - Kelheim/Brand I - MTB-Nr. 7037/3**

Kelheim-Brand.

Zielonkowski 18/16, Or.-Nr. 291 - Hagen 49, 160, 163-165.

#### **Z 04 - Kelheim/Brand II - MTB-Nr. 7037/3**

Kelheim-Brand.

Zielonkowski 20/25, Or.-Nr. 292 - Hagen 50-51.

#### **Z 05 - Kelheim/Brand III - MTB-Nr. 7037/3**

Kelheim-Brand.

Zielonkowski 21/12, Or.-Nr. 289 - Hagen 161.

#### **Z 06 - Kelheimer Tal - MTB-Nr. 7037/3**

Kelheim, Ortsende Richtung Ihrlerstein.

Or.-Nr. 100 (unveröffentlicht, in der Tabelle der Erstaufnahmen als Nr. 1100 bezeichnet) - Hagen 175-177.

#### **Z 07 - Altmühltal/Pillhausen - MTB-Nr. 7036/3**

Pillhausen/Altmühltal.

Or.-Nr. 1 (unveröffentlicht, in der Tabelle der Erstaufnahmen als Nr. 1001 bezeichnet) - Hagen 172-174.

#### **Z 08 - Regensburg/Keilberg I - MTB-Nr. 6938/4**

Brandlberg, ca. 400 m östl. der Auffahrt zum Keilstein.

Zielonkowski 21/10, Or.-Nr. 002 - Hagen 9.

#### **Z 09 - Regensburg/Keilberg II - MTB-Nr. 6938/4**

Brandlberg.

Zielonkowski 22/11, Or.-Nr. 006 - Hagen 146-149.

#### **Z 10 - Regensburg/Keilberg III - MTB-Nr. 6938/4**

Brandlberg.

Or.-Nr. 14 (unveröffentlicht, in der Tabelle der Erstaufnahmen als Nr. 1014 bezeichnet) - Hagen 7, 150-151.

#### **Z 11 - Regensburg/Keilberg IV - MTB-Nr. 6938/4**

Keilberg, Auffahrt.

Zielonkowski 22/12, Or.-Nr. 015 - Hagen 2a, 3a, 4.

#### **Z 12 - Regensburg/Keilberg V - MTB-Nr. 6938/4**

Keilberg, Auffahrt.

Zielonkowski 20/15, Or.-Nr. 019 - Hagen 132-133.

#### **Z 13 - Regensburg/Keilberg VI - MTB-Nr. 6938/4**

Keilberg, Auffahrt.

Zielonkowski 17/10, Or.-Nr. 020 - Hagen 5-6, 129-131.

#### **Z 14 - Regensburg/Keilberg VII - MTB-Nr. 6938/4**

Keilberg, Auffahrt.

Zielonkowski 17/09, Or.-Nr. 021 - Hagen 127-128.

#### **Z 15 - Regensburg/Keilstein - MTB-Nr. 6938/4**

Keilstein.

Zielonkowski 21/02, Or.-Nr. 001 - Hagen 108-110.

#### **Z 16 - Alpiner Steig I - MTB-Nr. 6937/4**

Eilsbrunn, Hochfläche.

Zielonkowski 20/09, Or.-Nr. 062 - Hagen 95-97.

#### **Z 17 - Alpiner Steig II - MTB-Nr. 6937/4**

Eilsbrunn, Ende der Felsen.

Zielonkowski 22/05, Or.-Nr. 073 - Hagen 94, 100.

#### **Z 17 - Alpiner Steig II - MTB-Nr. 6937/4**

Eilsbrunn, hinterer Teil.

Zielonkowski 22/03, Or.-Nr. 064 - Hagen 94, 100.

**Z 18 - Alpiner Steig III - MTB-Nr. 6937/4**  
Eilsbrunn.

Zielonkowski 22/04, Or.-Nr. 065 - Hagen 98.

**Z 19 - Alpiner Steig IV - MTB-Nr. 6937/4**  
Eilsbrunn.

Zielonkowski 22/17, Or.-Nr. 066 - Hagen 99.

**Z 20 - Alpiner Steig V - MTB-Nr. 6937/4**

Eilsbrunn, oberhalb Wegabzweigung (Parkplatz).

Zielonkowski 20/12, Or.-Nr. 069 - Hagen 204-207.

**Z 20 - Alpiner Steig V - MTB-Nr. 6937/4**

Eilsbrunn, Hangfuß gegenüber Abzweigungsweg (Parkplatz).

Zielonkowski 20/11, Or.-Nr. 068 - Hagen 204-207.

**Z 21 - Alpiner Steig VI - MTB-Nr. 6937/4**

Eilsbrunn, 20 m links der Kieferngruppe.

Zielonkowski 18/01, Or.-Nr. 071 - Hagen 212-214.

**Z 22 - Alpiner Steig VII - MTB-Nr. 6937/4**

Eilsbrunn, unterhalb der Fumana-Stelle.

Zielonkowski 20/13, Or.-Nr. 072 - Hagen 215-216.

**Z 23 - Alpiner Steig VIII - MTB-Nr. 6937/4**

Eilsbrunn, Hangfuß, ca. 250 m W der Abfahrt Schönhofen.

Zielonkowski 20/03, Or.-Nr. 074 - Hagen 208-209.

**Z 24 - Alpiner Steig IX - MTB-Nr. 6937/4**

Eilsbrunn, ca. 600 m ab Wegekreuz nach Schönhofen.

Zielonkowski 20/16, Or.-Nr. 075 - Hagen 210-211.

**Z 25 - Deuerling - MTB-Nr. 6937/3**

Deuerling, ca. 200 m östl. des Ortsschildes.

Zielonkowski 20/04, Or.-Nr. 088 - Hagen 134-136.

**Z 26 - Undorf/Steinerbrückl I - MTB-Nr. 6937/3**

Undorf-Steinerbrückl, 100 m SW des ehemaligen Steinbruchs.

Zielonkowski 20/19, Or.-Nr. 045 - Hagen 121-123.

**Z 27 - Undorf/Steinerbrückl II - MTB-Nr. 6937/3**

Undorf-Steinerbrückl, ca. 150 m östl. der Wegaufahrt.

Zielonkowski 21/20, Or.-Nr. 047 - Hagen 15-17.

**Z 28 - Undorf/Steinerbrückl III - MTB-Nr. 6937/3**

Steinerbrückl.

Zielonkowski 20/23, Or.-Nr. 084 - Hagen 14, 114.

**Z 29 - Undorf/Steinerbrückl IV - MTB-Nr. 6937/3**

Steinerbrückl.

Zielonkowski 18/06, Or.-Nr. 085 - Hagen 112.

**Z 30 - Undorf/Steinerbrückl V - MTB-Nr. 6937/4**

Undorf-Steinerbrückl, nördlich des Kiefernwäldchens.

Zielonkowski 20/22, Or.-Nr. 040 - Hagen 140-142.

**Z 31 - Undorf/Steinerbrückl VI - MTB-Nr. 6937/4**  
Undorf, SW der Kieferngruppe.

Zielonkowski 20/18, Or.-Nr. 043 - Hagen 124-126.

**Z 32 - Undorf/Steinerbrückl VII - MTB-Nr. 6937/4**

Undorf-Steinerbrückl, ca. 250 m östl. des ehemaligen Steinbruchs.

Zielonkowski 21/18, Or.-Nr. 044 - Hagen 118-120.

**Z 33 - Undorf/Steinerbrückl VIII - MTB-Nr. 6937/4**

Undorf.

Zielonkowski 17/06, Or.-Nr. 086 - Hagen 115-117.

**Z 34 - Undorf/Eitelberg I - MTB-Nr. 6937/4**

Undorf, ca. 380 m NW der Abzweigung nach Eichhofen.

Zielonkowski 20/21, Or.-Nr. 039 Hagen 82-84, 86-87, 137-139, 143-145.

**Z 34 - Undorf/Eitelberg I - MTB-Nr. 6937/4**

Undorf, ca. 350 m NW der Abzweigung nach Eichhofen.

Zielonkowski 20/08, Or.-Nr. 037 Hagen 82-84, 86-87, 137-139, 143-145.

**Z 35 - Undorf/Eitelberg II - MTB-Nr. 6937/4**

Undorf, 350 m NW Abzweigung Eichhofen.

Zielonkowski 23/16, Or.-Nr. 038 - Hagen 93.

**Z 36 - Kallmünz/Burgberg I - MTB-Nr. 6837/2**

Kallmünz, Burgberg, nahe der Ruine.

Zielonkowski 21/08, Or.-Nr. 316 - Hagen 181-182.

**Z 37 - Kallmünz/Burgberg II - MTB-Nr. 6837/2**

Kallmünz, Burgberg.

Zielonkowski 21/09, Or.-Nr. 317 - Hagen 183-184.

**Z 38 - Kallmünz/Fuchsbergl - MTB-Nr. 6837/2**

Kallmünz, Fuchsbergl (östlich Kallmünz).

Zielonkowski 20/17, Or.-Nr. 314 - Hagen 185-187.

**Z 39 - Kallmünz/Hutberg I - MTB-Nr. 6837/2**

Kallmünz, Hutberg.

Zielonkowski 20/05, Or.-Nr. 093 Hagen 75-80, 191.

**Z 40 - Kallmünz/Hutberg II - MTB-Nr. 6837/2**

Kallmünz, Hutberg.

Zielonkowski 19/1, Or.-Nr. 094 - Hagen 71, 188-189.

**Z 41 - Kallmünz/Hutberg III - MTB-Nr. 6837/2**

Kallmünz, Hutberg.

Zielonkowski 20/06, Or.-Nr. 096 - Hagen 74, 190.

**Z 42 - Kallmünz/Heitzenhofen - MTB-Nr. 6837/4**

Heitzenhofen, nördlich.

Zielonkowski 18/11, Or.-Nr. 318 - Hagen 179-180.

### Liste 3:

Aufstellung der Ergebnisse der Fragebogenaktion zur "**Erhebung der Nutzungsgeschichte von Kalk-Magerrasen**" für die Untersuchungsstellen von GAUCKLER.

#### Anmerkungen:

Die Ergebnisse sind nach abnehmenden MTB-Nr. geordnet. Name und Numerierung ("Nr.:" ) der Untersuchungsstellen folgt den Angaben in der Auflistung der Untersuchungsstellen (Liste 1).

Es werden immer nur die von den Bearbeitern der Fragebögen ausgefüllten Felder dargestellt. Bei "Lkr." werden die üblichen Abkürzungen für den Schutzstatus verwendet (ND = Naturdenkmal, LSG = Landschaftsschutzgebiet, NSG = Naturschutzgebiet, NP = Naturpark).

Monatsangaben bei den Beweidungszeiten erfolgen in römischen Ziffern.

Zu den Untersuchungsstellen G 19 (Waldhausen) und G 20 (Hohenfels) konnten vom Bearbeiter keine Angaben gemacht werden, für G 32 (Treunitz) und G 33 (Oberaufseß) wurde der Fragebogen nicht bearbeitet.

**Unt.stelle:** Dünzing/Pförring, Nr.: G 01.

**MTB:** 7235/2

**Lkr.:** Pfaffenhofen/Ilm. Besitz: Gemeinde Vohburg.

*Pflege heute:*

Brache: Ja, seit unbekannt

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

**Unt.stelle:** Antoniberg, Nr.: G 02.

**MTB:** 7232/3

**Lkr.:** Neuburg-Schrobenhausen. ND/LSG.Besitz: privat, Grafschaft Moy, teilw. Gemeinde Rennertshofen.

*Pflege heute:*

Brache: Ja, seit 25-30 J.

Weide: Ja, seit 1990, durch Schafe

Intensität: schwach 1-2 Weidegänge, Sommer-Herbst

Sonstiges: Koppelung außerhalb, Magerrasenvertrag.

Mahd: Ja, seit: 1985, Intensität: alle 2 J. Abräumung: ja

nur Teilflächen? ja, obere, östl. Abschnitte

Entbuschung: Ja, seit: 1985/86, ca. alle 3-4 J. (teilweise Entbuschung)

*Pflege früher:*

Weide: Ja, seit ?-1985, durch Schafe und Rinder

Aufforstung: Ja, womit: Lärche, Linde u.ä.

Sonstiges: Vor ca. 40 J. war der Steppberg noch weitgehend offen.

**Unt.stelle:** Harburg/Katzenstein, Nr.: G 03.

**MTB:** 7230/1

**Lkr.:** Donau-Ries. LSG.

*Pflege heute:*

Weide: Ja, seit unbekannt, durch: Schafe

Intensität: intensiv, 6-8 Weidegänge, Zeit: IV-XI.

Sonstiges: Schafweidegenossenschaft und Schäfer der Gemeinde Harburg.

Entbuschung: Ja, seit: 3 x seit 1971, ca. 70% des Wacholder- und Wildrosenbestandes entfernt.

*Pflege früher:*

Weide: Ja, seit ? Intensität: intensiv, Anzahl Weidegänge: 8

Aufforstung: Ja, womit: (Flurbereinigungshecke)

Sonstiges: Starke Frequentierung durch Wanderer.

**Unt.stelle:** Harburg/Wedelbuck, Nr.: G 04.

**MTB:** 7230/3

**Lkr.:** Donau-Ries. ND.Besitz: Gemeinde Harburg

*Pflege heute:*

Weide: Ja, seit unbekannt, durch Schafe

Intensität: mäßig, 4-6 Weidegänge V-XI

Sonstiges: Schäfer der Gemeinde Harburg. Seit 1990 etwas intensivere Beweidung durch größeren Schafhalter.

Entbuschung: Ja, seit: einmalig, 1989/90

*Pflege früher:*

Weide: Ja, seit ?

Sonstiges: Bis 1989 nur extensiv, an Schafbetrieb verpachtet.

**Unt.stelle:** Staubing/Plattenberg, Nr.: G 05.

**MTB:** 7136/2

**Lkr.:** KelheimBesitz: dto.

*Pflege heute:*

durch: VöF Kelheim

Brache: Ja, seit 1965

Weide: Ja, seit ? durch: Schafe

Intensität: 1 Weidegang, Ende VII

Sonstiges: Teilweise Beweidung, Koppelung außerhalb.

Entbuschung: Ja, seit: 1989, Nachpflege jährlich. Problem: Haselsträucher.

*Pflege früher:*

Brache: Ja, seit 1965 - 1990

Weide: Ja, seit ? - 1965, durch Schafe

Intensität: 2 Weidegänge

Entbuschung: Ja, seit: 1989 - 1992, ca. 1 x jährl.

Sonstiges: NSG vorgesehen. Bestandaufnahme im Rahmen einer Zustandserfassung bei Reg. v. Niederbayern.

**Unt.stelle:** Eichstätt/Doktorberg, Nr.: G 06.  
**MTB:** 7133/1  
**Lkr.:** Eichstätt. LSG.Besitz: Stadt Eichstätt.

*Pflege heute:*

Weide: Ja, seit gedenken, durch Schafe  
Intensität: schwach, 2-3 Weidegänge, Frühj./Herbst  
Sonstiges: Koppelung außerhalb

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle:** Eichstätt/Rebdorf, Nr.: G 07.  
**MTB:** 7133/1.  
**Lkr.:** Eichstätt. LSG.Besitz: privat.

*Pflege heute:*

Weide: Ja, seit gedenken, durch Schafe  
Intensität: schwach 2-3 Weidegänge, Früh-  
jahr/Herbst  
Sonstiges: Koppelung außerhalb

*Pflege früher:*

Weide: Ja, seit gedenken.

---

**Unt.stelle:** Harburg/Rollenberg, Nr.: G 08.  
**MTB:** 7129/4.  
**Lkr.:** Donau-Ries. ND.Besitz: Gemeinde Harburg,  
vormals Gem. Hoppingen.

*Pflege heute:*

Weide: Ja, seit unbekannt, durch: Schafe  
Intensität: intensiv, 6-8 Weidegänge, Zeit: IV-XI  
Sonstiges: Schäfer der Gemeinde Harburg.  
Entbuschung: Ja, seit: 2 x seit 1986.

*Pflege früher:*

Weide: Ja, seit ?, durch Schafe  
Intensität: intensiv, 8 Weidegänge.  
Aufforstung: Ja, womit: (Flurbereinigungshecke)  
Sonstiges: Starker Modellflugbetrieb und Wanderer.

---

**Unt.stelle:** Riedenburg, St. Anna, Nr.: G 09.  
**MTB:** 7036/1.  
**Lkr.:** Eichstätt. Besitz: Stadt Riedenburg.

*Pflege heute:*

durch: seit 1989 VöF Kelheim  
Brache: Ja, seit 1970  
Weide: Ja, seit 1980, durch Schafe  
Intensität: 3-4 (5) Weidegänge, ganzjährig  
Sonstiges: Koppelung innerhalb, aber nicht mehr  
seit 1989.  
Entbuschung: Ja, seit: 1989, einmalig.

*Pflege früher:*

Brache: Ja, seit 1970 - 1980  
Weide: Ja, seit 1900 - 1970, durch Schafe und Rinder  
Intensität: intensiv-mäßig, 3-4 Weidegänge  
Aufforstung: Ja, womit: ca. 1960 mit Pinus nigra  
Sonstiges: Zool. u. bot. Dauerbeobachtungsflächen

---

**Unt.stelle:** Lintberg, Nr.: G 10.  
**MTB:** 7036/1.  
**Lkr.:** Eichstätt. Besitz: Stadt Riedenburg.

*Pflege heute:*

durch: VöF Kelheim, seit 1985  
Brache: Ja, seit 1970  
Weide: Ja, seit 1985, durch Schafe  
Intensität: mäßig, 2 Weidegänge, Zeit: V/VI,  
VII/VIII.  
Mahd: Ja, seit: 1990 Intensität: 1x jährl. Abräu-  
mung: ja  
nur Teilflächen? ja; wird zur Schwächung von  
Brachypodium-Bereichen durchgeführt.  
Entbuschung: Ja, seit: 1985, bis 1990 jährlich wei-  
tere Flächen, insgesamt 16 ha.

*Pflege früher:*

Brache: Ja, seit ca. 1970 - 1985  
Weide: Ja, seit 1900 - '70  
Intensität: intensiv, 3-4 Weidegänge, Schafe, Rinder.  
Mahd: Ja, seit: Abräumung:  
Aufforstung: Ja, womit: ca. 1960, Pinus nigra  
Sonstiges: Zool. u. bot. Dauerbeobachtungsflächen.

---

**Unt.stelle:** Neuenhinzenhausen/Kalvarienberg,  
Nr.: G 11.  
**MTB:** 7035/4  
**Lkr.:** EichstättBesitz: privat.

*Pflege heute:*

Sonstiges: Angeblich landwirtschaftliche Nutzung  
(?)

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle:** Neuenhinzenhausen, Nr.: G 12.  
**MTB:** 7035/4.  
**Lkr.:** Eichstätt. LSG.Besitz: Markt Altmannstein.

*Pflege heute:*

Brache: Ja, seit jeher  
Weide: Ja, seit ca. 30 J. durch Schafe  
Intensität: schwach, 2-3 Weidegänge, Frühjahr  
Herbst  
Sonstiges: Koppelung außerhalb, Schäfer durch Ge-  
meinde bestellt. Derzeit keine Beweidung, soll 1993  
wieder aufgenommen werden.  
Entbuschung: seit: Soll demnächst durchgeführt  
werden.

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle:** Arnsberger Leite, Nr.: G 13.  
**MTB:** 7034/3.  
**Lkr.:** Eichstätt. Besitz: Markt Kipfenberg.

*Pflege heute:* durch: Bund Naturschutz, Ortsgruppe  
Eichstätt (seit 1980)

Brache: Ja, seit ? auf unbeweideten Teilflächen.

Weide: Ja, seit ca. 1985 Intensität: mäßig, Anzahl Weidegänge: 2

Zeit: Wechselnd. Jetzt ab VI. Durch: Schafe und Ziegen (in den letzten Jahren)

Sonstiges: Koppelung: außerhalb. Schäfer der Gemeinde Kipfenberg. Schafweide zuvor vermutlich schon immer. Seit 1987 2x, IV/V und X/XI (!) Schäfer mit Pachtvertrag.

Mahd: Ja, seit: 1988-1990 Intensität: 1x jährl. Abräumung: ja

nur Teilflächen? auf kleiner Fläche am Hangfuß. Nicht 1991, da zuwenig nachgewachsen.

Entbuschung: Ja, seit: ca. 1980, unregelmäßig, v.a Schlehe, z.T. auch größere Bäume.

*Pflege früher:*

Weide: vermutlich schon immer.

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle**: Gungoldinger Heide, Nr.: G 14.

**MTB**: 7034/3.

**Lkr.**: Eichstätt. NSG.Besitz: Markt Kipfenberg/ Gemeinde Walting

*Pflege heute:*

Brache: Ja, seit nicht genau bekannt. Keinerlei Nutzung.

Entbuschung: Ja, seit: 1988 (durch Bund Naturschutz?)

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle**: Laaber/Hartlmühle, Nr.: G 15.

**MTB**: 6937/1.

**Lkr.**: Regensburg. LSG.Besitz: Markt Laaber

*Pflege heute:*

Brache: Ja, seit ca. 30 J.

Weide: Ja, seit 1985, durch: Schafe

Intensität: intensiv, 2 Weidegänge, Sommer u. Herbst

Sonstiges: Koppelung außerhalb, Verpachtung an Schäfer.

*Pflege früher:*

Brache: Ja, seit ca. 1930 bis heute

Weide: Ja, seit 1930-heute

---

**Unt.stelle**: Laaber/Martinsberg, Nr.: G 16.

**MTB**: 6937/1.

**Lkr.**: Regensburg.Besitz: Markt Laaber.

*Pflege heute:*

Brache: Ja, seit ca. 30 J.

Weide: Ja, seit 1985, durch: Schafe

Intensität: intensiv, 2 Weidegänge, Sommer u. Herbst

Sonstiges: Koppelung außerhalb, Verpachtung an Schäfer.

*Pflege früher:*

Brache: Ja, seit ca. 1930 bis heute

Weide: Ja, seit 1930-heute

---

**Unt.stelle**: Heidenheim, Nr.: G 17.

**MTB**: 6930/3.

**Lkr.**: Weißenburg-Gunzenhausen. Besitz: Gemeinde Heidenheim.

*Pflege heute:*

Weide: Ja, seit mind. 1978, durch: Schafe

Intensität: mäßig

Sonstiges: Schäfer der Gemeinde Heidenheim mit 500 Mutterschafen.

*Pflege früher:*

Weide: Ja, seit "immer", durch: Schafe

Sonstiges: Die Fläche war immer Schafhaltung.

---

**Unt.stelle**: Kallmünz/Holzheim (Blümelberg), Nr.: G 18.

**MTB**: 6838/1

**Lkr.**: Regensburg. Besitz: privat.

*Pflege heute:*

Brache: Ja, seit unbekannt

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle**: Hohenburg/Allersburg, Nr.: G 21.

**MTB**: 6636/4.

**Lkr.**: Amberg-Sulzbach. LSG.Besitz: Gemeinde Hohenburg (?).

*Pflege heute:*

Weide: Ja, seit mind. 1988, durch: Schafe

Intensität: mäßig, 1 Weidegang, Herbst (1.-15.9.)

Sonstiges: Weidevereinbarung im Rahmen des Mager-/Trockenstandortprogramms. Schäfer mit 400 Mutterschafen.

Entbuschung: Ja, seit: gelegentlich

*Pflege früher:*

Weide: Ja, seit unbekannt, durch: Schafe und Rinder

Intensität: mittel, Frühjahr - Herbst

Sonstiges: War früher Gemeindehaltung.

---

**Unt.stelle**: Kleinmeinfeld, Nr.: G 22.

**MTB**: 6435/1.

**Lkr.**: Nürnberger Land. LSG.Besitz: Privat (N. Leissner, Kleinmeinfeld).

*Pflege heute:*

Brache: Ja, seit ca. 1985.

Mahd: Ja, seit: 1955-heute

Intensität: 2-3x jährl Abräumung: ja nur Teilflächen? ja (angrenzende Wiese).

Sonstiges: Im angrenzenden Wald nur Dürrholznutzung.

Pflege früher:

Weide: Ja, seit ? - ca. 1955, durch: Rinder

---

**Unt.stelle:** Neutras/Starenberg, Nr.: G 23.

**MTB:** 6435/3.

**Lkr.:** Amberg-Sulzbach. LSG.Besitz:

Pflege heute:

Brache: Ja, seit ?

Sonstiges: Wanderweg führt direkt vorbei.

---

Pflege früher:

Sonstiges: Keine Angaben

---

**Unt.stelle:** Velden, Nr.: G 24.

**MTB:** 6335/3.

**Lkr.:** Nürnberger Land. LSG.Besitz: privat (W. Holleder, Velden).

Pflege heute:

Brache: Ja, seit Jahrzehnten (1960/70)

---

Pflege früher:

Brache: Ja, seit ab ca. 1960. Davor: Ackernutzung.

Weide: Ja, seit ? - ca. 1950, durch: Rinderhaltung

Sonstiges: Nur in Extremlagen Schafe und Ziegen. Haltung bis nach dem 2. Weltkrieg.

Aufforstung: Ja, womit: Kiefer (Erstaufforstung, ca. 1988-'91)

---

**Unt.stelle:** Hilpoltstein, Nr.: G 25.

**MTB:** 6333/2.

**Lkr.:** Forchheim. Besitz: privat (?).

Pflege heute:

Brache: Ja, seit vielen Jahren, stark verbuscht.

Sonstiges: Seit langem aufgelassener Magerrasen.

Mahd: Ja, Zugangsweg zum Kriegerdenkmal.

---

Pflege früher:

Sonstiges: Keine Angaben

---

**Unt.stelle:** Lange Meile, Nr.: G 26.

**MTB:** 6232/2.

**Lkr.:** Forchheim. Besitz: privat.

Pflege heute:

Weide: Ja, seit ?, durch: Schafe

Sonstiges: Auskunft bei Flugplatz Feuerstein. Ziemlich stark beweidete Flächen am Rande der Startbahn, noch artenreich.

---

Pflege früher:

Sonstiges: Keine Angaben

---

**Unt.stelle:** Hammerstein, Nr.: G 27.

**MTB:** 6133/3.

**Lkr.:** Forchheim. LSG.Besitz: privat.

Pflege heute:

Brache: Ja, seit ?

Sonstiges: v.a. auf den Felskanten hohe Trittbelaftung und Feuerstellen. Noch weitgehend offen, geringe Verbuschungstendenz.

---

Pflege früher:

Sonstiges: Keine Angaben

---

**Unt.stelle:** Leidingshof, Nr.: G 28.

**MTB:** 6133/3.

**Lkr.:** Forchheim/Bamberg. NSG.Besitz: privat (H. u. K. Walz, Heiligenstadt).

Pflege heute:

Brache: Ja, seit 20 Jahren; davor Eichen gepflanzt, jetzt Obstbäume.

Pflege früher:

Sonstiges: Keine Angaben

---

**Unt.stelle:** Streitberg/Oberfellendorf, Nr.: G 29.

**MTB:** 6133/3.

**Lkr.:** Forchheim. Besitz: privat.

Pflege heute:

Brache: Ja, seit ?

Sonstiges: Obstgarten und Streuobstflächen.

---

Pflege früher:

Sonstiges: Keine Angaben

---

**Unt.stelle:** Streitberg/Pfötschleite, Nr.: G 30.

**MTB:** 6133/3.

**Lkr.:** Forchheim. Besitz: privat.

Pflege heute:

Sonstiges: Größter Teil mit Fichten aufgeforstet.

Pflege früher:

Sonstiges: Keine Angaben

---

**Unt.stelle:** Muggendorf/Albertshof, Nr.: G 31.

**MTB:** 6133/4.

**Lkr.:** Forchheim. Besitz: privat.

Pflege heute:

Mahd: Ja, seit: ? Intensität: mind. 3 Schnitte, Abräumung: ja

Pflege früher:

Sonstiges: Keine Angaben

---

**Unt.stelle:** Staffelberg I (betrifft nur einen Teil der Aufnahmen). **Nr.: G 34.**

**MTB:** 5932/1.

**Lkr.:** Lichtenfels. LSG.Besitz: privat (Flur-Nr. 1124, F.u.M. Hügerich.

*Pflege heute:*

Mahd: Ja, seit: 1940 Intensität: 1-2x jährl., Abräumung: ja

*Pflege früher:*

Mahd: Ja, seit: ? Intensität: 1-2 bzw. 2x, Abräumung: ja

Sonstiges: Kaum je gedüngt, außer gelegentlicher P/K Düngung.

---

**Unt.stelle:** Staffelberg II (Hochfläche). **Nr.: G 35.**

**MTB:** 5932/1.

**Lkr.:** Lichtenfels. NSG.Besitz: privat: J. Donath, Staffelstein.

*Pflege heute:*

Mahd: Ja. Intensität: 1-2x, Mähgut wird abgeräumt.

Sonstiges: Vertrag Bayer. Kulturlandschaftsprogramm abgeschlossen. Randlich stark von Wandernern begangen.

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle:** Staffelberg III (östlicher Unterhang).

**Nr.: G 36.**

**MTB:** 5932/1.

**Lkr.:** Lichtenfels. NSG.Besitz: privat, mehrere Besitzer.

*Pflege heute:*

Mahd: Ja. Seit ca. 1955. Intensität: 2x jährl., Mähgut wird abgeräumt.

Sonstiges: Teilflächen als Acker genützt.

*Pflege früher:*

Weide: Ja. Seit ? bis ca. 1955.

Sonstiges: Das Plateau östl. des Staffelbergs wurde beweidet, viele heutige Ackerflächen waren nach Aussagen von Ortsansässigen damals Hutungen

#### **Liste 4:**

Aufstellung der Ergebnisse der Fragebogenaktion zur **"Erhebung der Nutzungsgeschichte von Kalk-Magerrasen"** für die Untersuchungsstellen von **ZIELONKOWSKI**.

#### **Anmerkungen:**

Die Ergebnisse sind nach abnehmenden MTB-Nr. geordnet. Name und Numerierung ("Nr.:" ) der Untersuchungsstellen folgt den Angaben in der Auflistung der Untersuchungsstellen (Liste 2).

Es werden immer nur die von den Bearbeitern der Fragebögen ausgefüllten Felder dargestellt. Verwendete Abkürzungen: siehe Liste 3.

Monatsangaben bei den Beweidungszeiten erfolgen in römischen Ziffern.

Zu den Untersuchungsstellen Z 03-05 (Kelheim/Brand), Z 07 (Altmühltal/Pillhausen), Z 17 sowie Z 20-21 (Alpiner Steig) konnten vom Bearbeiter keine Angaben gemacht werden bzw. wurde der Fragebogen nicht bearbeitet.

**Unt.stelle:** Irnsing, Nr.: **Z 01.**

**MTB:** 7136/4

**Lkr.:** Kelheim. LSG.Besitz: Stadt Neustadt. (Erweiterungsvorschlag NP Altmühltal)

*Pflege heute:*

durch: Hobbyschäfer

Weide: Ja. Seit: mind. '84 Intensität: intensiv. Durch: Schafe.

Sonstiges: Koppelung innerhalb; ab '89 untersagt, dann extensiv. Teilflächen als Pferch.

*Pflege früher:*

Brache: Ja, ca. 1960-1984

Sonstiges: Teilfläche eines möglichen Schäferreviers um Hienheim und Irnsing. Langfristiges Ziel: gemeindeeigene Flächen - Biotopverbund.

**Unt.stelle:** Staubing/Plattenberg, Nr.: **Z 02.**

**MTB:** 7136/2

**Lkr.:** KelheimBesitz: dto.

*Pflege heute:*

durch: VöF Kelheim

Brache: Ja, seit 1965

Weide: Ja, seit ? durch: Schafe. Intensität: 1 Weidegang, Ende VII.

Sonstiges: Teilweise Beweidung, Koppelung außerhalb.

Entbuschung: Ja, seit: 1989, Nachpflege jährlich. Problem: Haselsträucher.

*Pflege früher:*

Brache: Ja, seit 1965 - 1990

Weide: Ja, seit ? - 1965, durch Schafe. Intensität: 2 Weidegänge.

Entbuschung: Ja, seit: 1989 - 1992, ca. 1 x jährl.

Sonstiges: NSG vorgesehen. Bestandaufnahme im Rahmen einer Zustandserfassung bei Reg. v. Niederbayern.

**Unt.stelle:** Kelheimer Tal, Nr.: **Z 06.**

**MTB:** 7037/3

**Lkr.:** Kelheim. Besitz: privat.

*Pflege heute:*

Weide: Ja. Anzahl: 4-5 Weidegänge. Zeit: ganzjährig Durch: Schafe.

*Pflege früher:*

nicht bekannt.

**Unt.stelle:** Regensburg/Keilberg, Nr.: **Z 08-09, 11-14.**

**MTB:** 6938/4

**Lkr.:** Regensburg. Schutz: NSG (Plan)Besitz: privat, Fa. Buechl, Regensburg

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: unbekannt

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

**Unt.stelle:** Regensburg/Keilberg, Nr.: **Z 10.**

**MTB:** 6938/4

**Lkr.:** Regensburg. Besitz: privat.

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: unbekannt

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

**Unt.stelle:** Regensburg/Keilstein, Nr.: **Z 15.**

**MTB:** 6938/4

**Lkr.:** Regensburg. NSG (Plan)Besitz: privat (Fa. Funk, Kalkwerk, Regensburg)

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: unbekannt, teilw. Acker

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

**Unt.stelle:** Alpiner Steig: Hochfläche, Nr.: **Z 16, 18-19.**

**MTB:** 6937/4

**Lkr.:** Regensburg. LSG.

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: ca. 20 J.

Weide: Ja. Seit: 20 J. Intensität: intensiv Anzahl: 2 Weidegänge. Zeit: Frühjahr/Herbst. Durch: Schafe

Mahd: Ja. Intensität: 2x jährl. Abräumung: nein, nur Teilflächen? nein

*Pflege früher:*

Sonstiges: Es können keine Angaben gemacht werden.

---

**Unt.stelle:** Alpiner Steig: "unterhalb der Fumana-Stelle", Nr.: **Z 22.**

**MTB:** 6937/4

**Lkr.:** Regensburg. LSG.

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: ca 20 J.

Weide: Ja. Seit: 20 J. Intensität: intens. Anzahl: 2 Weidegänge, Zeit: Frühjahr/Herbst. Durch: Schafe

Mahd: Ja, seit: Intensität: 2x jährl. Abräumung: nein, nur Teilflächen? Nein.

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle:** Alpiner Steig: Unterhang, zum Klärwerk hin, Nr.: **Z 23-24.**

**MTB:** 6937/4

**Lkr.:** Regensburg. LSGBesitz: Gemeinde.

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: 20 Jahren.

Weide: Ja. Seit: 20 Jahren. Anzahl: 2 Weidegänge. Zeit: Frühjahr/Herbst. Durch: Schafe.

Mahd: Ja. Intensität: 2 Schnitte. Abräumung: nein.

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle:** Deuerling, Nr.: **Z 25.**

**MTB:** 6937/3

**Lkr.:** Regensburg. LSG. Besitz: Gemeinde Deuerling.

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: ständig

Weide: Ja. Seit: ca. 1975, Intensität: mäßig, Anzahl: 2-4 Weidegänge. Zeit: Frühjahr u. Herbst. Durch: Schafe

Sonstiges: Schäfer der Gemeinde Deuerling

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle:** Undorf/Steinerbrückl, Nr. **Z 26-33.**

**MTB:** 6937/3-4

**Lkr.:** Regensburg. LSGBesitz: Gemeinde Deuerling.

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: ständig

Weide: Ja. Seit: ca. 1975, Intensität: mäßig, Anzahl: 2-4 Weidegänge. Zeit: Frühjahr u. Herbst. Durch: Schafe

Sonstiges: Schäfer der Gemeinde Deuerling

---

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

---

**Unt.stelle:** Undorf/Eitelberg, Nr.: **Z 34-35.**

**MTB:** 6937/4

**Lkr.:** Regensburg. LSGBesitz: Gemeinde Nittendorf (teilw.), privat (teilw.).

*Pflege heute:*

durch: Bund Naturschutz, Ortsgruppe Nittendorf

Brache: Ja. Seit: ca. 1950-1980

Weide: Ja. Seit: 1980. Intensität: mäßig, Anzahl: ca. 2 Weidegänge. Zeit: Frühjahr und Spätsommer. Durch: Schafe

Entbuschung: Ja, seit: 1990, 2-jähriger Turnus (bisher).

*Pflege früher:*

Weide: Ja. Seit: ? Intensität: intensiv. Durch: Schafe

Sonstiges: Gemeindegirte

---

**Unt.stelle:** Kallmünz/Burgberg, Nr.: **Z 36-37.**

**MTB:** 6837/2

**Lkr.:** Regensburg. LSGBesitz: Markt Kallmünz.

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: immer (?)

Weide: Ja, seit: ? Intensität: schwach, Anzahl: 2 Weidegänge.

*Pflege früher:*

Brache: Ja. Seit: schon immer (?)

Weide: Ja. Seit: ? - 1960. Zeit: Frühjahr/Herbst.

---

**Unt.stelle:** Kallmünz/Fuchsbergl, Nr.: **Z 38.**

**MTB:** 6837/2

**Lkr.:** Regensburg. LSGBesitz: privat.

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: immer (?)

Weide: Ja. Durch: Rinder

*Pflege früher:*

Brache: Ja. Seit: schon immer (?)

Weide: Ja. Seit: ? - ca.1955. Intensität: intensiv. Zeit: Frühjahr-Herbst.

---

**Unt.stelle:** Kallmünz/Hutberg, Nr.: **Z 39-41.**

**MTB:** 6837/2

**Lkr.:** Regensburg. NSG/LSG

*Pflege heute:*

Brache: Ja. Seit: immer (?)

Weide: Ja. Seit: ? Intensität: schwach, Anzahl: 2 Weidegänge.

Entbuschung: Ja, seit: 1991.

*Pflege früher:*

Weide: Ja. Seit: ?-1970 Intensität: intensiv. Zeit: Frühjahr-Herbst.

---

**Unt.stelle:** Kallmünz/Heitzenhofen, Nr.: Z 42.

**MTB:** 6837/4

**Lkr.:** Regensburg. LSGBesitz: privat.

*Pflege heute:*

Bache: Ja. Seit: unbekannt.

*Pflege früher:*

Sonstiges: Keine Angaben.

**FRAGEBOGEN ZUR ERHEBUNG DER NUTZUNGSGESCHICHTE VON KALKMAGERRASEN IM LANDKREIS**

Die Lage der Fläche entnehmen Sie bitte der beiliegenden Kopie (Ausschnitt aus dem MTB).

Bitte die jeweils zutreffende(n) Möglichkeit(en) ankreuzen, bei mehreren Möglichkeiten Zutreffendes bitte unterstreichen

**I. BESITZVERHÄLTNISSE:**

- privat
- Landschaftsschutzgebiet  Naturschutzgebiet
- Gemeindebesitz --> Name der Gemeinde: \_\_\_\_\_
- Sonstiges: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**II. DERZEITIGE PFLEGEMAßNAHMEN:**

- Brache** seit ca. \_\_\_\_\_
- Beweidung** durch: Schafe/Ziegen/Schafe und Ziegen  
seit: \_\_\_\_\_  
intensive/mäßige/schwache Beweidung  
Intensität: \_\_\_\_\_ Weidegänge pro Jahr  
Zeitpunkte der Weidegänge: ca. \_\_\_\_\_  
Koppelflächen außerhalb/innerhalb der Fläche  
Schäfer durch Gemeinde \_\_\_\_\_ bestellt  
Sonstiges \_\_\_\_\_
- Mahd** seit \_\_\_\_\_  
Intensität: \_\_\_\_\_ Schnitte pro Jahr  
Mähgut wird abgeräumt/bleibt auf der Fläche liegen  
Mahd nur auf Teilflächen? ja/nein  
Sonstiges \_\_\_\_\_
- Entbuschung** seit \_\_\_\_\_  
Häufigkeit: \_\_\_\_\_  
Sonstiges \_\_\_\_\_

**Anderweitige Nutzung:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Pflege durch einen **Naturschutzverband** seit \_\_\_\_\_  
- Name des Verbandes/Adresse der zuständigen Geschäftsstelle:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**III. PFLEGE MASNAHMEN IN DEN LETZTEN JAHRZEHTEN**

(Maßgeblich ist der Zeitraum seit ca. 1930)

**Brache** ca. von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_

**Beweidung** durch Schafe/Ziegen/Rinder

- durchgeführt ca. von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_
- intensive/mäßige/schwache Beweidung
- abgeschätzte Intensität: ca. \_\_\_\_\_ Weidegänge pro Jahr

**Mahd** ca. von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_

- abgeschätzte Intensität: ca. \_\_\_\_\_ Schnitte pro Jahr
- Mahd auf Teilflächen? ja/nein
- Mähgut wurde abgeräumt/blieb auf der Fläche liegen
- Sonstiges \_\_\_\_\_

mehrmalige **Entbuschung** ca. von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_

- Häufigkeit etwa \_\_\_\_\_ mal pro Jahr

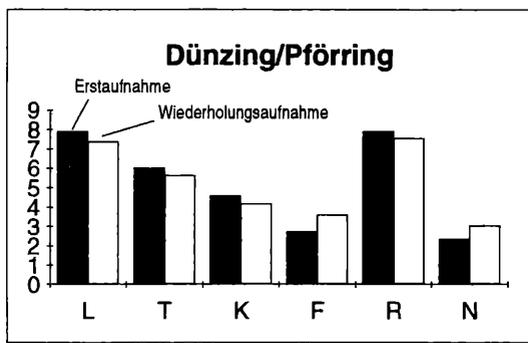
**Aufforstung** auf Teilflächen

- mit \_\_\_\_\_ (Baumarten)

**Anderweitige Nutzung** (z.B. lokale Nutzung durch die Anwohner zur Streugewinnung etc.):  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

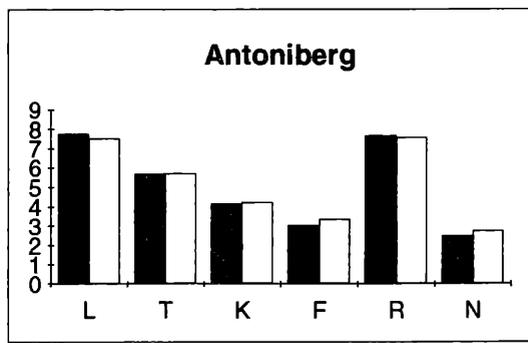
**IV. ALLGEMEINER KOMMENTAR**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



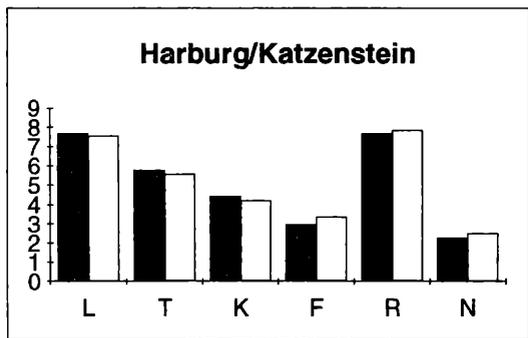
G 01

MTB 7235/2



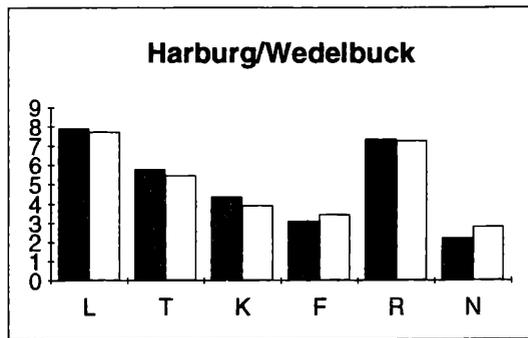
G 02

MTB 7232/3



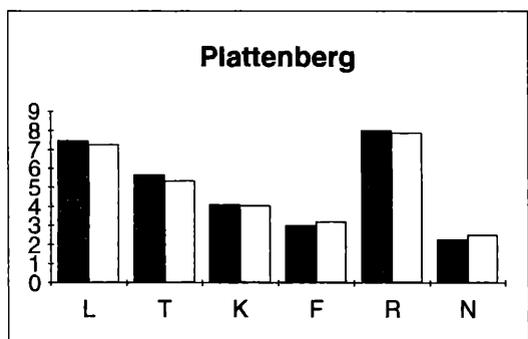
G 03

MTB 7230/1



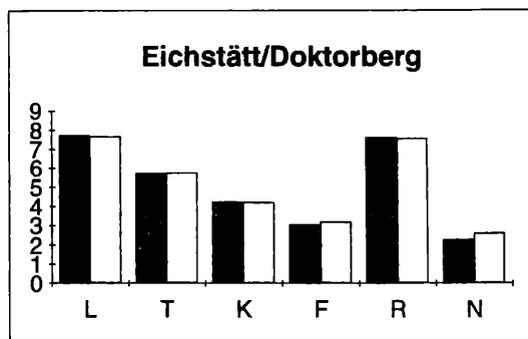
G 04

MTB 7230/3



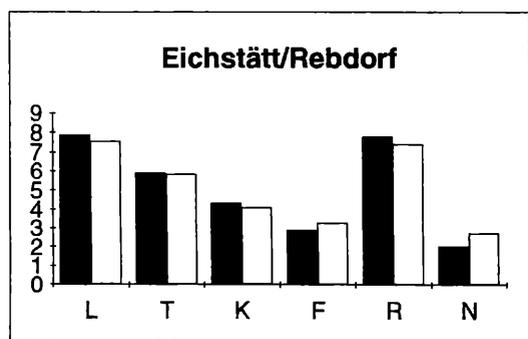
G 05

MTB 7136/2



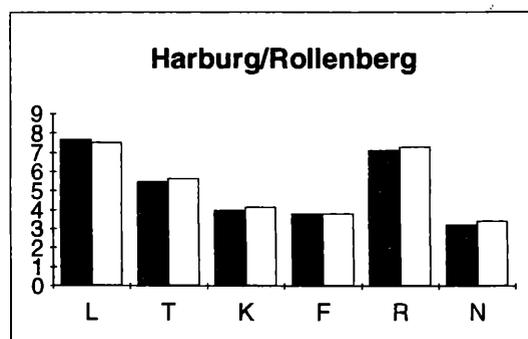
G 06

MTB 7133/1



G 07

MTB 7133/1



G 08

MTB 7129/4

Abbildung 6

Veränderung der mittleren Zeigerwerte der Untersuchungsstellen im Vergleichszeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)

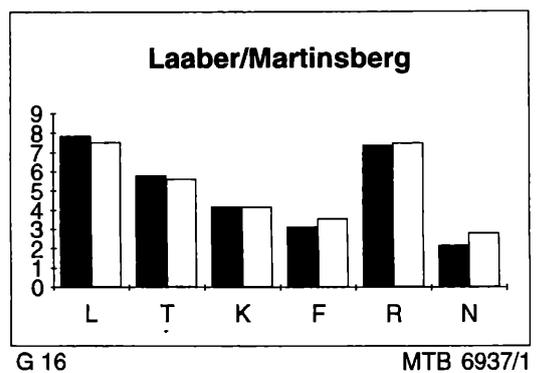
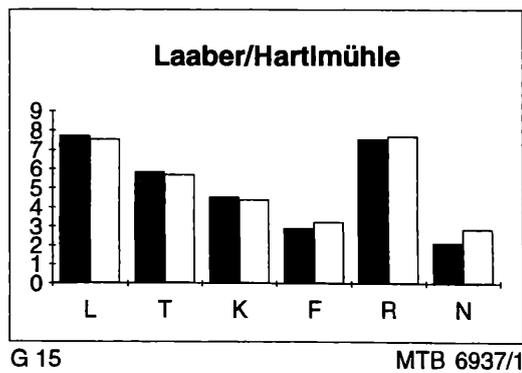
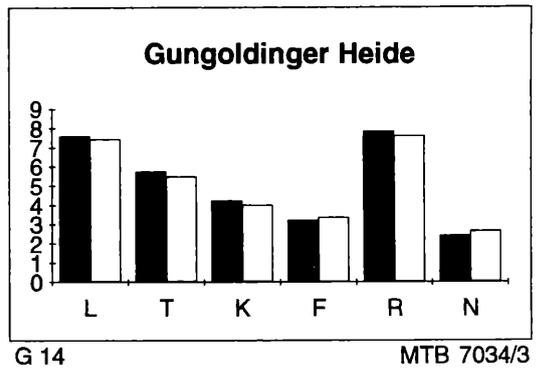
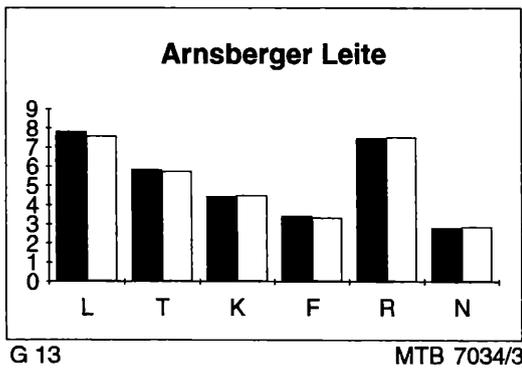
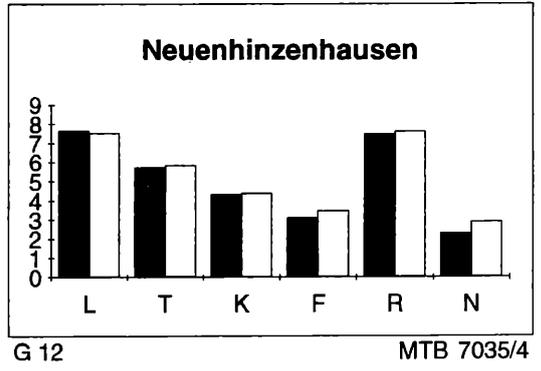
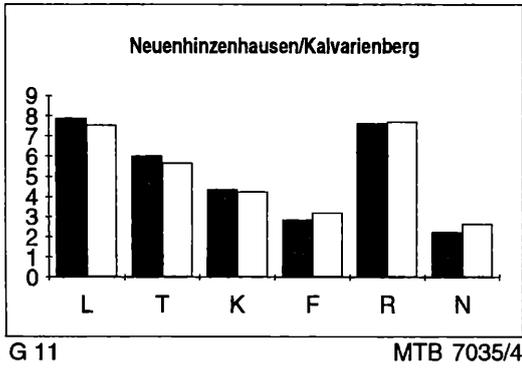
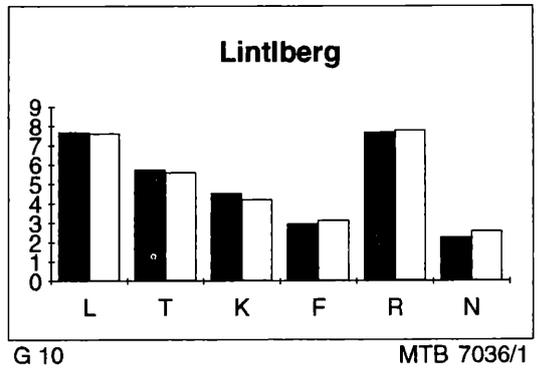
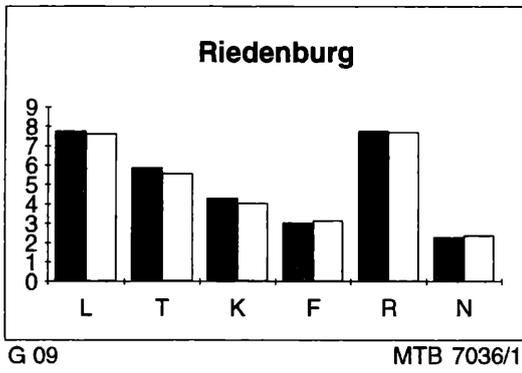


Abbildung 6 - Fortsetzung

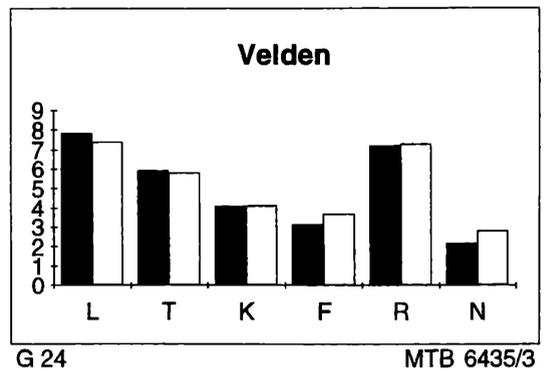
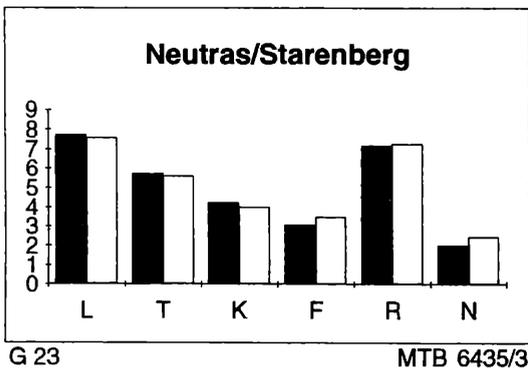
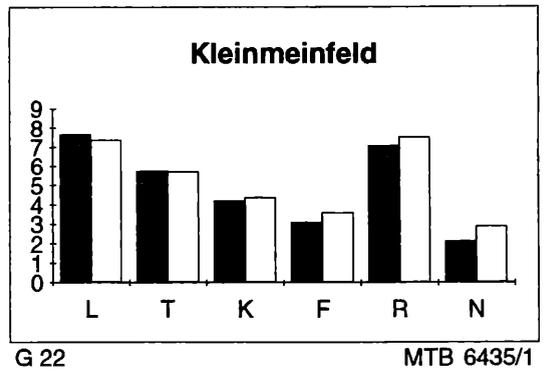
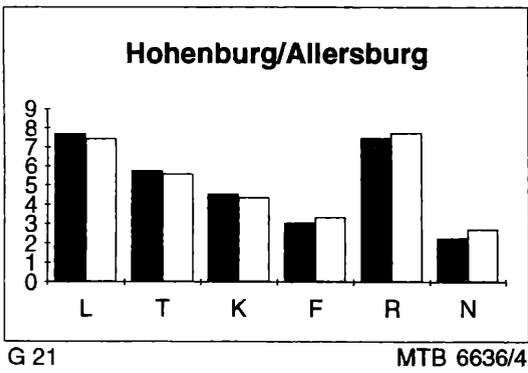
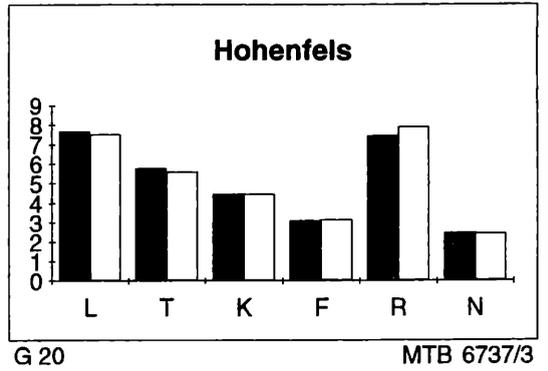
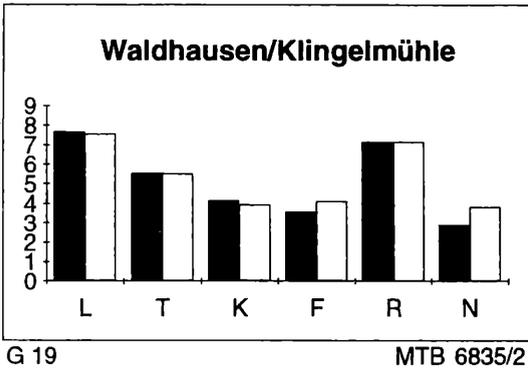
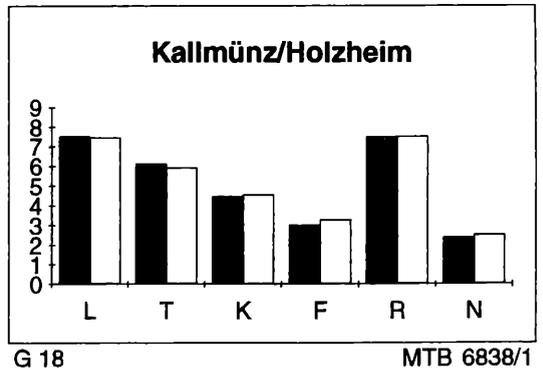
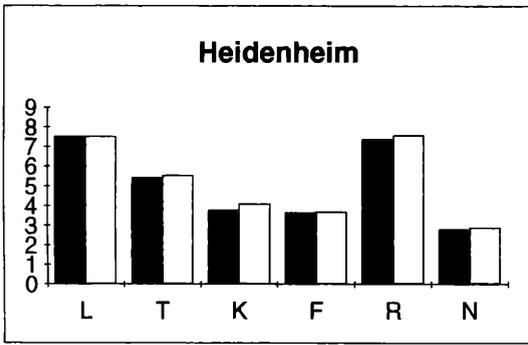
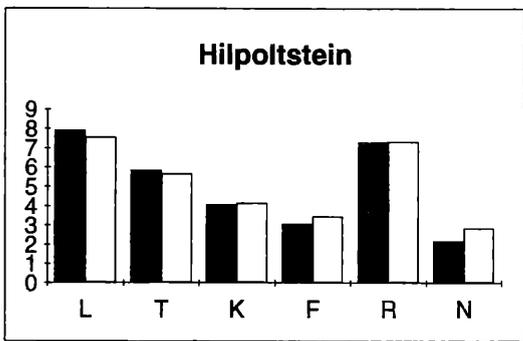
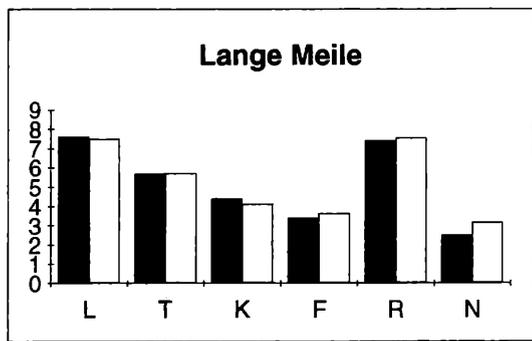


Abbildung 6 - Fortsetzung



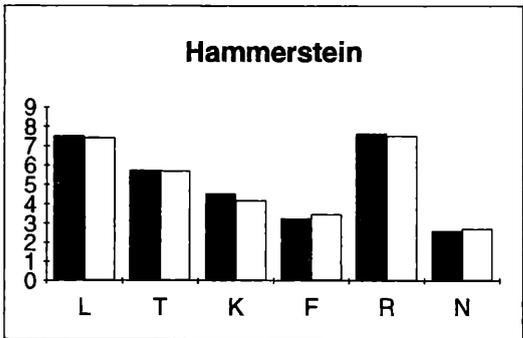
G 25

MTB 6333/2



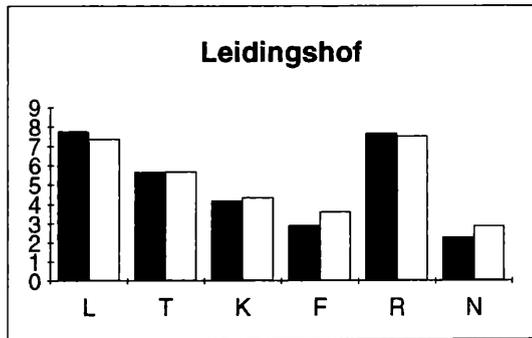
G 26

MTB 6232/2



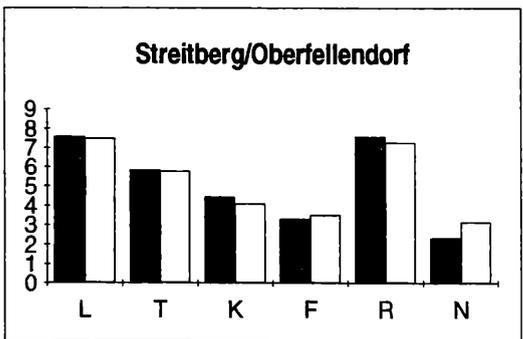
G 27

MTB 6133/3



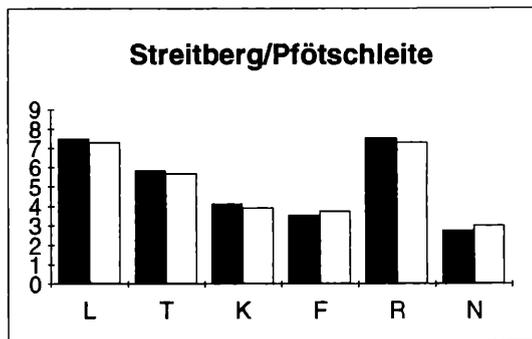
G 28

MTB 6133/3



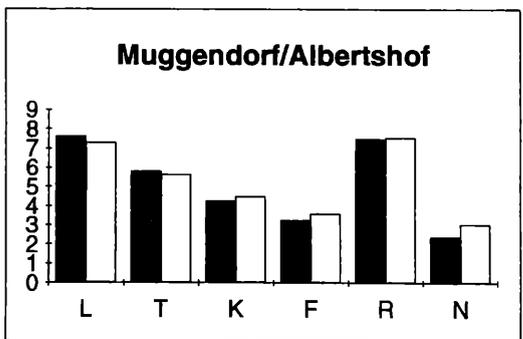
G 29

MTB 6133/3



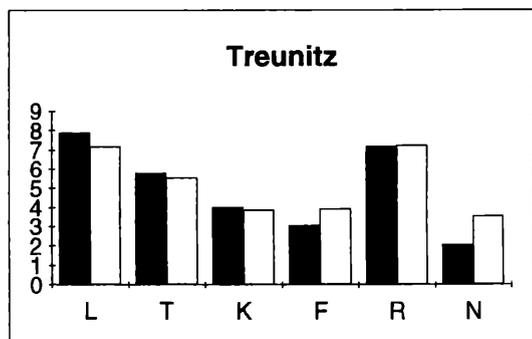
G 30

MTB 6133/3



G 31

MTB 6133/3



G 32

MTB 6033/1

Abbildung 6 - Fortsetzung

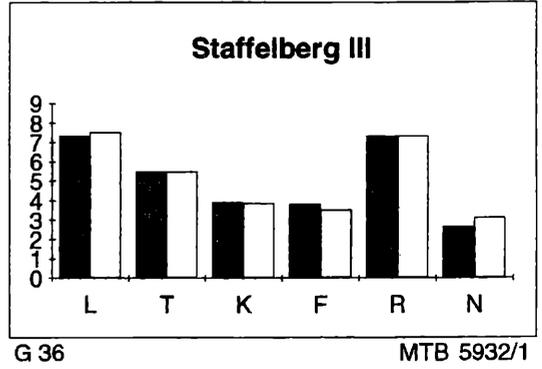
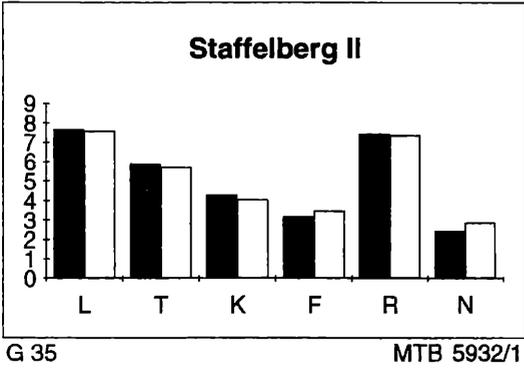
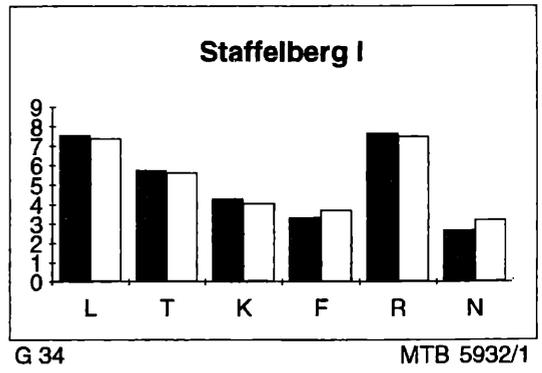
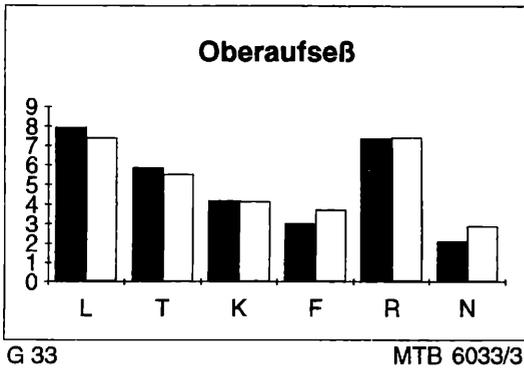


Abbildung 6 - Fortsetzung

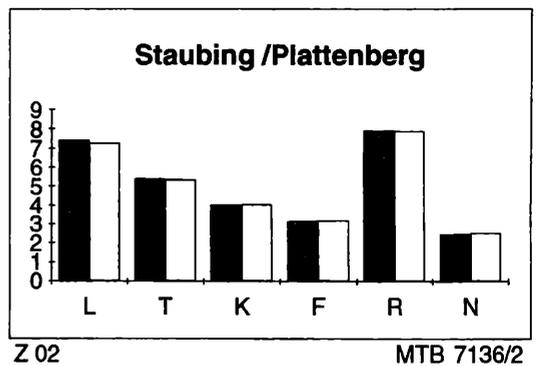
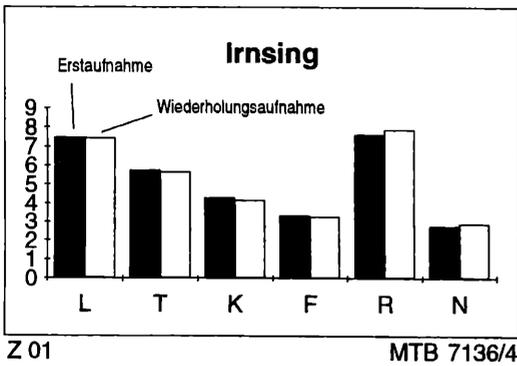


Abbildung 7

Veränderung der mittleren Zeigerwerte der Untersuchungsstellen im Vergleichszeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)

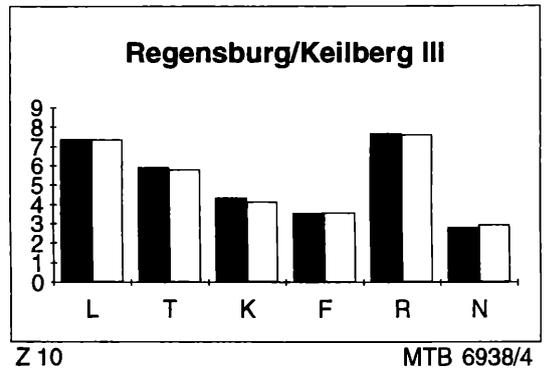
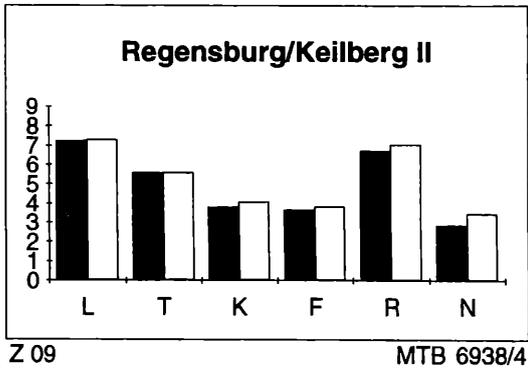
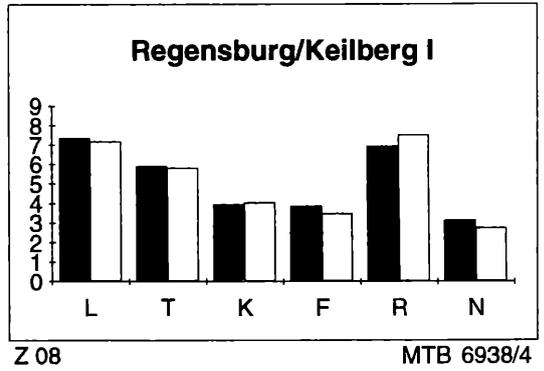
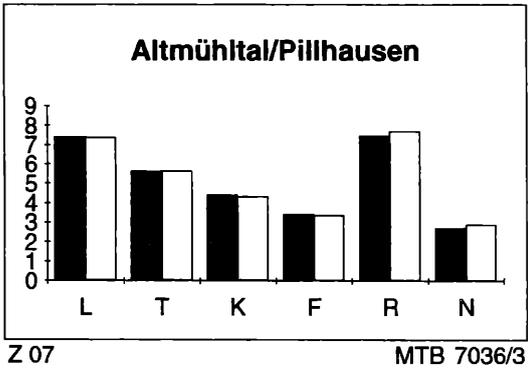
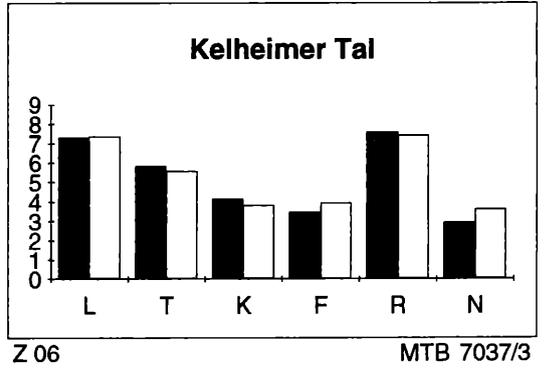
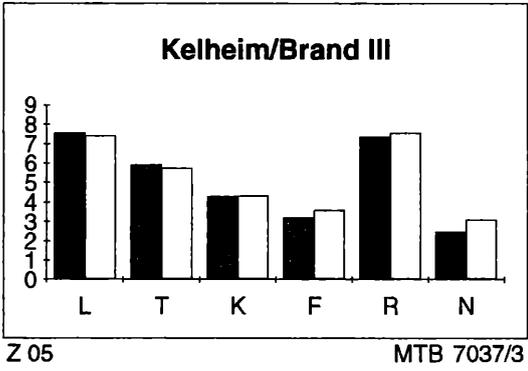
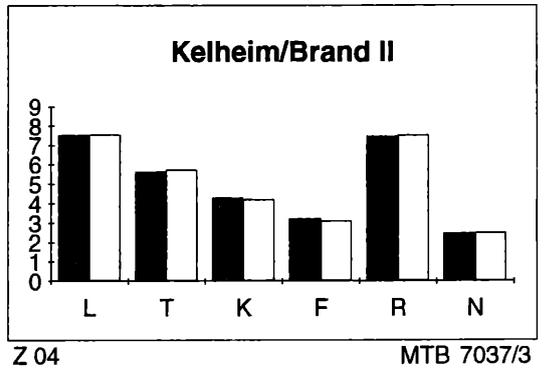
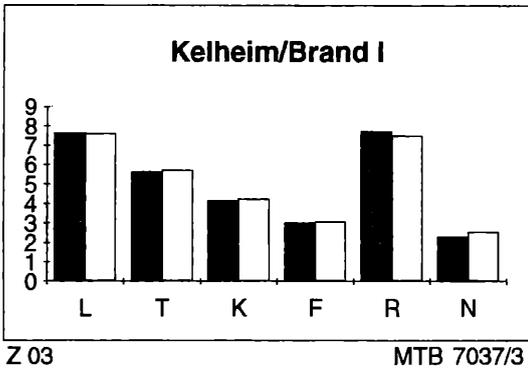
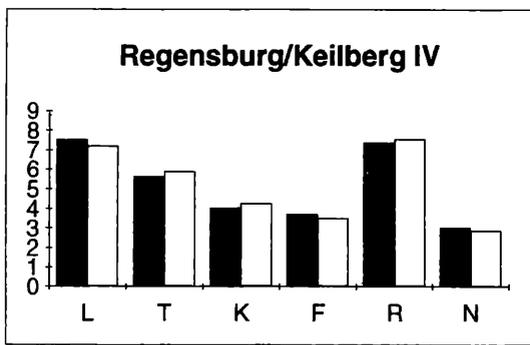
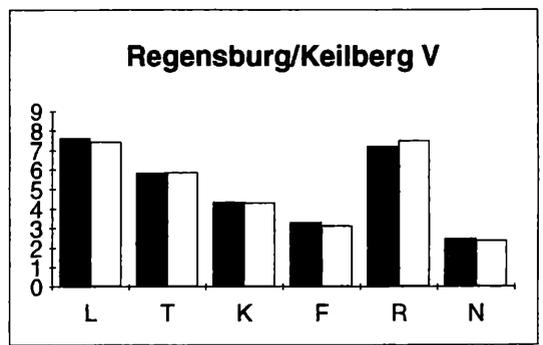


Abbildung 7 - Fortsetzung



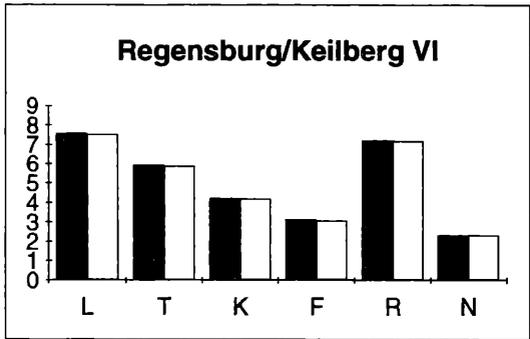
Z 11

MTB 6938/4



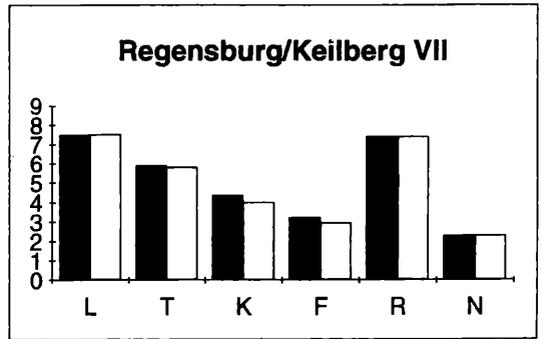
Z 12

MTB 6938/4



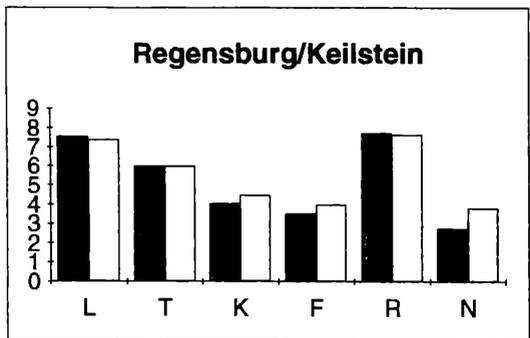
Z 13

MTB 6938/4



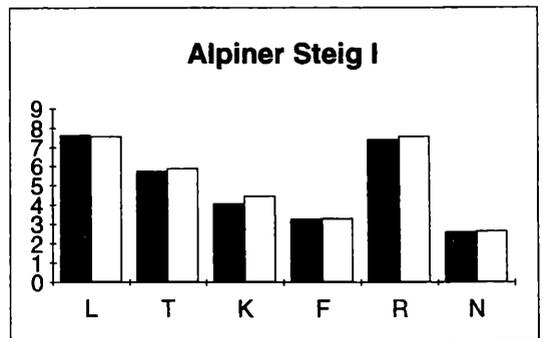
Z 14

MTB 6938/4



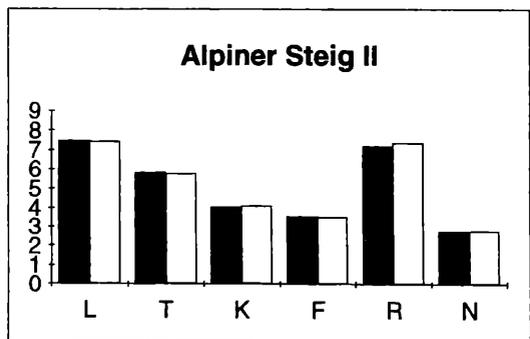
Z 15

MTB 6938/4



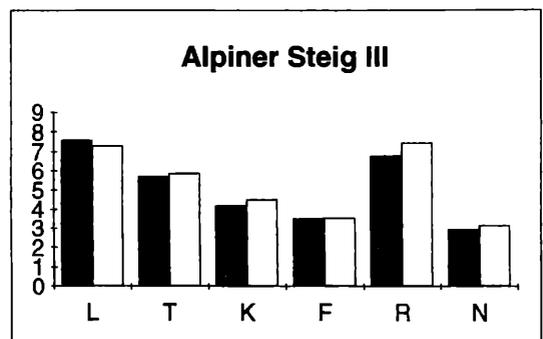
Z 16

MTB 6937/4



Z 17

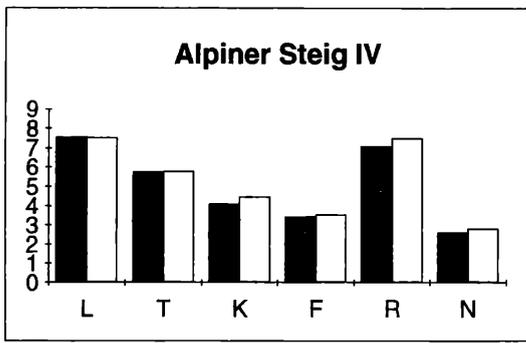
MTB 6937/4



Z 18

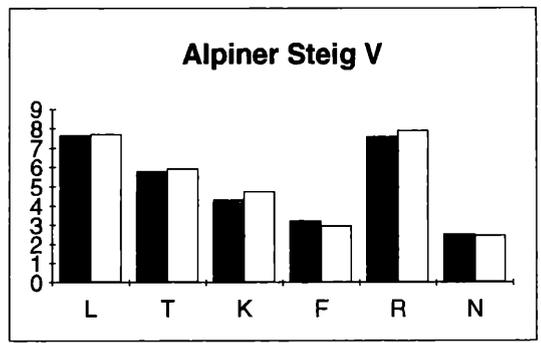
MTB 6937/4

Abbildung 7 - Fortsetzung



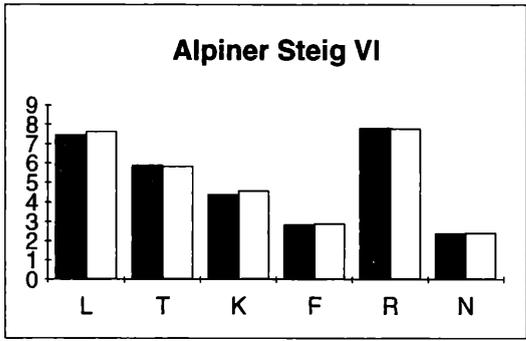
Z 19

MTB 6937/4



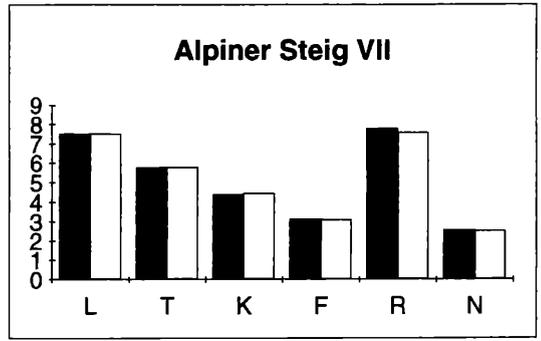
Z 20

MTB 6937/4



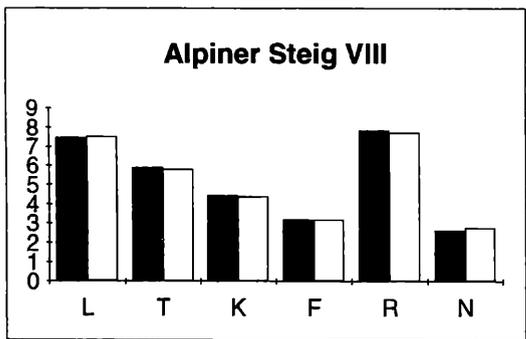
Z 21

MTB 6937/4



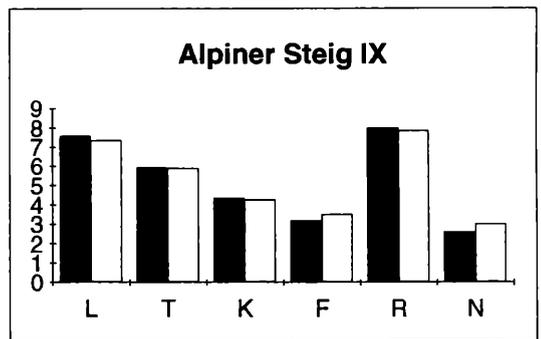
Z 22

MTB 6937/4



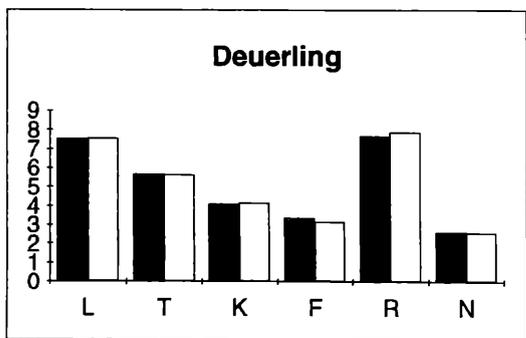
Z 23

MTB 6937/4



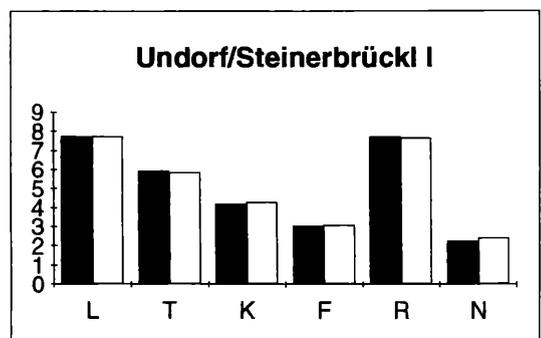
Z 24

MTB 6937/4



Z 25

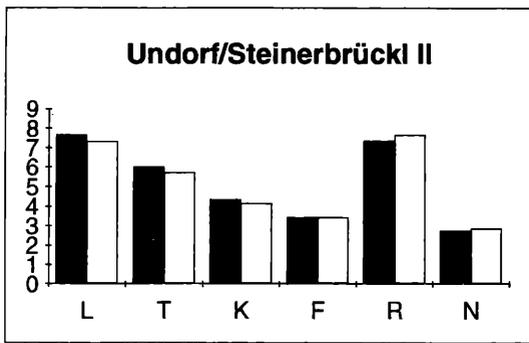
MTB 6937/3



Z 26

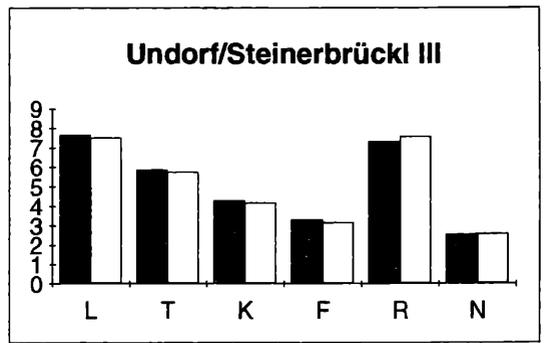
MTB 6937/3

Abbildung 7 - Fortsetzung



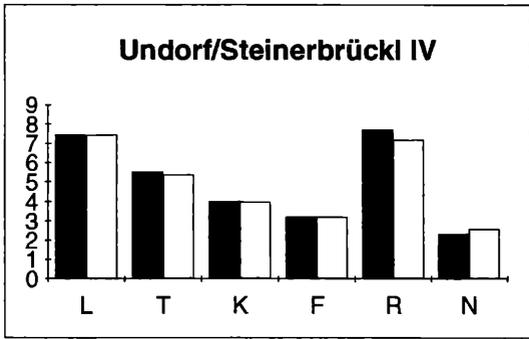
Z 27

MTB 6937/3



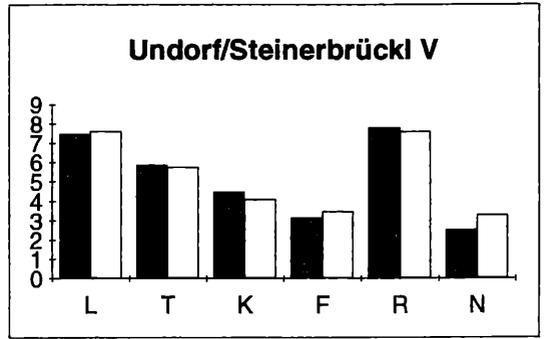
Z 28

MTB 6937/3



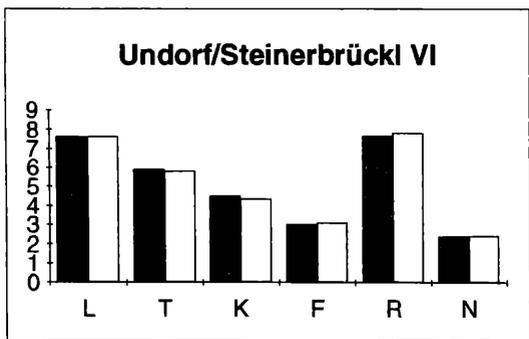
Z 29

MTB 6937/3



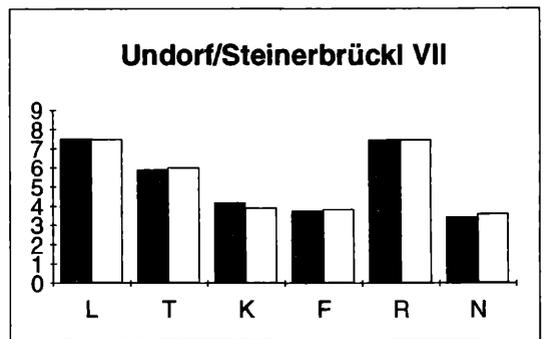
Z 30

MTB 6937/4



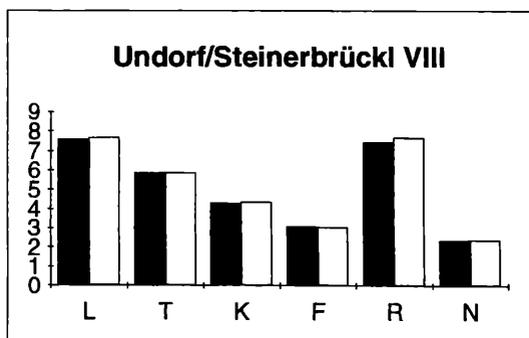
Z 31

MTB 6937/4



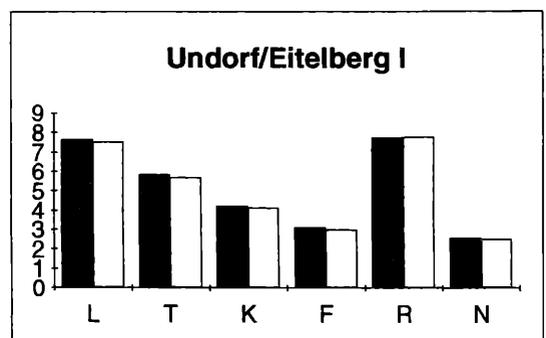
Z 32

MTB 6937/4



Z 33

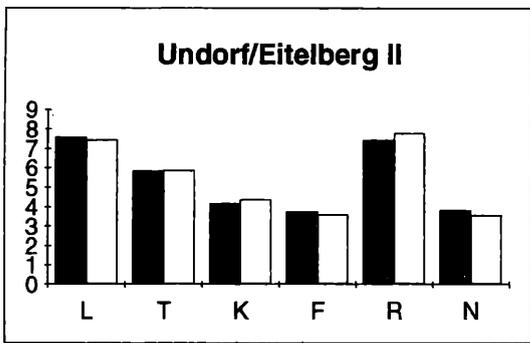
MTB 6937/4



Z 34

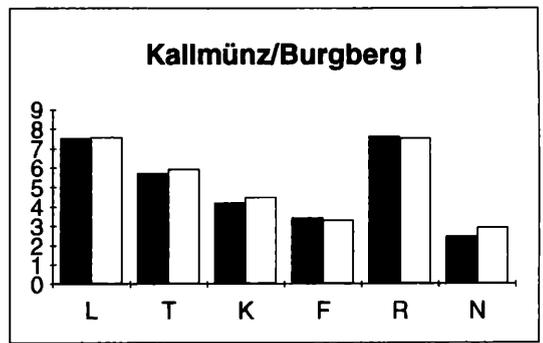
MTB 6937/4

Abbildung 7 - Fortsetzung



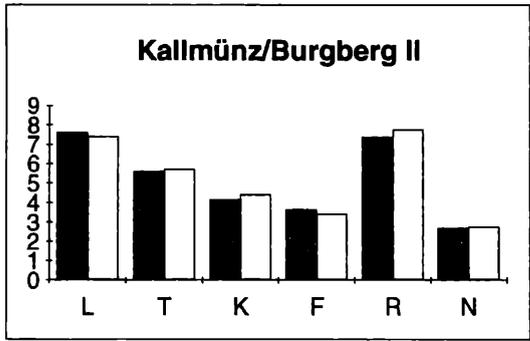
Z 35

MTB 6937/4



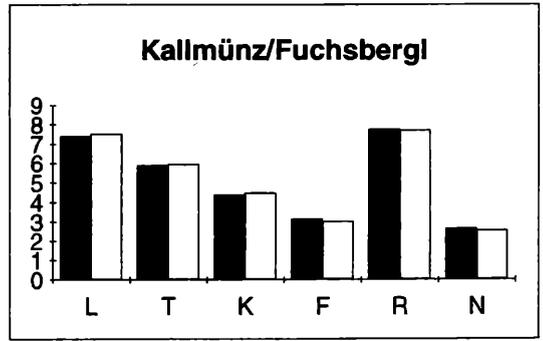
Z 36

MTB 6837/2



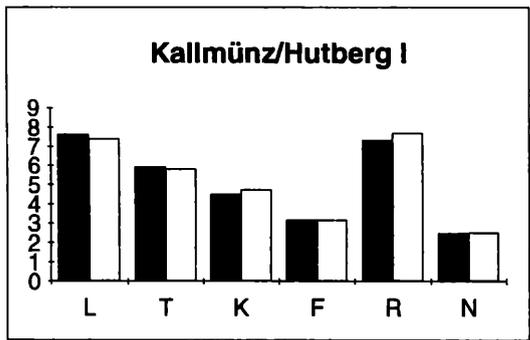
Z 37

MTB 6837/2



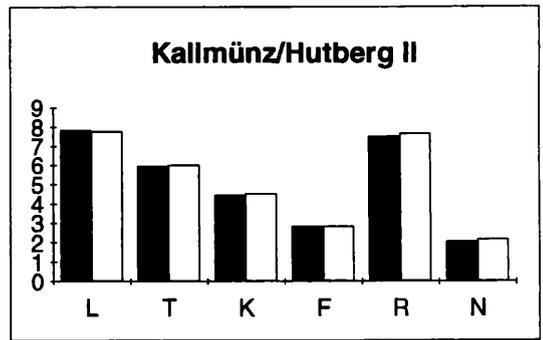
Z 38

MTB 6837/2



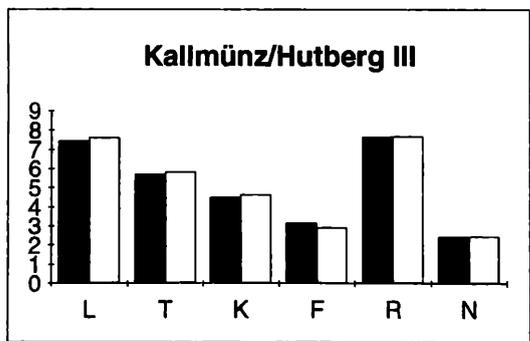
Z 39

MTB 6837/2



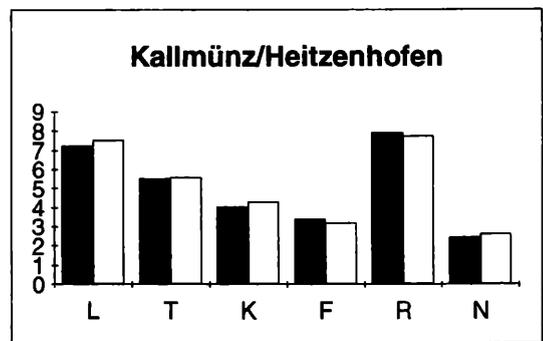
Z 40

MTB 6837/2



Z 41

MTB 6837/2



Z 42

MTB 6837/4

Abbildung 7 - Fortsetzung

**Tab. 6: Erstaufnahmen von GAUCKLER (Aufnahmezeitraum: 1931-36)**

**Anmerkungen:**

Mit - gekennzeichnete Arten kommen nur in den Erstaufnahmen vor, fehlen aber in den Wiederholungsaufnahmen.

**Tabellenkopf:**

- bedeutet, daß hierzu keine Daten vorliegen  
 Außerhalb vorkommende Arten bleiben bei den Artenzahlen unberücksichtigt.

**Tabelle:**

a bedeutet: Deckungsgrad 2a  
 b bedeutet: Deckungsgrad 2b  
 m bedeutet: Deckungsgrad 2m  
 0 bedeutet: Vorkommen der Art außerhalb der Aufnahmefläche  
 M bedeutet Kryptogamen

**Einheiten:**

- 1 Brometalia-Fragmentgesellschaft
- 2 Pulsatillo-Caricetum typicum
- 3 Gentiano-Koelerietum, *Festuca sulcata*-Rasse
  - a caricetosum humilis
  - b typicum
    - α Variante mit *Potentilla cinerea*
    - β typische Variante
    - γ Variante mit *Leontodon hispidus*

1	2	3				
		a	b			
			α	β	γ	

AUFNAHMENUMMER	878	7777778888	77777788	888888	88787	9999
	111	1000000011	10001000	211010	11201	0000
	988	2458134504	97621929	023811	65067	8751
Exposition		S WW S S W S SSS S				
		SS SSS S S S SSS S S SSS S N SS				
		OWS WWSWSWSW SSWWWW SW OSWOO OSSSW NWOS				
Neigung (°)	111	1131222112	11122112	2 112	1 11	
	500	0500000050	55550550	303050	05555	3555
Aufnahmefläche (qm)		1 1 1 11 111 1 1			111 1111	
	22	0222052501	50022000	020252	1 000	0000
	506	0550000005	00055000	050505	0-000	0000
Deckung Krautschicht (%)	677	8889878787	99979898	988878	87999	9999
	000	0000000000	00000050	000000	05005	0055
Deckung Kryptogamen (%)	212	22222 1211	11212212	32122	2 113	221
	000	0050050000	05000500	050005	55500	0505
Artenzahl Gefäßpflanzen (ohne Gehölze)	213	6344423443	55434434	433443	33422	4434
	490	4502548737	45422555	926905	43996	0862
Artenzahl Gehölze (alle Schichten)	100	2400000000	34240303	011020	00102	1200
Artenzahl Kryptogamen	234	3584413252	36944514	225245	31434	4643

Stetigkeit (%)

<b>A 2, zugleich d 3a</b>						
Teucrium montanum	41.7		111+11+++	.11.11+1		
Globularia punctata	41.7		111.+++11+1	1+++11..	.0.	
Fumana procumbens	16.7		21.1.	.0+.1.		
<b>A 3</b>						
Cirsium acaule	44.4		1++++++	+. .	11+..	221+
Gentianella ciliata	13.9		.+	.+		1++.
<b>D 3</b>						
Ranunculus bulbosus	33.3		...+2.	+.+. .	+12.	.11+
Euphrasia stricta	30.6		...11	.11..0	...+.	.+1+
Onobrychis viciifolia	11.1			+. .	+.1	+. .
<b>d 3a</b>						
Carex humilis	33.3	21.	32222..	.12122..		.
Anthericum ramosum	33.3	.1.	+0.+++...	+.11..+		1...
Dichanthium ischaemum	25.0		+. .+1+0.	+.1.02.		
<b>d 3ba</b>						
Potentilla cinerea	55.6	.0+	1...121+2	+++.1+.1	11212+	
Artemisia campestris	66.7	++1	+.+++++1+1	+.+.0+++	++++1+	
Teucrium chamaedrys	47.2		2+1+0.1++.	+.1.11.1	.1210.	
<b>d 3by</b>						
Leontodon hispidus ssp. hispidus	11.1					+21+
Hypnum cupressiforme s. lat.	M 8.3			.1...		+12.
Gentianella germanica	8.3					1.1+
Poa pratensis	8.3					+++
Trifolium pratense ssp. pratense	5.6					.+1
<b>Δ</b>						
Festuca rupicola	72.2	3.2	++.11+3321	2+..2223	2..3.1	32+32 .2..

<b>V Mesobromion</b>												
	Ononis spinosa agg.	50.0	...	+.+.+.+.+.+	+.+.+.1.	..+.0.	++11.	23++				
	Erigeron acer acer	19.4	..+	....+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Primula veris ssp. veris	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....				
	Carlina vulgaris ssp. vulgaris	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....				
	Euphorbia brittingeri	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....				
<b>DV Mesophile Begleitarten</b>												
	Lotus corniculatus	75.0	...	+.+.+.1+1+	++++.+.+	11+0+	1+12.	12+1				
	Plantago media	47.2	...	....+.+.+.+	....+.+.+.2.	....+.+.+.+	....+.+.+.+	....+.+.+.+				
	Briza media	41.7	..+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Linum catharticum	41.7	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Plantago lanceolata	30.6	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Carlina acaulis ssp. simplex	27.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Medicago lupulina	19.4	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Coronilla varia	13.9	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Carex flacca	8.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Daucus carota	8.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Knautia arvensis	8.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
<b>O Brometalia</b>												
	Helianthemum nummularium ssp. obscurum	91.7	+1+	11+111.1+2	1+1+11+1	+12111	10+2	..1+				
	Potentilla tabernaemontani	88.9	111	1+11+.+21+	1+21+.+1	221112	21121	.121				
	Pulsatilla vulgaris agg.	83.3	.+0	11+++ .211+	1+++1+.1	1+++1+	101.1	++.				
	Scabiosa columbaria	80.6	+1+	+++.+.+++	1+++++.+	+++.	+++.	+++.				
	Hippocrepis comosa	72.2	..	11+++++.+	1+++12.+	1+.0+	+1.2	11..				
	Dianthus carthusianorum	72.2	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Koeleria pyramidata	61.1	..+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Carex caryophyllea	55.6	..+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Bromus erectus	47.2	.2.	2233+3....	313233..	.....	..1.3	.22.				
	Arabis hirsuta	19.4	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
<b>K Festuco-Brometea</b>												
	Euphorbia cyparissias	100.0	+1+	1+1+1++112	1+1++111	11212+	1+131	+111				
	Abietinella abietina	M 91.7	1+1	1+2121111+	2121+322	3312++	1.1.3	121+				
	Sanguisorba minor	80.6	1.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Brachypodium pinnatum	80.6	..1	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Phleum phleoides	77.8	..+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Rhithidium rugosum	M 72.2	.2.	22221.12+	112.22.1	11+1..	3121+	22+.				
	Asperula cynanchica	69.4	++1	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Galium verum ssp. verum	69.4	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Pimpinella saxifraga	69.4	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Salvia pratensis	61.1	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Festuca "duriuscula"	58.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Helictotrichon pratense	52.8	+++	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Anthyllis vulneraria	50.0	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Prunella grandiflora	50.0	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Potentilla x subcinerea	30.6	+1	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Koeleria cristata	27.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Silene otites	27.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Centaurea jacea ssp. angustifolia	27.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Stachys recta	22.2	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Centaurea scabiosa ssp. scabiosa	22.2	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Seseli annuum	22.2	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Centaurea rhenana ssp. rhenana	22.2	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Thymus praecox ssp. praecox	19.4	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Polygala comosa	19.4	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Odontites lutea	16.7	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Potentilla heptaphylla	13.9	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Aster linosyris	11.1	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Veronica spicata	8.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	- Pleurochaete squarrosa	M 8.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Thesium linophyllum	8.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	- Minuartia verna ssp. verna	8.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Trifolium montanum	8.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	- Veronica austriaca ssp. dentata	5.6	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Gentiana cruciata	5.6	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	- Linum tenuifolium	2.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Campanula glomerata	2.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
<b>Bezeichnende Begleitarten</b>												
	Thymus pulegioides ssp. chamaedrys	94.4	1+1	1111++ .112	1+21+.+1	122+11	21211	+112				
	Hieracium pilosella	91.7	+++	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Medicago falcata	52.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Campanula rotundifolia	47.2	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Achillea millefolium ssp. millefolium	47.2	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Cerastium arvense ssp. arvense	41.7	..+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Poa angustifolia	41.7	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Arenaria serpyllifolia	30.6	++	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Hypericum perforatum ssp. angustifolium	25.0	..+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
<b>Saumarten (Origanetalia)</b>												
	Fragaria viridis	25.0	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Veronica austriaca ssp. teucrium	19.4	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Bupleurum falcatum	16.7	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Aster amellus	13.9	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Silene nutans	8.3	..+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Peucedanum oreoselinum	8.3	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Inula hirta	5.6	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Galium glaucum	5.6	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	- Tanacetum corymbosum	5.6	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Verbascum lychnitis	5.6	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Peucedanum cervaria	5.6	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Origanum vulgare	2.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Solidago virgaurea ssp. virgaurea	2.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				
	Agrimonia eupatoria	2.8	...	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+	....+.+.+.+.+				

**Fettwiesenarten (Molinio-Arrhenatheretea)**

Leucanthemum vulgare agg.	13.9	...	+	.....	+	.....	.....	+	....	++..
Prunella vulgaris	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1..+
Betonica officinalis	2.8	...	.....	.....	+	.....	.....	.....	.....	1..+
Helictotrichon pubescens	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	+	.....	.....
Senecio erucifolius	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+
Trifolium repens	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..1

**Lückenzeiger (Sedo-Scleranthetea)**

Sedum acre	47.2	1.1	+	...+11+2	..++....	+++1+	..+1..	.....	.....	.....
Sedum sexangulare	36.1	...	+	...+...++	+.+++1..	.....1	++1..	.....	.....	.....
Acinos arvensis	25.0	+	+	...+...+..	+.+++1..	+++..	.....	.....	.....	.....
- Erophila verna agg.	22.2	+	+	...+...+1..	.....1..	.....0..	.....	.....	.....	.....
Silene vulgaris	22.2	+	.....	.....1	+......	+.+..+	.....	.....	.....	..+
Sesleria albicans ssp. albicans	13.9	111	++	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Alyssum alyssoides	13.9	1..	+	...+...+1..	.....	.....1..	.....	.....	.....	.....
Sedum album	13.9	...	+	...+...+..	.....	.....++	.....	.....	.....	.....
Medicago minima	13.9	...	+	...+...+..	.....	.....1+	.....	.....	.....	.....
- Helichrysum arenarium	13.9	...	.....	.....+..	.....	+.1..+	.....	.....	.....	.....
- Cerastium semidecandrum	11.1	+	.....	.....+..	.....1..	.....	.....	.....	.....	..+
Erysimum odoratum	11.1	+	.....	.....+..	.....	.....+	.....	.....	.....	.....
Echium vulgare	11.1	...	+	.....	.....+..1+	.....	.....	.....	.....	.....
Alyssum montanum ssp. montanum	11.1	...	..1	.....	..1..+	.....	.....	.....	.....	.....
Festuca pallens ssp. pallens	8.3	+	+	...+...+..	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Saxifraga tridactylites	8.3	..+	.....	.....+..	.....1..	.....	.....	.....	.....	.....
- Petrorrhagia prolifera	8.3	.....	.....	.....+..	.....	.....++	.....	.....	.....	.....
- Minuartia hybrida	5.6	..+	.....	.....0..	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Herniaria glabra	5.6	..+	.....	.....	.....	.....+	.....	.....	.....	.....
Petrorrhagia saxifraga	5.6	...	.....	.....+..	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Holosteum umbellatum	5.6	...	.....	.....+..	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Achillea nobilis	5.6	...	.....	.....	.....+..1	.....	.....	.....	.....	.....
Erysimum crepidifolium	2.8	...	.....	.....+..	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Poa compressa	2.8	...	.....	.....+..	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Allium senescens ssp. montanum	2.8	...	.....	.....	.....	.....+	.....	.....	.....	.....
Trifolium campestre	2.8	...	.....	.....	.....	.....+	.....	.....	.....	.....
Leontodon incanus	2.8	...	.....	.....	.....	.....+	.....	.....	.....	.....

**Säurezeiger**

- Agrostis capillaris	11.1	...	.....	.....+	.....	.....	.....	.....	.....	..+
- Polygala vulgaris	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+
- Galium pumilum	2.8	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Luzula campestris	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Antennaria dioica	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+

**Ruderalarten**

Convolvulus arvensis	5.6	...	..+	.....	.....+	.....	.....	.....	.....	.....
----------------------	-----	-----	-----	-------	--------	-------	-------	-------	-------	-------

**Gehölze (Baumschicht)**

Prunus spinosa	11.1	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	001.+
----------------	------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

**Gehölze (Strauchschicht)**

Berberis vulgaris	19.4	...	+	...0.0..	..+...+..	.....	.....	.....	.....	.....
Juniperus communis	16.7	...	.....	...0.....	..2.0...1	...01..	.....	.....	.....	.....
Pinus sylvestris	13.9	...	.....	.....	.....+	.....	..0..	.....	.....	..+
Prunus spinosa	11.1	...	.....	...0.....	..+.....	.....0..	.....	.....	.....	0..
Rosa sp.	5.6	...	.....	.....	.....	0..0..	.....	.....	.....	.....
- Pyrus communis	5.6	...	.....	.....	.....	0..0..	.....	.....	.....	.....
Crataegus sp.	5.6	...	.....	.....	.....	0.....	.....	.....	.....	0..
- Cotoneaster integerrimus	2.8	...	.....	...0.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Ulmus campestris	2.8	...	.....	.....	.....+	.....	.....	.....	.....	.....
Ligustrum vulgare	2.8	...	.....	.....	.....+	.....	.....	.....	.....	.....
Rhamnus catharticus	2.8	...	.....	.....	.....+	.....	.....	.....	.....	.....

**Gehölze (Krautschicht)**

Juniperus communis	27.8	+	+	...0..	..+...1..	..+...0	..0..	.....	.....	.....
Pinus sylvestris	16.7	...	+	.....	..+...+	.....	0.....	.....	.....	..+
Rhamnus saxatilis	5.6	...	++	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Prunus spinosa	5.6	...	.....	.....	1.....	.....	.....	.....	.....	..+
Rosa sp.	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+

**Kryptogamen**

Cladonia rangiformis/furcata	47.2	.1	+++11.1.+	..11111..	..+...+	..1.1	.....	.....	.....	.....
Cladonia pyxidata	36.1	.1	1+...+..	..+..1.1+	..+...+	..+..	.....	.....	.....	.....
Tortella tortuosa	33.3	2.2	1+...+1..	..1+...1	.....++	.....	.....	.....	.....	..+
Tortula intermedia + ruralis	16.7	..+	.....	...2.....	.....1+	..+..	.....	.....	.....	.....
Homalothecium lutescens	8.3	...	.....	.....	.....	.....2..	..+1	.....	.....	.....
- Tortella inclinata	5.6	...	..2.....	..2.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
(-)Cladonia cf. symphicarpa	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Ditrichum flexicaule	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Psora decipiens	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
(-)Tortula ruralis	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Rhacomitrium canescens	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Cladonia arbuscula	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+
Cladonia rangiformis	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+
- Funaria hygrometrica	2.8	...	.....	.....	.....	.....1..	.....	.....	.....	..+
Pleurozium schreberi	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+
- Rhytidiadelphus triquetrus	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..2..

**Sonstige Arten:**

Viola rupestris	11.1	...	+	...0..	.....	.....1..+	.....	.....	.....	.....
Bupthalmum salicifolium	8.3	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Carduus acanthoides	8.3	...	.....	.....	.....	.....	.....1..	.....	.....	..+
Polygala chamaebuxus	5.6	...	+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Leontodon hispidus ssp. danubialis	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Epipactis atrorubens	5.6	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Hornungia petraea	2.8	..+	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Biscutella laevigata agg.	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Orobanche sp.	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Daphne cneorum	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

- Dianthus gratianopolitanus	2.8	...	..+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Thlaspi perfoliatum	2.8	...	..+	.....	.....	.....	.....	.....	.....
- Minuartia fastigiata	2.8	...	.....	1..	.....	.....	.....	.....	.....
- Orchis ustulata	2.8	...	.....	+	.....	.....	.....	.....	.....
Veronica chamaedrys	2.8	...	.....	..+	.....	.....	.....	.....	.....
Taraxacum erythrospermum agg.	2.8	...	.....	..+	.....	.....	.....	.....	.....
- Veronica praecox	2.8	...	.....	..+	.....	.....	.....	.....	.....
- Trifolium dubium	2.8	...	.....	..+	.....	.....	.....	.....	.....
Stachys germanica	2.8	...	.....	..+	.....	.....	.....	.....	.....
- Poa badensis	2.8	...	.....	..+	.....	.....	.....	.....	.....
Melilotus alba	2.8	...	.....	..+	.....	.....	.....	.....	.....
- Geranium sanguineum	2.8	...	.....	..+	.....	.....	.....	.....	.....
Trifolium alpestre	2.8	...	.....	..+	.....	.....	.....	.....	.....
Chamaecytisus ratisbonensis	2.8	...	.....	...0..	.....	.....	.....	.....	.....
Melampyrum arvense	2.8	...	.....	.....	..+	.....	.....	.....	.....
- Orchis militaris	2.8	...	.....	.....	..+	.....	.....	.....	.....
- Campanula persicifolia	2.8	...	.....	.....	..+	.....	.....	.....	.....
Ranunculus acris	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	1..	.....
- Genista tinctoria	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	..+	.....
- Cirsium vulgare	2.8	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	...+
				878	7777778888	77777788	886888	88787	9999
AUFNAHMENUMMER				111	1000000011	10001000	211010	11201	0000
				988	2458134504	97621929	023811	65067	8751















**Tab. 8: Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI (Aufnahmezeitraum: 1968-70)**

**Anmerkungen:**

Mit - gekennzeichnete Arten kommen nur in den Erstaufnahmen vor, fehlen aber in den Wiederholungsaufnahmen.

**Tabellenkopf:**

- bedeutet, daß hierzu keine Daten vorliegen  
+ entspricht einer Deckung von < 1%

Außerhalb vorkommende Arten bleiben bei den Artenzahlen unberücksichtigt.

Die Angabe "< 10 % Deckung" bei Kryptogamen und *Carex*-Arten in einigen Feldaufnahmen von ZIELONKOWSKI wurde als 5% eingetragen (Deckungsangaben von 5% kommen sonst nicht vor).

Die Deckung der Leguminosen, die ZIELONKOWSKI bei 2. Aufnahmen getrennt von der der Kräuter angab, wurde zur Deckung der Kräuter hinzuaddiert.

**Tabelle:**

- a bedeutet: Deckungsgrad 2a
- b bedeutet: Deckungsgrad 2b
- m bedeutet: Deckungsgrad 2m
- 0 bedeutet: Vorkommen der Art außerhalb der Aufnahmefläche
- M bedeutet Kryptogamen

**Einheiten:**

- 1 Pulsatillo-Caricetum humilis
  - a seslerietosum
  - b typicum
- 2 Gentiano-Koelerietum, *Festuca sulcata*-Rasse
  - a caricetosum humilis
  - b typicum
  - α typische Variante
  - β Variante mit Säurezeigern
- 3 Brometalia-Fragmentgesellschaft

1		2				3	
a	b	a		b		α	β
111111	2112222222211	222222222	222222222	222222	222222	222222	2222
888888	079000001077	00000000	1	111121	222212	3110	
001010	1002102121201	100011010	10	000211	001011	1111	
961861	9615882734190	253463916140	892022	357401	6385		
WWWSSS	SSSSSWSSOOWWW	SSSWSSSSSSWW	OOWSSW	WSSOW	WOSW		
634133	1223222324222	313313	32422	22	232	111	32
000500	5005000005000	050550200005	502000	005500	5550		

Exposition

Neigung (°)

Aufnahmefläche (qm)	222 22	2222225424221	222225	22222	412522	21 2	1422
	055655	5505050050506	555550655555	055055	955956	5050	
Deckung gesamte Vegetation (%)	7 898	7 0899 7 99 9	9	9	0	97	
	0--055	-0-0055--0-50	0-----	-----5	--0---	--85	
Deckung Strauchschicht (%)	--0-0-	0000000-00000	00--0000000-	000000	000000	000000	0000
Deckung Süßgräser (%)	59 753	2217235986735	366473658693	897997	887999	7986	
	00-000	0000000000000	000000000000	000000	000000	000000	0000
Deckung Carex-Arten (%)	3 241	144 13111 132	2112 1211	1	000000	0500	
	0--000	000-00000-000	000050000---	50-5--	000000	0500	
Deckung Kräuter (außer Grasartige) (%)	43 644	5455443333354	655556363939	433224	334231	4422	
	00-000	0000000000000	000000000000	000050	000000	0000	
Deckung Kryptogamen (%)	3 1	242 11 1 11 1	4	1 2	1	2	
	05-505	000500-505500	-000-5--50--	0505-0	0000-5	0550	
Artenzahl Gefäßpflanzen (ohne Gehölze)	334343	4434343343345	443434343444	434344	334234	3323	
	871407	1663278732871	319871909023	830803	083161	9141	
Artenzahl Gehölze (alle Schichten)	410101	0000001202000	001100000001	000000	000010	0000	
Artenzahl Kryptogamen	111321	0101110011222	110001000100	110120	000022	0103	
							Stetigkeit (%)
<b>A 1</b>	48.9	111111	33211+++++2...	2..1.+..+1+..	+	.....	.....
	40.4	2++11+	1+.1+++++..	...+++.....+	.....	.....	.....
	4.3	1.....	..1.....	.....	.....	.....	.....
<b>d 1a (meist alpine Begleiter)</b>	12.8	353321	.....	.....	.....	.....	.....
	14.9	1231.1	.....	.....	.....	.....	.....
	17.0	1222.+	.....	.....	.....	.....	.....
	12.8	223.+	.....	.....	.....	.....	.....
	8.5	1..11.	.....	.....	.....	.....	.....
	6.4	11+.	.....	.....	.....	.....	.....
	2.1	1.....	.....	.....	.....	.....	.....
	2.1	2.....	.....	.....	.....	.....	.....
<b>A 2</b>	29.8	.....	.....	+++311++	.....	11.....	+11+..
	10.6	.....	.....	+++.....+	.....	.....	.....
<b>D 2</b>	29.8	.....	.....	++...+...+++	.....	.....	++...++
<b>d 2a</b>	63.8	211232	133++31+..232	3222122223++	.....	.....	.....



Aster linosyris	36.2	...331	...3+1+	...+	1.1..2+2	.....	.....2	..+..	..+..
Odontites lutea	36.2	..+..	++..11+	..+++	..+	.....+	.....	..+..	..+..
Centaurea scabiosa ssp. scabiosa	31.9	..11..	..+..	+++..1	.....	.....	.....3	.....	..+..
Koeleria cristata	31.9	..12.	..+1.	..+1.	.....	.....	.....21.	.....	..+..
Seseli annuum	29.7	.....	..+..	..+	.....	.....	.....22.	.....	..+..
Silene otites	27.7	..11+	..+1.	..+..	.....	.....	.....	.....	..+..
Stachys recta	25.5	..+..	..+..	..+2.1	.....	.....	.....	.....	..+..
Potentilla heptaphylla	23.4	.....	..+1	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Centaurea jacea ssp. angustifolia	21.3	.....	..1	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Trifolium montanum	21.3	.....	.....	..+1.	.....	.....	.....	.....	..+..
Polygala comosa	17.0	..+..	.....	..+	.....	.....	.....	.....	..+..
Thesium linophyllum	12.8	2.3.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Potentilla cinerea	10.6	.....	..2	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Thymus praecox ssp. praecox	4.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Allium oleraceum	4.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Linum tenuifolium	2.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Gentiana cruciata	2.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Veronica spicata	2.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Dichanthium ischaemum	2.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
<b>Bezeichnende Begleitarten</b>									
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys	72.3	1+12.	..1+21+	1211+	.....	.....	.....	.....	..+..
Medicago falcata	72.3	..1.	++11+	222+	.....	.....	.....	.....	..+..
Achillea millefolium ssp. millefolium	72.3	..+1.	..+1.	..+1+	.....	.....	.....	.....	..+..
Poa angustifolia	72.3	..+.	.....	12321.	.....	.....	.....	.....	..+..
Hypericum perforatum ssp. angustifolium	40.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Hieracium pilosella	40.4	.....	1+	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Campanula rotundifolia	25.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Cerastium arvense ssp. arvense	25.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Arenaria serpyllifolia	14.9	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
<b>Saumarten (Origanetalia)</b>									
Coronilla varia	48.9	..1.	..+2.	22.1.	.....	.....	.....	.....	..+..
Peucedanum oreoselinum	19.1	..1.	..1.	..2+	.....	.....	.....	.....	..+..
Fragaria viridis	17.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Agrimonia eupatoria	10.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Vincetoxicum hirundinaria	6.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Origanum vulgare	6.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Inula hirta	4.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Galium glaucum	4.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Peucedanum cervaria	4.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Tanacetum corymbosum	4.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Trifolium medium	4.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Falcaria vulgaris	4.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Trifolium alpestre	2.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Verbascum lychnitis	2.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Geranium sanguineum	2.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Silene nutans	2.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Viola hirta	2.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
<b>Fettwiesenarten (Arrhenatheretalia)</b>									
Leucanthemum vulgare agg.	17.0	1++	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Cerastium fontanum ssp. triviale	17.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Arrhenatherum elatius	10.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Prunella vulgaris	8.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..
Betonica officinalis	6.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	..+..

















**Tab. 10: Stetigkeitstabelle der Erstaufnahmen von GAUCKLER und der zugehörigen Wiederholungs-  
aufnahmen**

**Anmerkungen:**

Die Erstaufnahmen sind jeweils in der linken, die Wiederholungsaufnahmen in der rechten Spalte dargestellt. Die Reihenfolge und Bezeichnung der Einheiten und soziologischen Gruppen folgt derjenigen der Erstaufnahmen (Tab. 6).

In die Stetigkeitsberechnung gingen auch die Arten ein, die in den zugrundeliegenden Tabellen mit '0' markiert sind ("Vorkommen außerhalb der eigentlichen Aufnahmeflächen, siehe dazu Kap. 2.2.2.1).

Die Reihenfolge der Arten innerhalb der soziologischen Gruppen folgt ebenfalls der in Tab. 6, in den Wiederholungsaufnahmen neu vorkommende Arten wurden bei den jeweiligen Gruppen ans Ende gestellt. Die "Sonstigen Arten" sind der Übersichtlichkeit halber alphabetisch sortiert.

**Einheiten:**

- 1 Brometalia-Fragmentgesellschaft
- 2 Pulsatillo-Caricetum typicum
- 3 Gentiano-Koelerietum, *Festuca sulcata*-Rasse
  - a caricetosum humilis
  - b typicum
    - α Variante mit *Potentilla cinerea*
    - β typische Variante
    - γ Variante mit *Leontodon hispidus*

Einheit Nr.	1		2		3a		3bα		3bβ		3bγ	
<b>Anzahl der Aufnahmen</b>	3	7	10	33	8	25	6	18	5	13	4	10
<b>Mittlere Feuchtezahlen</b>	3,0	3,7	3,0	3,3	3,1	3,3	3,1	3,5	3,4	3,7	3,7	3,7
<b>Mittlere Stickstoffzahlen</b>	2,1	3,1	2,2	2,7	2,4	2,7	2,2	2,7	2,6	3,2	2,8	3,1
<b>A 2, zugleich d 3a</b>												
Teucrium montanum	.	.	90	64	75	76	.	.	.	.	.	.
Globularia punctata	.	.	90	55	63	44	17	6	.	.	.	.
Fumana procumbens	.	.	30	9	38	12	.	.	.	.	.	.
<b>A 3</b>												
Cirsium acaule	.	57	.	33	100	52	17	39	60	62	100	70
Gentianella ciliata	.	14	.	.	13	.	17	.	.	.	75	.
Gentianella germanica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	75	.
<b>D 3</b>												
Ranunculus bulbosus	.	14	.	6	50	.	33	.	60	31	75	20
Euphrasia stricta	.	.	10	24	38	8	50	6	20	8	75	10
<b>d 3a</b>												
Carex humilis	67	14	50	58	63	80	.	6	.	.	.	.
Anthericum ramosum	33	29	50	18	63	20	.	6	.	.	25	.
Dichanthium ischaemum	.	.	50	3	50	24	.	.	.	.	.	.
<b>d 3bα</b>												
Potentilla cinerea	67	.	60	6	75	12	100	28	.	.	.	.
Potentilla pusilla	.	14	.	18	.	40	.	44	.	.	.	10
Artemisia campestris	100	.	90	18	75	20	100	28	.	15	.	.
Teucrium chamaedrys	.	.	80	73	63	80	67	22	.	15	.	10
<b>d 3bγ</b>												
Leontodon hispidus ssp. hispidus	.	57	.	9	.	16	.	28	.	38	100	30
Hypnum cupressiforme s. lat.	.	.	.	.	13	.	.	.	.	.	75	.
Trifolium pratense ssp. pratense	.	29	.	15	.	4	.	28	.	62	50	50
<b>Δ</b>												
Festuca rupicola	67	100	90	76	75	88	50	72	100	100	25	70
<b>V Mesobromion</b>												
Ononis spinosa agg.	.	43	40	3	50	40	33	33	80	62	100	60
Erigeron acer ssp. acer	33	.	20	9	13	12	17	6	40	23	.	.
Primula veris ssp. veris	.	.	.	3	.	.	17	11	20	23	.	10
Carlina vulgaris ssp. vulgaris	.	.	20	23	25	.	.	.	.	.	.	.
Euphorbia brittingeri	.	.	10	9	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>DV Mesophile Begleiter</b>												
Lotus corniculatus	.	57	70	45	75	60	100	78	80	54	100	100
Plantago media	.	71	20	73	63	56	33	89	80	77	100	100
Briza media	33	71	40	33	25	48	33	50	40	31	100	70
Linum catharticum	.	57	40	42	50	64	17	33	40	46	100	50
Plantago lanceolata	.	57	10	48	25	36	67	72	40	77	50	100
Carlina acaulis ssp. simplex	.	.	40	21	25	8	17	17	20	15	50	30
Medicago lupulina	.	29	20	39	25	20	17	33	.	38	50	40
Leucanthemum vulgare agg.	.	.	10	12	13	4	.	6	20	15	50	10
Coronilla varia	.	.	20	39	25	56	17	33	.	23	.	50
Carex flacca	.	57	.	9	13	12	.	22	.	23	50	20
Daucus carota	.	43	.	6	.	8	.	17	40	31	25	60
Knautia arvensis	.	43	.	21	.	20	.	33	20	62	50	60
Dactylis glomerata	.	29	.	15	.	12	.	33	.	69	.	90
Taraxacum officinale agg.	.	14	.	33	.	52	.	28	.	38	.	10
Arrhenatherum elatius	.	43	.	12	.	8	.	28	.	92	.	40
Tragopogon orientalis	.	57	.	9	.	4	.	6	.	.	.	10
Veronica chamaedrys	.	.	.	3	13	4	.	17	.	8	.	.
Helictotrichon pubescens	.	29	.	12	.	4	17	6	.	.	.	.
Senecio jacobaea	.	.	.	6	.	16	.	11	.	46	.	20

<b>O Brometalia</b>												
Helianthemum numm. obscurum	100	43	90	61	100	88	100	83	100	31	50	70
Potentilla tabernaemontani	100	29	90	55	75	52	100	61	100	92	75	50
Pulsatilla vulgaris agg.	67	.	90	48	88	48	100	33	80	8	50	.
Scabiosa columbaria	100	57	60	52	88	68	83	67	80	85	100	40
Dianthus carthusianorum	.	86	80	58	75	68	100	78	80	31	50	60
Hippocrepis comosa	.	14	90	52	88	80	83	28	60	38	50	10
Koeleria pyramidata	67	86	40	55	38	64	83	72	80	38	100	70
Carex caryophylla	33	14	60	70	63	40	67	50	20	31	75	10
Bromus erectus	33	.	60	76	75	80	.	33	40	92	50	100
Arabis hirsuta	.	.	50	30	.	8	33	.	.	31	.	10
<b>K Festuco-Brometalia</b>												
Euphorbia cyparissias	100	86	100	91	100	92	100	100	100	100	100	80
Abietinella abietina	100	71	100	88	100	80	83	78	60	69	100	40
Sanguisorba minor	67	71	80	82	88	96	100	83	100	85	25	60
Brachypodium pinnatum	33	86	80	76	88	100	67	61	100	69	100	90
Phleum phleoides	67	14	90	45	75	56	100	56	60	23	50	20
Rhytidium rugosum	33	29	80	73	75	76	50	39	100	38	75	30
Asperula cynanchica	100	29	60	73	75	80	50	50	100	.	50	50
Galium verum ssp. verum	.	86	60	70	88	76	67	72	100	77	75	40
Pimpinella saxifraga	.	86	70	73	88	92	67	72	60	38	100	70
Salvia pratensis	.	29	70	67	88	84	33	28	80	69	50	50
Festuca "duriuscula"	.	.	50	15	75	12	83	33	40	15	75	.
Helictotrichon pratense	100	86	70	18	38	24	33	22	40	.	50	30
Anthyllis vulneraria	.	14	60	27	50	32	50	33	60	23	50	10
Prunella grandiflora	.	.	60	42	88	72	17	11	20	23	75	60
Potentilla x subcinerea	67	.	50	6	25	.	17	6	20	.	.	.
Koeleria cristata	.	.	50	21	38	12	33	.	.	.	.	.
Silene otites	.	.	50	.	38	.	33	.	.	.	.	10
Centaurea jacea ssp. angustifolia	86	.	10	9	50	28	.	22	60	85	50	50
Stachys recta	.	.	40	21	25	16	33	17	.	.	.	10
Centaurea scabiosa ssp. scabiosa	29	.	30	36	38	8	.	39	20	62	25	30
Seseli annuum	.	.	10	9	25	48	33	28	20	23	50	.
Centaurea rhenana ssp. rhenana	.	.	30	6	38	12	33	6	.	.	.	20
Thymus praecox ssp. praecox	.	.	30	15	50	60	.	6	.	.	.	.
Polygala comosa	14	.	20	15	25	20	17	.	40	8	.	20
Odontites lutea	.	.	10	6	50	32	.	.	.	.	25	.
Potentilla heptaphylla	43	.	30	42	25	68	.	6	.	8	.	30
Aster linosyris	.	.	40	6	.	12	.	.	.	.	.	.
Veronica spicata	.	.	30	3	.	.	.	.	.	.	.	.
Pleurochaete squarrosa	.	.	10	.	25	.	.	.	.	.	.	.
Thesium linophyllum	.	.	20	18	13	12	.	.	.	.	.	10
Linum tenuifolium	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium montanum	.	.	.	.	.	.	17	17	20	8	25	10
Campanula glomerata	.	.	.	.	.	.	.	.	25	10	.	.
<b>Bezeichnende Begleitarten</b>												
Thymus puleg. ssp. chamaedrys	100	71	90	82	88	40	100	67	100	85	100	50
Hieracium pilosella	100	29	70	48	100	44	100	50	100	31	100	60
Medicago falcata	.	43	60	55	50	64	67	50	60	46	50	20
Campanula rotundifolia	.	71	70	42	63	32	33	28	.	23	75	40
Achillea millefolium ssp. mill.	.	100	20	64	75	84	50	67	60	100	75	100
Cerastium arvense ssp. arvense	33	.	30	45	38	44	67	28	40	31	50	30
Poa angustifolia	.	86	50	48	50	52	67	67	40	77	.	80
Arenaria serpyllifolia	67	14	40	15	25	20	33	22	20	31	.	30
Hypericum perforatum ssp. ang.	33	43	20	48	25	48	33	17	40	69	.	10
<b>Saumarten (Origanetalia)</b>												
Fragaria viridis	.	.	30	21	50	68	17	28	20	46	.	.
Veronica austriaca ssp. teucrium	57	.	.	9	13	8	17	28	60	69	50	20
Bupleurum falcatum	.	43	.	9	25	12	.	.	40	31	50	10
Aster amellus	.	.	20	.	.	4	33	.	20	15	.	.
Silene nutans	33	.	.	3	13	.	.	22	20	31	.	.
Peucedanum oreoselinum	.	.	20	9	.	.	17	17	.	.	.	.
Inula hirta	.	.	20	15	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium glaucum	.	.	10	.	.	.	17	17	.	.	.	.
Veronica austriaca ssp. dentata	.	.	10	.	13	.	.	.	.	.	.	.
Tanacetum corymbosum	.	.	.	.	13	.	17	.	.	15	.	.
Verbascum lychnitis	.	.	.	15	.	16	17	6	20	8	.	.
Peucedanum cervaria	.	.	.	.	.	8	.	.	40	23	.	.
Origanum vulgare	.	14	.	6	.	.	17	17	.	54	.	10
Agrimonia eupatoria	.	57	.	9	.	24	.	11	.	54	25	50
Viola hirta	.	100	.	15	.	16	.	22	.	69	.	.
Inula conyza	.	.	.	9	.	20	.	.	.	8	.	.
Trifolium medium	.	14	.	.	.	8	.	28	.	.	.	10
Thalictrum minus ssp. saxatile	.	.	.	15	.	4	.	.	.	.	.	.
Clinopodium vulgare	.	29	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium alpestre	.	.	.	3	.	.	17	.	.	.	.	.
Thesium bavarum	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.
Geranium sanguineum	.	.	.	.	.	.	17	.	.	.	.	.
<b>Fettwiesenarten (Arrhenateretalia)</b>												
Prunella vulgaris	.	.	.	.	.	4	.	.	.	15	50	.
Betonica officinalis	.	.	.	.	13	8	.	.	.	8	.	.
Trifolium repens	.	.	.	3	.	.	.	17	.	8	25	30
Galium album ssp. album	.	.	.	3	.	.	.	.	.	23	.	10
Heracleum sphondylium	.	29	.	3	.	.	.	.	.	8	.	10
Festuca pratensis	.	.	.	3	.	.	.	.	.	15	.	.

Trisetum flavescens	.	.	.	6	.	.	.	11	.	23	.	30
Lolium perenne	.	.	.	.	.	.	.	11	.	.	.	20
Cerastium fontanum ssp. triviale	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	20
Silaum silaus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.
Rumex obtusifolius	.	.	.	.	.	.	.	.	.	15	.	.
Poa pratensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	75	.
Lathyrus pratensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	15	.	.
Leontodon autumnalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.
Cynosurus cristatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	.	.
<b>Lückenzeiger (Sedo-Scleranthetea)</b>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sedum acre	67	14	60	6	25	4	83	22	40	15	.	20
Sedum sexangulare	.	29	40	21	63	36	17	28	60	31	.	20
Acinos arvensis	67	14	20	9	13	20	67	28	.	8	.	10
Erophila verna agg.	67	.	30	.	25	.	17	.	.	.	.	.
Silene vulgaris	33	14	10	9	13	20	67	56	.	31	25	40
Sesleria albicans ssp. albicans	100	.	20	18	.	24	.	.	.	.	.	.
Alyssum alyssoides	33	.	30	.	.	.	17	.	.	.	.	.
Sedum album	.	.	30	18	.	.	33	6	.	.	.	.
Medicago minima	.	.	20	6	.	8	50	6	.	.	.	.
Helichrysum arenarium	.	.	10	.	13	.	50	.	.	.	.	.
Cerastium semidecandrum	33	.	10	.	13	.	.	.	.	.	25	.
Erysimum odoratum	33	.	10	.	13	8	17	.	.	.	.	.
Echium vulgare	.	14	10	27	38	40	.	11	.	.	.	.
Viola rupestris	.	.	20	.	.	.	33	6	.	.	.	.
Alyssum montanum ssp. montanum	.	.	10	9	25	8	17	.	.	.	.	.
Festuca pallens ssp. pallens	33	.	20	3	.	.	.	.	.	.	.	.
Saxifraga tridactylites	33	.	10	.	13	.	.	.	.	.	.	.
Minuartia verna	.	.	20	.	.	.	17	.	.	.	.	.
Petrohragia prolifera	.	.	10	.	.	.	33	.	.	.	.	.
Minuartia hybrida	33	.	.	.	13	.	.	.	.	.	.	.
Herniaria glabra	33	.	.	.	.	.	17	.	.	.	.	.
Petrohragia saxifraga	.	.	10	3	13	8	.	.	.	.	.	.
Holosteum umbellatum	.	.	10	.	13	.	.	.	.	.	.	.
Erysimum crepidifolium	.	.	10	6	.	.	.	.	.	8	.	.
Taraxacum erythrospermum agg.	.	.	.	3	13	.	.	.	.	.	.	.
<b>Säurezeiger</b>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Agrostis capillaris	.	.	10	.	.	.	11	20	23	50	.	.
Galium pumilum	33	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20	.
Luzula campestris	.	.	3	.	.	.	17	6	.	.	20	.
<b>Ruderalarten</b>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Convolvulus arvensis	.	.	10	6	13	8	.	.	.	.	.	.
Agrostis stolonifera s.str.	14	.	6	.	12	.	17	.	.	.	.	.
<b>Gehölze (Baumschicht)</b>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Prunus spinosa	.	.	.	.	.	.	.	.	80	.	.	.
<b>Gehölze (Strauchschicht)</b>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pinus sylvestris	.	.	.	.	13	.	33	.	20	.	25	20
Juniperus communis	29	10	.	38	4	33	.	.	.	.	.	.
Prunus spinosa	.	10	.	13	.	17	.	.	.	.	25	.
Pyrus communis	.	.	.	.	.	33	.	.	.	.	.	.
Quercus robur	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
Rosa sp.	.	.	.	.	.	.	33	.	.	.	.	.
Crataegus monogyna	14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Berberis vulgaris	.	30	.	50	.	.	.	.	.	.	.	.
Rhamnus catharticus	.	.	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.
Ligustrum vulgare	.	.	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.
Ulmus campestris	.	.	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.
Cotoneaster integerrimus	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Gehölze (Krautschicht)</b>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pinus sylvestris	29	10	24	38	44	.	11	20	8	25	20	.
Juniperus communis	33	14	30	21	38	32	33	.	20	.	.	10
Prunus spinosa	.	57	.	18	13	24	.	22	.	23	25	.
Quercus robur	.	29	.	18	.	24	.	17	.	.	.	20
Rosa sp.	.	14	.	9	13	16	.	.	20	15	.	.
Crataegus monogyna	.	.	3	.	8	.	6	.	.	.	.	.
Berberis vulgaris	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rhamnus catharticus	.	.	3	.	8	.	17	.	.	.	.	.
Ligustrum vulgare	.	.	6	.	8	.	.	.	.	.	.	.
Rhamnus saxatilis	.	20	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Prunus mahaleb	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Corylus avellana	.	.	9	.	.	.	.	.	.	8	.	.
Cornus sanguinea	.	.	9	.	4	.	11	.	23	.	.	.
Acer campestre	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	10
Acer pseudoplatanus	14	.	9	.	4	.	.	.	.	.	.	20
Fagus sylvatica	14	.	.	.	4	.	17	.	.	.	.	10
Fraxinus excelsior	.	.	.	.	16	.	.	.	.	.	.	10
Viburnum lantana	14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
Betula pendula	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.
Populus sp.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.
Rosa elliptica	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cotoneaster tomentosus	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carpinus betulus	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.
Sorbus aria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
Acer platanoides	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.
Larix decidua	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
Picea abies	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20

**Kryptogamen**

Cladonia rangiformis/furcata	33	70	63	33	40		
Cladonia furcata ssp. subrang.		33	20	22			10
Cladonia pyxidata	33	50 15	50 8	33 6	20		
Tortella tortuosa	67	40 27	38 28	33 11		25	10
Tortula intermedia + ruralis	33	10		33	40	8	
Homalothecium lutescens	57	21	20	17	20	23	50 60
Tortella inclinata		10	13				
Cladonia cf. symphicarpa		10	13				
Ditrichum flexicaule		10 12	13				
Psora decipiens		10	13				
Tortula ruralis		10	13				
Rhacomitrium canescens			13	17			
Cladonia arbuscula			13				25
Cladonia rangiformis		12	8		8	50	
Funaria hygrometrica				17			
Pleurozium schreberi		6	12	28	20	8	20
Rhytidiadelphus triquetrus						25	
Hypnum lacunosum	43	73	76	61	77	50	
Acrocarpi div. sp.	14	33	36	22	15	20	
Plagiomnium affine	57	6	12	39	31	30	
Scleropodium purum	57	18	8	11	46	20	
Entodon concinnus	29	18	20	11	8	20	
Fissidens taxifolius		24	16	6	15	20	
Campyllum chrysophyllum		24	12		15	30	
Hylocomium splendens	43	12	8	11		20	
Peltigera rufescens	14	6	8	6		10	
Rhytidiadelphus squarrosus	43				15		
Brachythecium rutabulum			4	11	15		
Cladonia ciliata			12			10	
Lophocolea bidentata	29			6			
Ctenidium molluscum		6					
Rhodobryum roseum					15		
Cladonia chlorophaea-Gruppe			4				
Cladonia portentosa						10	
Cladonia sp.	14	15	20	11			
Pilz sp.		6	4	11		20	

**Sonstige Arten:**

Achillea nobilis			25				
Ajuga genevensis		3					
Allium oleraceum	29	6	4		15		
Allium senescens ssp. montanum			4	17	6		
Anemone sylvestris			33				
Antennaria dioica					25		
Anthoxanthum odoratum			6				
Artemisia vulgaris				8			
Asperula tinctoria	14	6					
Astragalus glycyphyllos	29				8		
Biscutella laevigata		10					
Bromus hordeaceus ssp. hordeaceus			6	8	10		
Bromus inermis		3					
Buphthalmum salicifolium		10 12	25 16	28		20	
Campanula persicifolia				20			
Carduus acanthoides			13 4		20 15	25 10	
Carduus defloratus		12					
Carduus nutans agg.				8			
Carex montana	14			17	8	10	
Carum carvi						10	
Centaurea jacea agg.						25 10	
Chamaecytisus ratisbonensis				17 17			
Chamaecytisus supinus		3					
Chamaespartium sagittale				17			
Cichorium intybus	14		4				
Cirsium arvense	14		4				
Cirsium vulgare						25	
Crepis biennis	14						
Daphne cneorum		10 9					
Dianthus gratianopolitanus		10					
Epipactis atrorubens				33			
Euphorbia exigua					8		
Fallopia convolvulus			4				
Festuca arundinacea					8		
Genista tinctoria						25	
Gentiana cruciata				17	8	25	
Hieracium murorum		3	4	6			10
Hornungia petraea	33						
Laserpitium latifolium		3					
Leontodon hisp. ssp. danubialis			13		20		
Leontodon incanus		9		17 11			
Linaria vulgaris			4		8		
Melampyrum arvense				11	20	30	
Melilotus alba				17	15	10	
Minuartia fastigiata		10					
Muscari comosum		3		11			
Onobrychis viciifolia				17 17	40 23	25 20	

Orchis militaris	.	.	.	.	.	.	.
Orchis ustulata	.	10	.	.	.	20	.
Orobancha sp.	.	10	3	.	.	.	.
Papaver dubium ssp. lecoquii	.	.	3	.	.	.	.
Pastinaca sativa	.	.	3	8	.	.	.
Phleum pratense ssp. pratense	14	.	.	.	.	.	.
Picris hieracioides	.	.	6	.	.	.	.
Poa badensis	.	.	.	.	17	.	.
Poa compressa	.	10	6	.	.	17	.
Polygala vulgaris	.	.	.	.	.	20	25
Polygala chamaebuxus	.	10	15	13	12	.	.
Potentilla x boetzkessii	.	.	.	.	.	.	10
Potentilla x castriferrei	.	.	.	.	17	.	.
Potentilla cf. thuringiaca	.	.	.	8	.	.	.
Potentilla x subacauli-opaca	.	.	.	4	.	.	.
Prunella laciniata	.	.	3	.	.	.	.
Ranunculus acris	.	.	.	.	.	8	25
Rhinanthus angustifolius ssp. ang.	29	.	3	.	44	15	20
Rhinanthus minor	14	.	.	.	.	.	.
Rubus fruticosus agg.	.	.	3	.	.	8	.
Senecio erucifolius	.	.	.	.	.	31	25
Seseli libanotis	.	.	.	.	6	.	.
Solidago virgaurea ssp. virgaurea	.	.	.	.	.	23	25
Stachys germanica	.	.	13	4	.	.	.
Thlaspi montanum	.	.	6	.	.	.	.
Thlaspi perfoliatum	.	10	.	.	.	.	.
Torilis arvensis	14	.	.	.	.	.	.
Trifolium campestre	.	.	.	.	17	22	15
Trifolium dubium	.	.	13	.	.	.	10
Urtica dioica	.	.	.	.	.	15	.
Veronica agrestis	.	.	3	.	.	.	.
Veronica praecox	.	.	13	.	.	.	.
Vicia hirsuta	.	.	.	.	11	.	.
Vicia sativa ssp. nigra	.	.	.	.	6	15	.
Viola sp.	.	.	.	4	.	.	.

Einheit Nr.	1	2	3a	3b $\alpha$	3b $\beta$	3b $\gamma$
-------------	---	---	----	-------------	------------	-------------

**Tab. 11: Stetigkeitstabelle der Erstaufnahmen von ZIELONKOWSKI und der zugehörigen Wiederholungsaufnahmen**

**Anmerkungen:**

Die Erstaufnahmen sind jeweils in der linken, die Wiederholungsaufnahmen in der rechten Spalte dargestellt. Die Reihenfolge und Bezeichnung der Einheiten und soziologischen Gruppen folgt derjenigen der Erstaufnahmen (Tab. 8).  
 In die Stetigkeitsberechnung gingen auch die Arten ein, die in den zugrundeliegenden Tabellen mit '0' markiert sind ("Vorkommen außerhalb der eigentlichen Aufnahmeflächen", siehe dazu Kap. 2.2.2.1).  
 Die Reihenfolge der Arten innerhalb der soziologischen Gruppen folgt ebenfalls der in Tab. 8, in den Wiederholungsaufnahmen neu vorkommende Arten wurden bei den jeweiligen Gruppen ans Ende gestellt.  
 Die "Sonstigen Arten" sind der Übersichtlichkeit halber alphabetisch sortiert.

**Einheiten:**

- 1 Pulsatillo-Caricetum humilis
  - a seslerietosum
  - b typicum
- 2 Gentiano-Koelerietum, *Festuca sulcata*-Rasse
  - a caricetosum humilis
  - b typicum
    - α typische Variante
    - β Variante mit Säurezeigern
- 3 Brometalia-Fragmentgesellschaft

Einheit:	1 a		1 b		2a		2bα		2bβ		3	
<b>Anzahl der Aufnahmen</b>	6	15	13	42	12	34	6	14	6	9	4	7
<b>Mittlere Feuchtezahl</b>	3,1	3,1	3,1	3,1	3,3	3,3	3,5	3,6	3,6	3,7	3,5	3,5
<b>Mittlere Stickstoffzahl</b>	2,4	2,5	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	3,1	2,8	3,1	3,1	3,1
<b>A 1</b>												
Teucrium montanum	100	87	77	81	50	44	17	7	.	.	.	.
Globularia punctata	100	67	69	64	33	24	.	7	.	.	.	.
Fumana procumbens	17	7	8	7	.	3	.	.	.	.	.	.
<b>d 1a (meist dealpine Begleiter)</b>												
Sesleria albicans ssp. albicans	100	73	.	2	.	12	.	.	.	.	.	.
Buphthalmum salicifolium	83	47	8	7	8	18	.	.	.	.	.	.
Anthericum ramosum	83	67	8	21	17	12	.	7	.	.	.	.
Polygala chamaebuxus	67	27	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Leontodon incanus	50	40	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Thlaspi montanum	50	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carduus defloratus	17	27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Daphne cneorum	17	20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>A 2</b>												
Cirsium acaule	.	13	.	17	67	24	33	14	67	22	.	.
Gentianella ciliata	.	.	.	.	33	.	.	.	17	.	.	.
Gentianella germanica	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>D 2</b>												
Ranunculus bulbosus	.	.	.	2	58	6	50	14	67	.	.	.
<b>d 2a</b>												
Carex humilis	100	100	85	88	100	85	.	.	.	11	25	29
<b>d 2bβ</b>												
Festuca nigrescens ssp. nigr.	.	.	.	.	8	.	.	7	83	.	.	.
Luzula campestris	.	.	8	5	8	3	.	.	83	11	.	.
Agrostis capillaris	.	.	.	.	8	.	.	.	50	.	25	.
Danthonia decumbens	.	.	.	.	.	3	.	.	50	22	.	.
<b>Δ</b>												
Festuca rupicola	83	67	85	81	100	82	100	100	83	100	100	100
<b>V Mesobromion</b>												
Euphrasia stricta	33	7	62	10	67	3	83	.	50	.	.	.
Euphorbia brittingeri	33	40	15	17	33	29	33	21	.	11	50	14
Ononis spinosa agg.	.	13	8	7	17	15	.	21	17	.	.	.
Onobrychis viciifolia	.	.	.	.	8	.	17	.	.	.	.	.
Primula veris ssp. veris	.	.	.	.	8	.	.	.	.	11	.	.
Carlina vulgaris ssp. vulgaris	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.
Erigeron acer ssp. acer	.	7	.	2	.	12	.	.	.	.	.	.
<b>DV Mesophile Begleiter</b>												
Lotus corniculatus	17	40	85	50	75	38	83	64	67	44	.	29
Plantago media	17	47	54	26	83	53	83	57	33	44	50	43
Plantago lanceolata	17	13	38	24	67	47	100	50	83	22	50	29
Briza media	67	27	38	31	58	35	67	21	100	33	.	.
Linum catharticum	50	20	46	17	67	44	67	36	67	33	25	.
Medicago lupulina	.	13	31	17	42	15	67	21	50	11	75	29
Knautia arvensis	.	13	15	5	25	29	67	43	83	44	25	14
Carlina acaulis ssp. simplex	33	33	23	7	33	12	17	.	50	11	.	.
Leontodon hispidus ssp. hispidus	17	.	8	2	17	9	17	21	67	.	.	.
Dactylis glomerata	.	13	.	10	25	29	50	50	17	56	25	14
Veronica chamaedrys	50	.	.	5	.	3	33	21	33	11	.	.
Daucus carota	.	.	8	.	.	12	.	14	17	.	50	.

**O Brometalia**

Helianthemum numm. ssp. obscurum	100	87	85	90	92	68	83	64	83	44	25	29
Koeleria pyramidata	33	73	100	71	92	56	83	71	67	67	25	43
Potentilla tabernaemontani	67	33	77	48	75	53	67	36	50	.	100	57
Dianthus carthusianorum	67	47	92	55	75	56	83	50	17	33	50	43
Pulsatilla vulgaris agg.	100	93	69	62	92	53	50	36	33	.	.	29
Hippocrepis comosa	100	93	62	71	75	50	50	43	50	33	50	.
Carex caryophyllea	67	27	92	67	67	35	83	29	.	22	25	29
Bromus erectus	67	67	92	86	25	41	83	86	17	67	100	100
Scabiosa columbaria	67	67	69	43	50	24	50	21	33	11	.	.
Arabis hirsuta	50	33	31	26	33	29	33	7	17	.	.	.

**K Festuco-Brometalia**

Euphorbia cyparissias	100	100	85	88	100	82	83	71	50	89	75	29	
Galium verum ssp. verum	33	40	92	90	92	79	83	100	100	100	100	100	
Asperula cynanchica	100	93	92	88	100	82	67	50	33	.	50	43	
Sanguisorba minor	67	53	100	69	92	82	67	64	67	44	50	86	
Brachypodium pinnatum	50	67	69	57	100	91	67	86	100	100	75	43	
Phleum phleoides	33	67	92	38	92	76	100	64	83	22	25	29	
Salvia pratensis	50	87	69	69	75	71	100	93	83	33	100	57	
Teucrium chamaedrys	100	93	77	83	83	91	50	79	67	89	50	43	
Rhytidium rugosum	M	100	87	100	86	67	68	83	43	.	25	.	
Helictotrichon pratense	33	20	62	24	83	62	33	43	83	67	25	.	
Abietinella abietina	M	33	80	69	79	58	79	83	79	33	56	50	100
Pimpinella saxifraga	33	80	46	40	67	62	50	36	67	89	75	29	
Prunella grandiflora	50	53	62	57	75	47	17	29	50	33	25	.	
Anthyllis vulneraria	67	27	62	60	50	24	50	7	50	.	.	.	
Centaurea rhenana ssp. rhenana	17	27	69	43	42	29	17	14	.	.	50	43	
Aster linosyris	50	67	38	38	42	38	17	7	33	44	25	14	
Odontites lutea	17	13	69	10	17	24	17	.	50	22	25	14	
Centaurea scabiosa ssp. scabiosa	50	47	46	43	25	18	17	14	.	11	50	14	
Koeleria cristata	33	20	46	19	25	15	33	7	17	.	25	.	
Seseli annuum	.	7	31	12	42	29	33	29	50	44	.	.	
Silene otites	50	33	62	33	.	3	33	7	.	.	.	.	
Stachys recta	33	33	38	19	25	15	17	21	.	11	25	14	
Potentilla heptaphylla	.	40	31	19	8	29	67	50	33	11	.	29	
Centaurea jacea ssp. angustifolia	13	.	8	7	33	21	67	36	17	78	.	14	
Trifolium montanum	.	.	.	.	33	3	33	.	67	.	.	.	
Polygala comosa	17	13	23	21	25	21	17	29	.	.	.	.	
Thesium linophyllum	33	27	8	19	8	.	17	7	.	.	25	.	
Potentilla cinerea	17	20	8	19	25	29	.	7	.	.	.	.	
Thymus praecox ssp. praecox	17	27	.	67	8	44	.	29	.	.	.	.	
Allium oleraceum	.	7	8	2	.	.	.	14	17	.	.	29	
Linum tenuifolium	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Gentiana cruciata	.	.	.	.	8	3	.	.	.	.	.	.	
Veronica spicata	.	13	.	2	.	.	17	7	.	.	.	.	
Dichanthium ischaemum	.	13	8	.	.	15	.	.	.	.	.	.	
Campanula glomerata	.	7	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	
Potentilla x subcinerea	.	.	.	2	.	6	.	.	.	.	.	.	

**Bezeichnende Begleitarten**

Thymus puleg. ssp. chamaedrys	67	47	77	19	67	38	100	29	50	56	75	71
Medicago falcata	17	33	77	45	100	71	83	64	67	44	50	29
Achillea millefolium ssp. mill.	33	47	69	64	83	65	100	93	67	100	75	86
Poa angustifolia	17	27	46	33	92	74	100	93	100	89	100	57
Hypericum perforatum ssp. ang.	.	20	54	17	42	21	50	50	17	.	100	.
Hieracium pilosella	33	40	38	60	50	38	50	21	33	.	25	57
Campanula rotundifolia	67	33	31	26	8	21	50	14	.	44	.	14
Cerastium arvense ssp. arvense	17	33	31	21	8	24	67	14	17	.	25	14
Arenaria serpyllifolia	.	20	31	24	.	6	.	14	17	11	50	29

**Saumarten (Origanetalia)**

Coronilla varia	17	27	46	31	75	62	50	93	.	11	100	100
Peucedanum oreoselinum	33	40	46	60	.	12	17	29	.	11	.	29
Fragaria viridis	.	20	8	12	33	56	.	14	33	22	25	14
Agrimonia eupatoria	.	.	8	5	17	24	.	14	17	78	25	.
Vincetoxicum hirundinaria	33	20	8	.	.	3	.	.	.	11	.	.
Origanum vulgare	17	.	8	5	.	6	.	.	.	.	25	29
Inula hirta	33	33	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium glaucum	33	13	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.
Peucedanum cervaria	17	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.
Tanacetum corymbosum	.	.	.	.	8	.	14	.	17	11	.	29
Trifolium medium	.	.	.	.	8	12	17	.	.	22	.	.
Falcaria vulgaris	.	.	.	2	.	.	.	7	.	.	50	.
Trifolium alpestre	.	7	8	7	.	.	.	14	.	.	.	14
Verbascum lychnitis	.	13	8	5	.	9	.	14	.	.	.	.
Geranium sanguineum	.	20	.	.	8	9	.	29	.	.	.	.
Silene nutans	.	7	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.
Viola hirta	.	.	.	.	8	15	.	7	.	.	.	.
Inula conyza	.	.	.	.	.	18	.	.	.	.	.	.
Campanula persicifolia	.	.	.	.	.	3	.	7	.	33	.	.
Thalictrum minus ssp. saxatile	.	27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Veronica austriaca ssp. teucrium	.	7	.	.	.	3	.	14	.	.	.	.
Galium valdepiosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	44	.	.
Bupleurum falcatum	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.	.
Seseli libanotis	.	.	.	.	.	6	.	7	.	.	.	.
Laserpitium latifolium	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Thesium bavarum	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Clematis recta	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Aster amellus	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.
<b>Fettwiesenarten (Arrhenatheretalia)</b>											
Leucanthemum vulgare agg.	50	27	8	.	8	6	17	.	33	.	.
Cerastium fontanum ssp. triviale	.	.	.	.	8	3	50	.	33	.	50 29
Arrhenatherum elatius	.	7	.	7	8	21	17	71	17	56	50 43
Prunella vulgaris	17	.	8	.	.	12	33	.	.	.	.
Betonica officinalis	17	.	8	2	.	6	.	21	17	11	14
Trifolium repens	.	7	.	.	.	.	17	.	33	.	.
Festuca pratensis	.	.	.	.	.	.	17	7	17	.	25
Trifolium pratense ssp. pratense	.	7	.	2	8	6	.	7	.	.	.
Senecio jacobaea	.	.	.	.	8	3	.	.	.	.	.
Helictotrichon pubescens	.	.	.	14	8	6	.	36	.	56	.
Taraxacum officinale agg.	.	7	.	17	.	47	.	36	17	.	29
Galium album album	.	.	.	.	.	12	.	14	.	22	25
Lolium perenne	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25
Carum carvi	.	.	.	.	.	6	.	.	.	33	.
Tragopogon orientalis	.	.	.	.	.	9	.	.	.	.	.
Phleum pratense ssp. pratense	.	.	.	2	.	.	.	7	.	.	.
Poa pratensis	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trisetum flavescens	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.
<b>Lückenzeiger (Sedo-Scleranthetea)</b>											
Artemisia campestris	17	47	62	26	17	18	33	14	.	.	.
Echium vulgare	.	13	38	17	25	18	33	21	.	11	75 29
Acinos arvensis	.	27	54	19	25	3	17	7	.	11	25
Sedum sexangulare	.	7	31	14	8	6	33	.	.	.	25
Allium senescens ssp. montanum	33	27	31	10	.	21	.	.	.	.	14
Biscutella laevigata agg.	.	.	38	36	.	.	.	.	.	.	.
Sedum reflexum	33	27	15	12	.	.	.	.	.	33	25 29
Petrorhagia saxifraga	.	.	15	12	.	.	33	.	.	.	25 14
Trifolium campestre	.	.	8	2	.	3	17	.	17	.	50 14
Alyssum montanum ssp. montanum	.	.	15	24	8	.	17	.	.	.	.
Sedum acre	.	.	15	12	.	.	17	7	.	.	14
Silene vulgaris	.	7	8	7	.	9	17	21	.	.	25 14
Festuca pallens ssp. pallens	17	7	8	10	.	3	.	.	.	.	.
Poa compressa	17	.	.	.	.	3	.	.	.	.	25
Hieracium cymosum	17	13	8	.	.	3	.	.	.	.	.
Trifolium arvense	.	.	.	2	.	.	.	.	17	.	25
Minuartia setacea	17	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Poa x figertii	17	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Minuartia fastigiata	.	.	8	2	.	.	.	.	.	.	.
Sedum album	.	20	.	2	.	3	17	.	.	.	.
Lactuca perennis	.	7	.	2	.	.	17	.	.	.	.
Potentilla pusilla	.	7	.	26	.	29	.	.	.	.	.
Taraxacum erythrospermum agg.	.	.	.	17	.	.	.	.	.	.	.
Medicago minima	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	43
Melica ciliata	.	7	.	.	.	.	.	7	.	.	.
<b>Ruderalarten</b>											
Convolvulus arvensis	.	7	8	2	8	15	.	21	.	11	25
Cirsium arvense	.	.	.	5	.	3	.	7	.	33	.
<b>Gehölze (Strauchschicht)</b>											
Pinus sylvestris	50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Quercus robur	17	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.
Prunus spinosa	.	.	8	.	8	.	.	.	.	.	.
Juniperus communis	17	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cotoneaster integerrimus	17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cornus sanguinea	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.
Rosa sp.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.
Ligustrum vulgare	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.
Berberis vulgaris	.	.	.	2	.	3	.	.	.	.	.
Prunus avium	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.
Populus tremula	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.
<b>Gehölze (Krautschicht)</b>											
Rosa sp.	.	13	23	7	.	12	.	21	.	22	14
Rhamnus saxatilis	17	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ligustrum vulgare	.	13	8	.	.	3	.	.	.	.	.
Prunus spinosa	.	20	.	10	.	3	.	21	17	.	43
Pinus sylvestris	.	47	.	12	.	35	.	21	.	.	.
Quercus robur	.	40	.	2	.	9	.	29	.	22	.
Juniperus communis	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Corylus avellana	.	27	.	.	.	.	.	.	.	11	.
Berberis vulgaris	.	20	.	.	.	3	.	.	.	.	.
Crataegus monogyna	.	7	.	2	.	.	.	14	.	.	.
Acer pseudoplatanus	.	20	.	.	.	.	.	.	.	.	14
Populus tremula	.	.	.	.	.	.	.	21	.	.	.
Cornus sanguinea	.	.	.	2	.	3	.	.	.	.	.
Carpinus betulus	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.
Fraxinus excelsior	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.
Prunus avium	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.
Prunus mahaleb	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cotoneaster tomentosus	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Viburnum lantana	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.
Pyrus communis	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.
Rhamnus catharticus	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.

**Kryptogamen**

Tortella tortuosa	33	47	31	38	8	12	.	.	.	.	.	.
Tortula ruralis	.	.	31	2	.	.	17	7	.	17	.	.
Cladonia pyxidata	50	7	.	5	.	6	.	7	.	.	.	.
Homalothecium lutescens	.	33	8	14	.	21	17	29	17	33	.	43
Fissidens taxifolius	17	67	.	12	.	12	17	.	.	11	.	.
Hylocomium splendens	17	20	.	2	.	.	.	.	17	33	.	.
Grimmia pulvinata	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Plagiomnium affine	.	27	.	2	.	21	17	21	.	78	.	29
Scleropodium purum	.	13	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.
Cladonia sp.	33	27	8	19	25	12	.	.	17	11	.	.
Rhacomitrium canescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	.
Polytrichum piliferum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	.
Moos sp.	.	.	8	.	.	.	17	.	.	.	25	.
Hypnum lacunosum	.	80	.	79	.	65	.	43	.	22	.	86
Cladonia furcata ssp. subrang.	.	33	.	48	.	21	.	14	.	.	.	43
Acrocarpi div. sp.	.	47	.	31	.	26	.	21	.	22	.	29
Cladonia chlorophaea-Gruppe	.	40	.	10	.	15	.	.	.	.	.	14
Campyllum chrysophyllum	.	20	.	.	.	6	.	14	.	.	.	29
Entodon concinnus	.	20	.	.	.	12	.	7	.	.	.	14
Pleurozium schreberi	.	7	.	2	.	3	.	.	.	44	.	.
Bryum sp.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	14
Cladonia rangiformis	.	7	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.
Ctenidium molluscum	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ditrichum flexicaule	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cladonia fimbriata (cf.)	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pilz sp.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Peltigera rufescens	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Toninia caeruleonigricans	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Cladonia ciliata	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Cladonia mitis (cf.)	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.

**Sonstige Arten**

Agrostis stolonifera s.str.	.	.	.	2	.	3	.	.	.	.	.	.
Ajuga genevensis	.	7	.	2	.	6	.	.	.	.	.	.
Alyssum alyssoides	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.
Antennaria dioica	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.
Anthoxanthum odoratum	.	.	.	.	.	3	.	.	17	11	.	.
Anthriscus sylvestris	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.
Artemisia vulgaris	.	.	.	.	.	3	.	21	.	.	25	.
Asperula tinctoria	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bromus sterilis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	.
Campanula trachelium	.	.	.	.	8	.	.	.	17	.	.	.
Capsella bursa-pastoris	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.
Carduus acanthoides	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex digitata	.	17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carex flacca	.	.	.	2	.	3	17	7	.	11	.	.
Carex muricata ssp. muricata	.	.	.	.	.	3	.	.	.	44	.	.
Carex praecox agg.	.	.	.	.	.	.	17	.	.	.	.	.
Carex sp.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.
Cerinthe minor	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	.
Chamaecytisus ratisbonensis	.	13	15	10	25	18	17	50	.	22	.	.
Chamaecytisus supinus	.	7	8	2	8	.	.	.	.	.	.	29
Chamaespartium sagittale	.	17	7	8	5	8	33	.	17	11	.	.
Chenopodium album agg.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Cirsium vulgare	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	14
Colchicum autumnale	.	.	.	.	.	.	.	.	17	.	.	.
Cuscuta sp.	.	13	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Dianthus gratianopolitanus	.	17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Elymus repens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	.
Epipactis sp.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.
Erysimum crepidifolium	.	.	.	.	.	.	.	14	.	.	.	.
Erysimum odoratum	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.
Euphrasia rostkoviana agg.	.	17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Festuca "duriuscula"	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.
Festuca cf. duvalii	.	.	8	5	.	.	.	.	.	.	.	.
Fragaria vesca	.	.	8	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium boreale	.	33	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.
Galium pumilum	.	.	8	2	.	.	17	.	17	.	.	.
Galium spurium ssp. vaillantii	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.
Genista tinctoria	.	17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Geranium pusillum	.	.	.	5	.	3	.	.	.	.	.	.
Glechoma hederacea	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.
Hepatica nobilis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	.	.
Hieracium sp.	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.
Helichrysum arenarium	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.
Melampyrum arvense	.	.	15	7	8	.	.	.	.	.	.	.
Melilotus officinalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25	.
Muscari comosum	.	.	.	2	.	6	.	.	.	.	.	.
Orobanche gracilis	.	17	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.
Orobanche lutea	.	.	8	.	.	.	17	.	.	.	.	.
Orobanche purpurea	.	.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.
Orobanche sp.	.	13	.	7	25	9	.	.	.	.	.	.
Petrohragia prolifera	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	29
Polygala vulgaris	.	.	8	.	8	.	.	.	17	.	.	.
Potentilla cf. thuringiaca	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	14

Potentilla x boetzkessii	.	.	.	3	.	.	.	.
Potentilla reptans	.	.	.	3	.	.	.	.
Prunella x dissecta	.	.	.	2	.	.	.	.
Prunella x spuria	.	.	.	2	.	.	.	.
Reseda lutea	.	.	8	.	.	.	.	.
Rhinanthus minor	.	.	8	.	8	.	.	.
Rhinanthus angustifolius ssp. ang.	.	.	.	.	.	.	11	.
Rubus armeniacus	.	.	.	.	.	21	.	.
Rubus fruticosus agg.	.	.	.	8	3	.	.	.
Rumex acetosella	.	.	.	.	3	.	.	.
Salvia verticillata	.	.	.	.	.	.	.	25
Silene alba	.	.	.	.	.	.	.	29
Tanacetum vulgare	.	.	.	.	.	7	.	.
Torilis arvensis	.	.	.	.	.	7	.	.
Trifolium hybridum ssp. elegans	.	.	.	.	.	17	.	.
Urtica dioica	.	.	.	.	.	7	.	.
Verbascum densiflorum	.	.	.	8	.	.	.	.
Veronica agrestis	.	.	5	.	.	.	.	43
Veronica polita	.	.	2	.	.	.	.	.
Veronica triphyllos	.	.	.	.	.	.	17	.
Vicia hirsuta	.	.	.	8	.	21	11	.
Vicia sativa ssp. nigra	.	.	5	.	6	21	11	43
Vicia sepium	.	.	.	8	3	7	33	.
Vicia villosa	.	.	.	.	.	.	11	.
Viola rupestris	.	.	.	.	.	7	.	.
<b>Einheit:</b>	<b>1 a</b>	<b>1 b</b>	<b>2a</b>	<b>2b<math>\alpha</math></b>	<b>2b<math>\beta</math></b>	<b>3</b>		

**Tab. 12:** Artenveränderungen im Zeitraum 1931/36 bis 1989/91 (GAUCKLER/HAGEN)

**Anmerkungen:**

- Die Bezeichnung und Reihenfolge der soziologischen Einheiten erfolgt wie in der Tabelle der Erstaufnahmen (Tab. 6).
- Die Anordnung der Kenn- und Differentialartengruppen folgt ebenfalls der Tab. 6. Innerhalb der soziologischen Gruppen sind die Arten alphabetisch angeordnet, neu aufgetretene Arten in den Wiederholungsaufnahmen sind den jeweiligen Gruppen zugeordnet. Die in Tab. 6 als Klassencharakterarten gewerteten Moose sind hier bei den Kryptogamen aufgeführt.

**Erläuterungen:**

1. **Veränderungen in den Einheiten** (zur Berechnung der "Signifikanzgrade" siehe Kap. 3.3.2):  
 + bzw. ++ "signifikante"/"hochsignifikante" Zunahme  
 - bzw. -- "-"/"- Abnahme  
 1 bzw. 11 "signifikantes"/"hochsignifikantes" Neuauftreten  
 0 bzw. 00 "-"/"- Ausfall  
 einer Art im Vergleichszeitraum.
2. In der Spalte **Gesamtveränderungen** sind die Signifikanzgrade der Artenveränderungen bei Berücksichtigung aller Erst- und Wiederholungsaufnahmen eingetragen. Sie wurden durch den Test nach FISHER-PITMAN ermittelt (Kap. siehe 3.3.1). - bedeutet signifikante Zunahme, + bedeutet signifikante Abnahme. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt jeweils  $0,01 < p < 0,05$ .

**Soziologische Einheiten:**

- 1 Brometalia-Fragment-Gesellschaft
- 2 Pulsatillo-Caricetum typicum
- 3 Gentiano-Koelerietum, *Festuca sulcata*-Rasse
  - a caricetosum humilis
  - b typicum
    - α Variante mit *Potentilla cinerea* (verarmt)
    - β typische Variante
    - γ Variante mit *Leontodon hispidus*

Soziologische Einheit: Veränderungen in den Einheiten	1	2	3a	3bα	3bβ	3bγ	Gesamt- veränderungen
<b>A 2/d 3a</b>							
Teucrium montanum		-					
Globularia punctata		-	-				
Fumana procumbens		--	--				
<b>A 3</b>							
Cirsium acaule	11	1	--	++		--	
Gentianella ciliata						00	
<b>D 3</b>							
Ranunculus bulbosus			0	0	--	--	-
Euphrasia stricta		++	--	--	--	--	-
Onobrychis viciifolia					-	-	
<b>d 3a</b>							
Carex humilis	--						
Anthericum ramosum		--	--			0	-
Dichanthium ischaemum		--	--				
<b>d 3bα</b>							
Potentilla cinerea	00	--	--	--			-
Artemisia campestris	00	--	--	--			-
Teucrium chamaedrys				--			
Potentilla pusilla/x subcinerea	--	--	++	++			
<b>d 3bγ</b>							
Leontodon hispidus ssp. hispidus	11			1	11		
Gentianella germanica						00	
Poa pratensis						00	
Trifolium pratense ssp. pratense	1			1	11		+
<b>Δ Festuca rupicola</b>	+			+		++	
<b>V Mesobromion</b>							
Carlina vulgaris ssp. vulgaris						0	
Erigeron acer ssp. acer	0	--		--	-		-
Ononis spinosa agg.	11	--				--	
Primula veris ssp. veris				--			
<b>DV Mesophile Begleiter</b>							
Briza media	++		++	++		-	
Carex flacca	11					--	
Carlina acaulis ssp. simplex		-	--			-	-

Coronilla varia		++	++	++		1		+
Dactylis glomerata	1			1	11	11		+
Daucus carota	1					++		+
Knautia arvensis	1			1	++			+
Linum catharticum	11			++		--		
Lotus corniculatus	11	-			-			
Medicago lupulina	1	++		++	11			+
Plantago lanceolata	11	++	+		++	++		+
Plantago media	11	++		++				
<b>O Brometalia</b>								
Arabis hirsuta		--		0	1			
Bromus erectus	0	+		1	++	++		+
Carex caryophyllea	--		-	-	00	--		-
Dianthus carthusianorum	11	-			--			
Helianthemum numm. ssp. obscurum	--	-			--	-		-
Hippocrepis comosa		--		--	-	--		-
Koeleria pyramidata	+	+	++		--	-		
Potentilla tabernaemontani	--	-	-	-		-		-
Pulsatilla vulgaris agg.	00	-	-	--	--	0		-
Scabiosa columbaria	-					--		-
<b>K Festuco-Brometea</b>								
Anthyllis vulneraria		--	-	-	--	--		-
Asperula cynanchica	--				00			
Aster linosyris		--						
Brachypodium pinnatum	++				-			
Campanula glomerata						--		
Centaurea jacea ssp. angustifolia	11		-		+			
Centaurea rhenana ssp. rhenana		--	--	--				
Centaurea scabiosa ssp. scabiosa	1		--	1	++			+
Euphorbia cyparissias								-
Festuca "duriuscula"		--	--	--	--	00		-
Galium verum ssp. verum	11					-		
Gentiana cruciata						0		
Helictotrichon pratense		--	-	-	0	-		
Koeleria cristata		--	--	0				
Odontites lutea		-	-	-		0		
Phleum phleoides	--	-	-	-	--	--		-
Pimpinella saxifraga	11				-	-		
Polygala comosa		-			--			
Potentilla heptaphylla	1	+	++			1		+
Prunella grandiflora		-		-				-
Salvia pratensis	1							
Sanguisorba minor						++		
Seseli annuum			++			0		
Silene otites	0	0	0					-
Stachys recta		-	-	-				
Thymus praecox ssp. praecox		-	+					
Trifolium montanum					--	--		
Veronica spicata		--						
<b>Bezeichnende Begleitarten</b>								
Achillea millefolium ssp. mill.	11	++		+	++	+		+
Arenaria serpyllifolia	--	--		-	++	1		
Campanula rotundifolia	11	-	-			-		
Cerastium arvense ssp. arvense	0	+		--		-		
Hieracium pilosella	--	-	--	-	--	-		
Hypericum perforatum ssp. ang.	+	++	++	-	++			+
Medicago falcata	1		+	-		--		
Poa angustifolia	11				++	11		+
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys	-		--	-		--		-
<b>Saumarten (Origanetalia)</b>								
Agrimonia eupatoria	11				11	++		+
Anemone sylvestris				1				
Aster amellus				0	-			
Bupleurum falcatum	1		-			--		
Clinopodium vulgare	1							
Fragaria viridis		-	+	++	++			
Inula hirta		-						
Origanum vulgare						11		+
Peucedanum oreoselinum	--							

Peucedanum cervaria					-		
Silene nutans	0				++		
Trifolium medium			1				+
Verbascum lychnitis					-		
Veronica austriaca ssp. teucrium	1	-	++		--		
Vilna hirta	11				11		+
<b>Fettwiesenarten (Molinio-Arrhenatheretea)</b>							
Arrhenatherum elatius	1		1		11	1	+
Astragalus glycyphyllos	1						
Helictotrichon pubescens	1		--				
Heraclium sphondylium	1						
Leucanthemum vulgare agg.		--				--	
Prunella vulgaris						0	
Senecio erucifolius					1	0	
Senecio jacobaea					1		
Taraxacum officinale agg.	1	11	1		1		+
Tragopogon orientalis	11						+
Trifolium repens							+
Trisetum flavescens						1	+
<b>Lückenzeiger (Sedo-Scleranthetea)</b>							
Acinos arvensis	--	--	++	--			
Alyssum alyssoides	0	0					
Alyssum montanum ssp. montanum		-	--				
Cerastium semidecandrum	0					0	-
Echium vulgare		++					+
Erophila verna agg.	00	0	0				-
Erysimum odoratum	0		-				
Festuca pallens ssp. pallens	0	--					
Herniaria glabra	0						
Medicago minima		--		--			
Minuartia hybrida	0						
Petrorhagia prolifera				0			
Petrorhagia saxifraga		--	-				
Saxifraga tridactylites	0						
Sedum acre	-	--	--	--	--		-
Sedum album		-		--			
Sedum sexangulare	1	-	-	++	-		
Sesleria albicans ssp. albicans	00						
Silene vulgaris	--		++			++	
Trifolium campestre				+			
<b>Säurezeiger</b>							
Agrostis capillaris						0	
Galium pumilum	0						
Polygala vulgaris						0	
<b>Gehölze (Krautschicht)</b>							
Berberis vulgaris		--	0				
Juniperus communis	+	-	--	00			
Pinus sylvestris	1	++		--	--		
Prunus spinosa	11			+	--	0	
Quercus robur	1						+
Rhamnus saxatilis		--					
Rosa sp.					-		
<b>Kryptogamen</b>							
Abietinella abietina	-					--	-
Campyllum chrysophyllum							+
Cladonia rangiformis/furcata	0	-	--	-	--	--	-
Cladonia pyxidata/chlorophaea-Gr.	0	--	--	--			-
Entodon concinnus	1						+
Fissidens taxifolius							+
Homalothecium lutescens	11						+
Hylocomium splendens	11						+
Hypnum cupressiforme s. lat.						00	
Hypnum lacunosum	11	11	11	11	11	1	+
Peltigera rufescens							+
Plagiomnium affine	11			1	1	1	+
Pleurochaete squarrosa			0				
Pleurozium schreberi				1	--		
Rhytidiadelphus squarrosus	11						
Rhytidiadelphus triquetrus						0	

Rhytidium rugosum				--	--		-
Scleropodium purum	11			1			+
Tortella tortuosa	00	-	-	--	--		-
<b>Sonstige Arten:</b>							
Achillea nobilis			0				
Allium oleraceum	1						+
Antennaria dioica					0		
Buphthalmum salicifolium			-	1			
Carduus acanthoides					-	--	
Cirsium vulgare						0	
Epipactis atrorubens	0						
Genista tinctoria						0	
Helichrysum arenarium				0			
Melampyrum arvense						1	
Ranunculus acris						0	
Rhinanthus angustifolius ssp. ang.	1			1			+
Solidago virgaurea ssp. virgaurea						0	
Veronica chamaedrys				--			
Viola rupestris				--			

<b>Soziologische Einheit:</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3a</b>	<b>3b<math>\alpha</math></b>	<b>3b<math>\beta</math></b>	<b>3b<math>\gamma</math></b>	<b>Gesamt- veränderungen</b>
<b>Veränderungen in den Einheiten</b>							

**Tab. 13:** Artenveränderungen im Zeitraum 1968/70 bis 1990/91 (ZIELONKOWSKI/HAGEN)

**Anmerkungen:**

- Die Reihenfolge der soziologischen Einheiten folgt der bei den Erstaufnahmen (Tab. 8) festgelegten; siehe dort auch die Bezeichnung der Einheiten.
- Die Anordnung der Kenn- und Differentialartengruppen folgt ebenfalls Tab. 8. Innerhalb der soziologischen Gruppen sind die Arten alphabetisch angeordnet, neu aufgetretene Arten in den Wiederholungsaufnahmen sind den jeweiligen Gruppen zugeordnet. Die in Tab. 8 als Klassencharakterarten gewerteten Moose sind hier bei den Kryptogamen aufgeführt.

**Erläuterungen:**

1. **Veränderungen in den Einheiten** (zur Berechnung der "Signifikanzgrade" siehe Kap. 3.3.2):  
 + bzw. ++ "signifikante"/"hochsignifikante" Zunahme  
 - bzw. -- "-" / "-" Abnahme  
 1 bzw. 11 "signifikantes"/"hochsignifikantes" Neuauftreten  
 0 bzw. 00 "-" / "-" Ausfall  
 einer Art im Vergleichszeitraum.  
 (-) bedeutet: das Signifikanzniveau wurde nur knapp überschritten (nur bei *Phleum phleoides*:  $p = 0,545$ ).
2. In der Spalte **Gesamtveränderungen** sind die Signifikanzgrade der Artenveränderungen bei Berücksichtigung aller Erst- und Wiederholungsaufnahmen eingetragen. Sie wurden durch den Test nach FISHER-PITMAN ermittelt (Kap. siehe 3.3.1). - bedeutet signifikante Zunahme, + bedeutet signifikante Abnahme. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt jeweils  $0,01 < p < 0,05$ .

**Soziologische Einheiten:**

- 1 Pulsatillo-Caricetum humilis  
 a seslerietosum  
 b typicum
- 2 Gentiano-Koelerietum, *Festuca sulcata*-Rasse  
 a caricetosum humilis  
 b typicum  
 α typische Variante  
 β Variante mit Säurezeigern
- 3 Brometalia-Fragmentgesellschaft

Soziologische Einheit: Veränderungen in den Einheiten	1a	1b	2a	2bα	2bβ	3	Gesamt- veränderungen
<b>A 1</b>							
Fumana procumbens	--						
Globularia punctata	-		-				
Teucrium montanum					--		
<b>d 1a</b>							
Sesleria albicans ssp. albicans	-						
Bupthalmum salicifolium	-						
Anthericum ramosum		++					
Thlaspi montanum	--						
Carduus defloratus	--						
<b>A 2</b>							
Cirsium acaule			--	--	--		
Gentianella ciliata			0				
<b>D 2</b>							
Ranunculus bulbosus				--	--	--	
<b>d 2bβ</b>							
Festuca nigrescens ssp. nigrescens					--		
Luzula campestris					--		
Agrostis capillaris					--	--	
Danthonia decumbens					--		
<b>V Mesobromion</b>							
Euphrasia stricta	--	--	--	--	--		-
Euphorbia brittingeri				-		--	
<b>DV Mesophile Begleiter</b>							
Briza media	--		-	--	--		-
Carlina acaulis ssp. simplex		--	--		--		-
Dactylis glomerata					++	-	
Daucus carota						0	
Knautia arvensis				-		-	
Leontodon hispidus ssp. hispidus				+	00		-
Linum catharticum	--	--	-	-	--	0	-
Lotus corniculatus	++	-	-		-	1	
Medicago lupulina		-	--	--	--	--	-
Plantago lanceolata		-	-	-	--	-	-

Plantago media	++	--	-	-	+		
Veronica chamaedrys	0			-	-		
<b>O Brometalia</b>							
Arabis hirsuta	-			--			-
Bromus erectus			++		++		
Carex caryophyllea	--	-	-	--			-
Dianthus carthusianorum	-	-	-	-	++		-
Helianthemum numm. ssp. obscurum			-		-		-
Hippocrepis comosa			-		-	0	-
Koeleria pyramidata	++	+	+			++	
Potentilla tabernaemontani	--	-	-	-	0	-	-
Pulsatilla vulgaris agg.			-		0	1	
Scabiosa columbaria		-	--	--	--		-
<b>K Festuco-Brometea</b>							
Allium oleraceum						1	
Anthyllis vulneraria	--		--	--	0		-
Asperula cynanchica				-	0		-
Aster linosyris	+				+	-	
Brachypodium pinnatum	+			+		-	
Centaurea jacea ssp. angustifolia			-	-	++		
Centaurea rhenana ssp. rhenana	++	-	-				
Centaurea scabiosa ssp. scabiosa			-			--	
Euphorbia cyparissias					++	--	
Helictotrichon pratense	-	--	-	+		0	-
Koeleria cristata	-	--	-	--		0	-
Odontites lutea		--	+		--	-	-
Phleum phleoides	++	--		-	--		(-)
Pimpinella saxifraga	++				+	--	
Polygala comosa				++			
Potentilla heptaphylla	1	-	++	-	--	1	
Potentilla pusilla/x subcinerea		1	1				
Prunella grandiflora			-	++	-	0	-
Salvia pratensis	++				--	-	
Seseli annuum		--	-				
Silene otites	-	-		--			
Stachys recta		-	-			-	
Teucrium chamaedrys				++	+		
Thesium linophyllon						0	
Thymus praecox ssp. praecox	++	11	++	1			+
Trifolium montanum			--	+	++		
<b>Bezeichnende Begleitarten</b>							
Achillea millefolium ssp. mill.	+				+		
Arenaria serpyllifolia					-	-	
Campanula rotundifolia	--		++	--	1		
Cerastium arvense ssp. arvense	++	-	++	--		-	
Hieracium pilosella		++		--	0	++	
Hypericum perforatum ssp. angustif.		--	-			00	-
Medicago falcata	++	-	-		-	-	-
Poa angustifolia	++	-				-	-
Thymus pulegioides ssp. chamaedrys	-	--	-	--			-
<b>Saumarten (Origanetalia)</b>							
Agrimonia eupatoria			+		+	0	
Coronilla varia	++	-		++			
Falcaria vulgaris						0	
Fragaria viridis		+	++		-	-	
Galium glaucum	--						
Galium valdepilosum					1		
Geranium sanguineum					1		
Peucedanum oreoselinum		+		++		1	+
Tanacetum corymbosum						1	
Thalictrum minus ssp. saxatile	1						
Vincetoxicum hirsutinaria	-						
<b>Fettwiesenarten (Molinio-Arrhenatheretea)</b>							
Arrhenatherum elatius			++	++	++		+
Carum carvi					1		
Cerastium fontanum ssp. triviale					0	-	
Festuca pratensis						0	
Galium album ssp. album						0	
Helictotrichon pubescens				1	11		

Leucanthemum vulgare agg.	-				0				-
Lolium perenne								0	
Prunella vulgaris					0			0	
Senecio jacobaea									
Taraxacum officinale agg.		11	11					1	+
Tragopogon orientalis									
Trifolium repens								0	
<b>Lückenzeiger (Sedo-Scleranthetea)</b>									
Acinos arvensis	--	--						0	
Allium senescens ssp. montanum	--								
Alyssum montanum ssp. montanum	++								
Artemisia campestris	++	--	--						
Echium vulgare	--	-	-					--	
Medicago minima								1	
Petrorhagia prolifera								1	
Petrorhagia saxifraga				0				-	
Poa compressa								0	
Sedum reflexum							1		
Sedum sexangulare	--		0					0	-
Silene vulgaris								-	
Trifolium arvense								0	
Trifolium campestre								--	
<b>Ruderalarten</b>									
Cirsium arvense								1	
<b>Gehölze (Krautschicht)</b>									
Corylus avellana	1								
Pinus sylvestris			1						
Populus tremula					+				
Prunus spinosa								1	
Quercus robur	++			1					+
Rosa sp.									+
<b>Kryptogamen</b>									
Abietinella abietina	++		+			++	++		+
Acrocarpi div. sp.	1	1	1					1	+
Campyllum chrysophyllum								1	+
Cladonia rangiformis/furcata	+	++						+	+
Cladonia pyxidata/chlorophaea-Gr.									+
Entodon concinnus									+
Fissidens taxifolius	++								
Homalothecium lutescens	1			++	++			1	+
Hylocomium splendens						++			
Hypnum lacunosum	11	11	11	1				11	+
Peltigera rufescens									
Plagiomnium affine	1						11	1	+
Pleurozium schreberi							1		+
Polytrichum piliferum								0	
Rhacomitrium canescens								0	
Rhytidium rugosum								0	-
Tortella tortuosa	+								
Tortula ruralis		--							
<b>Sonstige Arten:</b>									
Convolvulus arvensis								0	
Chamaecytisus ratisbonensis				++					
Chamaecytisus supinus								11	
Chamaespartium sagittale	--			0					-
Veronica agrestis								1	
Vicia sativa ssp. nigra								1	
Galium boreale	0								
Artemisia vulgaris								0	
Bromus sterilis								0	
Campanula persicifolia							1		
Carex muricata ssp. muricata							1		
Cerintho minor								0	
Elymus repens								0	
Melilotus officinalis								0	
Salvia verticillata								0	
Silene alba								1	
Vicia sepium							1		
<b>Soziologische Einheit:</b>	<b>1a</b>	<b>1b</b>	<b>2a</b>	<b>2bα</b>	<b>2bβ</b>	<b>3</b>			





















1.7 Tortula ruralis  
 5.0 Cladonia pyxidata  
 23.1 Homalothecium lutescens  
 16.5 Fissidens taxifolius  
 5.8 Hylacomium splendens  
 19.8 Plagiomnium affine  
 3.3 Scleropodium purum  
 13.2 Cladonia sp.  
 66.9 Hypon lacunosum  
 30.6 \* Cladonia furcata ssp. subrangif.  
 29.8 \* Acrocarpus div. sp.  
 13.2 \* Cladonia chlorophaea-Gruppe  
 8.3 \* Campyllum chrysophyllum  
 \* Entodon concinnus  
 7.4 \* Pleurozium schreberi  
 5.8 Bryum sp.  
 4.1 Cladonia rangiformis  
 3.3 Cladonia molluscum  
 1.7 Cladonia flexicaule  
 0.8 Ditrichum flexicaule  
 0.8 (\*)Cladonia fimbriata (cf.)  
 0.8 Peltigera rufescens  
 0.8 Toninia caeruleonigricans  
 0.8 Cladonia ciliata  
 0.8 Cladonia mitis (cf.)  
**Sonstige Arten**  
 17.4 Chamaecytisus ratiobonensis  
 9.1 Vicia sativa ssp. nigra  
 6.6 Orobanche sp.  
 4.1 Chamaespartium sagittale  
 \* Veronica agrestis  
 4.1 Vicia sepium  
 4.1 Carex muricata ssp. muricata  
 4.1 Chamaecytisus supinus  
 3.3 Carex flacca  
 3.3 Artemisia vulgaris  
 3.3 Vicia hirsuta  
 2.5 Cuscuta sp.  
 2.5 Capsella bursa-pastoris  
 2.5 Geranium pusillum  
 2.5 Muscari comosum  
 1.7 Asperula tinctoria  
 1.7 Galium pumilum  
 1.7 Melampyrum arvense  
 1.7 Agrostis stolonifera s. str.  
 1.7 Festuca cf. duvallii  
 1.7 Anthoxanthum odoratum  
 1.7 Cirsium vulgare  
 1.7 Rubus armeniacus  
 1.7 Erysimum crepidifolium  
 1.7 Potentilla cf. thuringiaca  
 1.7 Petrorhagia prolifera  
 1.7 Silene alba  
 0.8 Gentianella germanica  
 0.8 Prunella x spuria  
 0.8 Prunella x dissecta  
 0.8 Chenopodium album agg.  
 0.8 Veronica polita  
 0.8 Carduus acanthoides  
 0.8 Fragaria vesca  
 0.8 Epipactis sp.  
 0.8 Potentilla x boetzkessii  
 0.8 Festuca "duriuscula"  
 (\*)Carex sp.  
 0.8 Potentilla reptans  
 0.8 Erysimum odoratum  
 0.8 Rubus fruticosus agg.  
 0.8 Glechoma hederacea  
 0.8 Rumex acetosella  
 0.8 Urtica dioica  
 0.8 Viola rupestris  
 0.8 Anthriscus sylvestris  
 (\*)Galium spurium ssp. vaillantii  
 0.8 Torilis arvensis  
 0.8 Thalictrum vulgare  
 0.8 Ranunculus ligustifolius ssp. ang.  
 0.8 Hepatica nobilis  
 0.8 Vicia cracca  
 AUFNAHMENUMMER  
 11122 2 1 111111 111 111111111 222221 111 1 2111111121112 22 1 111 1 1111 1111 1 1111 1111 1 1111 111  
 11117661171 846211885522888883444444881660000977718 1221338103331 11959 8802 09 1622 2333 97777899 375 77801113 69444496112  
 01239342415 09025689014562346783450125743746890423452 3137798454566 01709 3494 049 2578569023 156789056 171756180674816678932890