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

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

**Band:** 82 (1984)

**Artikel:** Schaffung artenreicher Magerwiesen auf Strassenböschungen : Eignung von verschiedenem Saatgut für die Neuschaffung "Mesobrometum"-artiger Bestände : eine Untersuchung in der Nordschweiz = Creation of "Mesobrometum"-type grassland : evaluation of differe...

**Autor:** Wegelin, Thomas

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-308722

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 13.12.2025

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

ISSN 0255-9433

Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 82. Heft

# Schaffung artenreicher Magerwiesen auf Strassenböschungen

## Eignung von verschiedenem Saatgut für die Neuschaffung *Mesobrometum*-artiger Bestände Eine Untersuchung in der Nordschweiz

# Creation of *Mesobrometum*- type grassland

## Evaluation of different seed mixtures (To induce the formation) A study in northern Switzerland

von Thomas WEGELIN

1984

# Inhalt


Vorwort

1. Einleitung und Problemstellung 7

2. Versuchsanlage und Methoden 10
   2.1. Charakterisierung der Versuchsflächen 10
   2.2. Klima 12
      2.2.1. Allgemeinklima 12
      2.2.2. Witterungsverlauf 1980 13
   2.3. Versuchsanordnung und Ansaat 13
      2.3.1. Versuchsanordnung 13
      2.3.2. Ansaat 15
      2.3.3. Rasenmischungen und Bewirtschaftung 15
   2.4. Methoden 17
      2.4.1. Vegetationsaufnahmen 17
      2.4.2. Bodenkundliche Methoden 18
         1. Probenahme 18
         2. Bodenanalysen 19
      2.4.3. Statistische Auswertung 20
         1. Bodenkundliche Daten 20
         2. Vegetationskundliche Daten 22

3. Ergebnisse 23
   3.1. Bodenanalysen 23
      3.1.1. Skelett 23
      3.1.2. Korngrössenverteilung 25
      3.1.3. Organische Substanz 28
      3.1.4. Bodenreaktion 28
      3.1.5. Karbonat 30
      3.1.6. Nährstoffe 30
      3.1.7. Kationen 32
      3.1.8. Ordination der Bodenproben 35
   3.2. Vegetation 37
      3.2.1. Veränderungen des Gesamtdeckungsgrades 39
      3.2.2. Veränderungen der Moosdeckung 42
      3.2.3. Diversität 42
      3.2.4. Anteil der Lebensformen 46
      3.2.5. Anteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen 53
      3.2.6. Artengefüge 55

4. Diskussion 82
   4.1. Sukzessionsverlauf in den Kontrollflächen 82
   4.2. Bedeutung der Böden 84
   4.3. Bedeutung der Rasenmischungen 88
   4.4. Schaffung von Ersatzbiotopen 91

5. Schlussfolgerungen 94

Zusammenfassung - Summary 95

Literatur 99

# Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 1980-1983 am Geobotanischen Institut ETH, Stiftung Rübel, in Zürich unter der Leitung von Prof. Dr. E. Landolt und Prof. Dr. F. Klötzli, denen ich für ihre Ratschläge und Anregungen an erster Stelle danken möchte.

Ich danke auch herzlich allen nachstehend aufgeführten sowie den zahlreichen hier nicht erwähnten Personen, welche mir bei dieser Arbeit behilflich waren:

- Herrn Dr. O. Wildi (EAFV Birmensdorf), der mich bei der Auswertung und Zusammenstellung der Ergebnisse beraten hat.
- Herrn Dr. B. Krüsi (Geobotanisches Institut ETH) für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und die englische Zusammenfassung.
- Herrn B. Hulliger (Statistische Beratung ETHZ) für seine Ratschläge zur Durchführung der Varianzanalysen.
- Herrn H.-R. Binz (Geobotanisches Institut ETH) für seine Beiträge zur Lösung von Computer- und Programmierproblemen.
- Herrn Prof. Dr. R. Bach (†) für seine Anregungen und Ratschläge in bezug auf Bodenuntersuchungen.
- Den verantwortlichen Mitarbeitern der entsprechenden Aemter in den Kantonen Schaffhausen, Thurgau und Zürich, welche mir zu den Versuchsflächen verhalfen.
- Herrn Dr. F. Marschall (Eidg. Landw. Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz) für die Durchführung der Keimungstests.
- Allen Mitarbeitern des Institutes, insbesondere Herrn E. Schäffer und seiner Equipe vom Labor für die z.T. langwierigen Feld- und Laborarbeiten.

Vor allem danken möchte ich aber auch meiner Frau, welche meiner Arbeit viel Verständnis entgegengebracht und mich oft aufgemuntert hat, obwohl sie derentwegen auf vieles verzichten musste.

# 1. Einleitung und Problemstellung

Die Intensivierung der Landwirtschaft, die Entwicklung moderner Verkehrsmittel und die Ausdehnung der Siedlungs- und Ballungsräume haben dazu geführt, dass viele naturnahe Lebensgemeinschaften stark zurückgegangen oder verschwunden sind. Dieser Landschaftsverbrauch (ZIELONKOWSKI 1979) bedeutet aber auch für viele Pflanzen und Tiere den Verlust ihres Lebensraumes und somit letztlich ihre Ausrottung. Am stärksten zurückgegangen sind in den letzten Jahren die sogenannten Nass- und Trockenstandorte, d.h. Lebensgemeinschaften, die bis anhin landwirtschaftlich extensiv oder gar nicht genutzt wurden und nur geringen Ertrag brachten. Solche Biotope beherbergen aber meistens eine grössere Anzahl von Pflanzen und Tieren, welche sonst nirgends leben können.

Durch den Wandel der Landschaft von der Vielfalt zur Monotonie werden aber nicht nur Pflanzen und Tiere bedroht, auch der Erholungswert sinkt. Es ist daher unbedingt nötig, die heute noch vorhandenen Magerbiotope unter Schutz zu stellen und zu erhalten. Viele dieser Gebiete sind aber sehr kleinflächig (KLEIN 1977). Seltene Arten, die nur noch in solchen Biotopen vorkommen, sind daher auch in diesem Fall bedroht (SCHWAAR 1979, McCOY 1983, MüHLENBERG und WERRES 1983). Beispiele für den Landschaftswandel und bedrohte Biotope in der Schweiz finden sich bei WILDERMUTH (1974, 1978), EWALD (1978), KLöTZLI (1981a) und WEISS (1981).

Im Zusammenhang mit dem Strassenbau entstanden viele Flächen, die nicht landwirtschaftlich genutzt werden können. Sie bieten sich daher als Ersatzstandorte für seltene magere Biotope an. Da praktisch überall ein ganzes Netz von Strassen besteht, ergäbe sich durch eine derartige Verwendung solcher Flächen auch ein ganzes Netz von Biotopen, welche für die bedrohten Lebewesen gewissermassen Inseln darstellen (MacARTHUR and WILSON 1967, MADER 1980, 1981, MAHLER et al. 1980, ZIELONKOWSKI 1979). Die Wirkung solcher Refugien für den Schutz seltener Arten ist umso grösser, je besser die Vernetzung derartiger Gebilde untereinander ist; ausserdem spielt auch die Flächengrösse einer Insel eine wichtige Rolle.

Zur Ansiedlung trockener Magerrasen würden sich möglicherweise südexponierte Böschungen eignen. Versuche zur Begrünung von Strassenrändern wurden schon sehr viele durchgeführt. Ziele derartiger Untersuchungen waren dabei aber meist nicht artenreiche Magerbiotope, sondern es ging vor allem darum, niedrigwüchsige, pflegearme, sauber aussehende Rasen zu erhalten, welche die Böschungen stabilisieren und Erosion verhindern sollten (BOECKER 1966, 1970a, 1970b, BROWN and BERG 1980, DUELL 1969, HILLER 1973, 1976, HOOGERKAMP 1971, 1973, JOHNSON 1981, KRAUSE 1978, LEYER 1981, MAKI 1976, MORRISON and SIMMONS 1977, PETERSEN 1974, RAININKO 1972, RüMLER 1974, 1977, 1978, 1982, SCHWEIZER 1970, 1973, SKIRDE 1974, TRAUTMANN 1972, 1973, TRAUTMANN und LOHMEYER 1975, 1978, WETZEL 1981, WIENHAUS 1981). Nebst vorgenannten Eigenschaften wurden an die Rasenmischungen für Böschungsbegrünungen kaum weitere Anforderungen gestellt, es spielte auch keine Rolle, woher das Saatgut stammte.

In der Schweiz wurden die mit dem Beginn des Nationalstrassenbaues in grosser Zahl anfallenden Strassenböschungen anfänglich mit Futtergrasmischungen begrünt, obwohl das Gras wegen zu hohem Bleigehalt Tieren nicht verfüttert werden durfte. Dies machte aber mehrmaliges Mähen im Jahr nötig; die dabei anfallende Schnittgutmenge war beträchtlich, ihre Beseitigung schaffte weitere Probleme. Man versuchte deshalb, Mischungen mit möglichst langsamwüchsigen, wenig Biomasse produzierenden Arten zusammenzustellen.

Heute werden meist Rasenmischungen verwendet, die vom Verein Schweizerischer Strassenfachleute in einem Normenblatt zusammengestellt wurden, das von der Schweizerischen Normenvereinigung herausgegeben worden ist (SNV 1974). Von der gleichen Vereinigung ist auch ein Normenblatt über den Unterhalt solcher Grünflächen herausgegeben worden (SNV 1973). Obwohl diese Schrift für Extensivrasen nur einen Schnitt pro Jahr am Ende der Vegetationsperiode vorschlägt, werden auch heute noch viele Autobahn- und Strassenböschungen zweimal oder mehrmals pro Jahr gemäht. Das Schnittgut wird meist auf den Flächen liegengelassen, was einerseits infolge Wiedereintrittes der im Pflanzenmaterial eingelagerten Nährstoffe in den Boden einer Düngung gleichkommt, andererseits dort, wo ganze Heuhaufen liegenbleiben, zum Absterben der darunterliegenden Vegetaton führt. Die sich mit Vorliebe auf solchen Kahlstellen einfindenden Unkräuter werden meist mit Herbiziden bekämpft.

(KLEIN 1980) hat eine grosse Anzahl von Nationalstrassenböschungen in der Nordostschweiz untersucht. Er versuchte herauszufinden, welche Vegetation im allgemeinen unter den vorher genannten Normalbedingungen entsteht, wie sie sich entwickelt, ob sich gewisse Standorte an Strassen für Magerrasen eignen würden und ob durch Aenderung der Bewirtschaftungsweise Verschiebungen in der Vegetationszusammensetzung erreicht werden könnten, welche naturschützerisch bedeutungsvolle Stadien entstehen liessen. In England führte WAY (1973, 1974, 1977) ebenfalls Untersuchungen an der Vegetation längs Strassen- und Autobahnböschungen durch. Dabei stellte er fest, dass derartige Flächen vielfach noch die einzigen Refugien für bedrohte Arten darstellen.

Bei neuen Strassenböschungen ist es aber sinnvoll, von Anfang an auf die Anlage von Magerwiesen zu zielen, wo dies vom Standort her möglich ist. Dazu gehört neben richtiger Bewirtschaftung die Ansaat von geeigneten Rasenmischungen.

In einer früheren Arbeit (WEGELIN 1979) wurde die spontane Ansiedlung von Magerwiesen-Arten auf Strassenböschungen untersucht, welche unmittelbar neben *Mesobrometen* lagen. 1980 stellte der Kanton Zürich in Zusammenarbeit mit Naturschutzfachleuten eine Rasenmischung für magere Standorte, die sogenannte *KTZ80* zusammen und erklärte sie für obligatorisch. Diese Mischung sollte sowohl den Forderungen der Strassenfachleute als auch denjenigen des Naturschutzes entsprechen und sofort begrünen, erosionshemmend wirken und nachher einen Magerrasen ergeben. Sie enthielt daher das bis anhin auch meist verwendete Gras *Lolium perenne*, das als Schnellbegrüner wirken sollte.

In der vorliegenden Arbeit wurde der genannten Rasenmischung eine zweite gegenübergestellt, deren Artenzusammensetzung aus den Ergebnissen der eigenen vorgängigen Arbeit abgeleitet war. Mit der Ansaat dieser Rasenmischungen, die jeweils mit oder ohne *Lolium perenne* erfolgte, sollten folgende Fragen abgeklärt werden:

- Wie sollen Rasenmischungen für artenreiche Magerwiesen an Böschungen zusammengesetzt sein?
- Eignen sich die heute im Handel erhältlichen bzw. in der Praxis benützten Rasenmischungen dazu?

- Sollten derartige Rasenmischungen bereits seltene Arten enthalten oder wandern diese nachher von selbst ein?
- Welchen Einfluss haben Schnellbegrüner wie z.B. *Lolium perenne* auf die Entwicklung der übrigen Vegetation? Hemmen sie eventuell seltene Arten?
- Wie wirkt sich der Boden und dessen Humusierung auf die Vegetationsentwicklung aus?

Daneben sollte aber auch der Verlauf der Sukzession auf verschiedenen Rohböden studiert werden.

Die Erkenntnisse, welche sich aus diesen Versuchen ergeben, sollen nicht nur Richtlinien für die Gestaltung von Strassenböschungen liefern, sie können auch bei der Gestaltung von künstlichen Biotopen oder z.B. bei der Rekultivierung von Kiesgruben Anwendung finden.

## 2. Versuchsanlage und Methoden

### *2.1. Charakterisierung der Versuchsflächen*

Die drei Versuchsflächen befinden sich in der Nordostschweiz. Die Fläche Asp liegt an der Nordumfahrung von Zürich (N20), bei Zürich-Affoltern. Die Flächen Wagenhausen und Hemishofen liegen an der Umfahrung von Stein am Rhein, Wagenhausen südlich, Hemishofen nördlich des Rheins (Abb. 1). Die Wahl fiel auf diese drei Flächen, weil sie gerade frisch entstanden und noch nicht begrünt waren und ihre Neigung und Exposition den Bedürfnissen von trockenen Magerwiesen entsprachen. Der Boden jeder Fläche erschien äusserlich homogen. Die Böschung Wagenhausen ist ca. 600 m lang und verläuft leicht gekrümmt mit Expositionen von Ostsüdost bis Südsüdost. Die Böschung Hemishofen ist nach Westsüdwest exponiert und ca. 150 m lang. Die Böschung Asp ist ca 450 m lang und südexponiert. Alle drei Flächen sind ca. 8 bis 20 Meter breit und haben eine Neigung von ca. 60%.

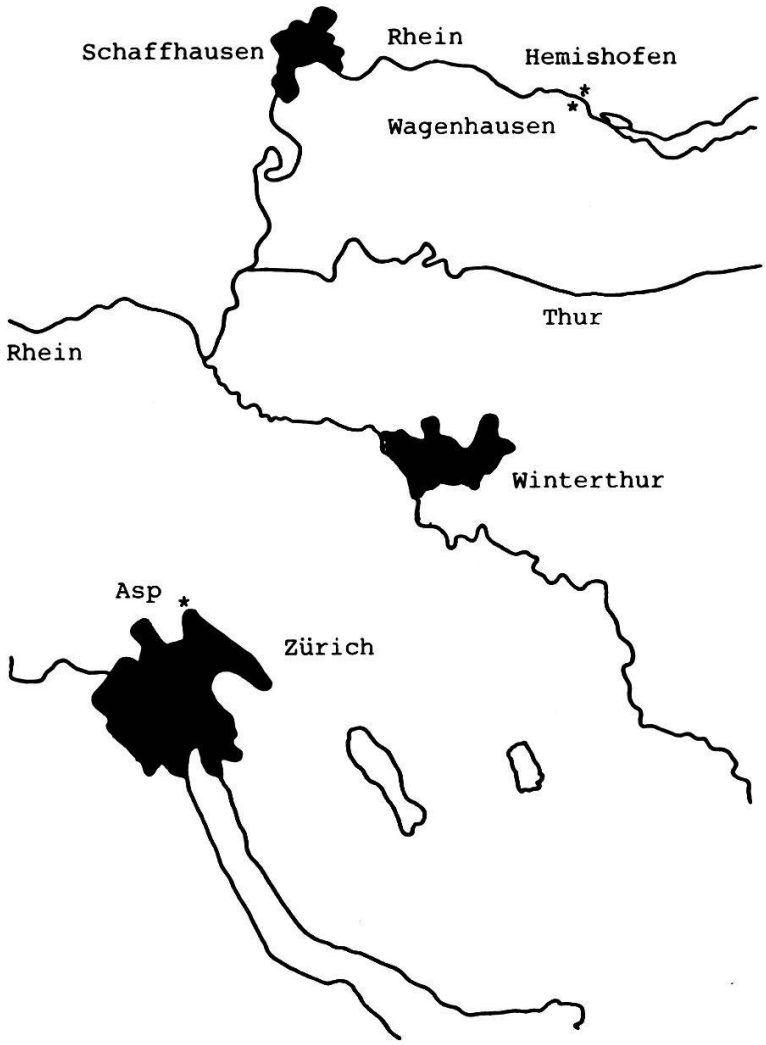



Abb. 1. Geographische Lage der Versuchsflächen

*Location of the study areas*

## 2.2. *Klima*

### 2.2.1. *Allgemeinklima*

Zur Charakterisierung des Allgemeinklimas dienen die Klimadiagramme von Schaffhausen und Zürich aus WALTER und LIETH (1960-1967). An beiden Orten herrscht ein gemässigt-feuchtes Klima mit einer mässig kalten Jahreszeit und Hauptniederschlägen im Sommer. Die beiden Diagramme (Abb. 2) unterscheiden sich hauptsächlich hinsichtlich der Niederschlagsmengen; Schaffhausen (Jura) ist niederschlagsärmer als Zürich.

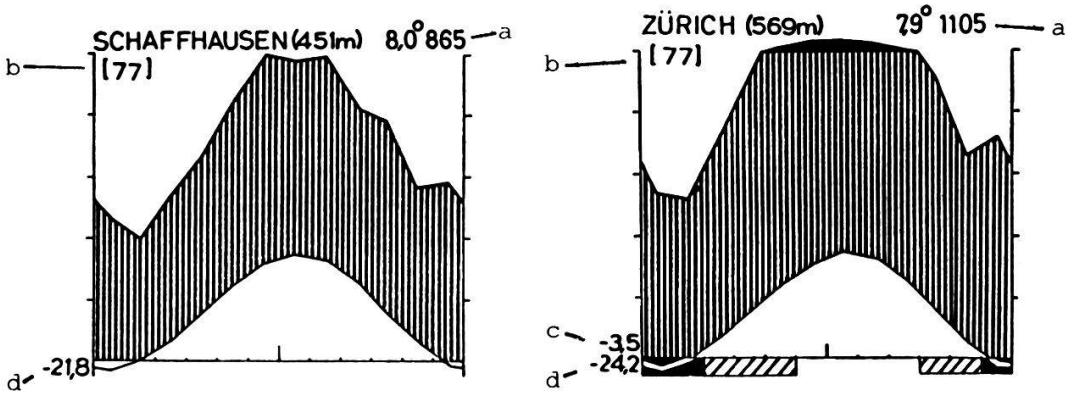



Abb. 2. Klimadiagramme von Schaffhausen und Zürich aus WALTHER und LIETH (1960-1967).

*Climatic diagrams of Schaffhausen and Zurich from WALTER and LIETH (1960-1967).*

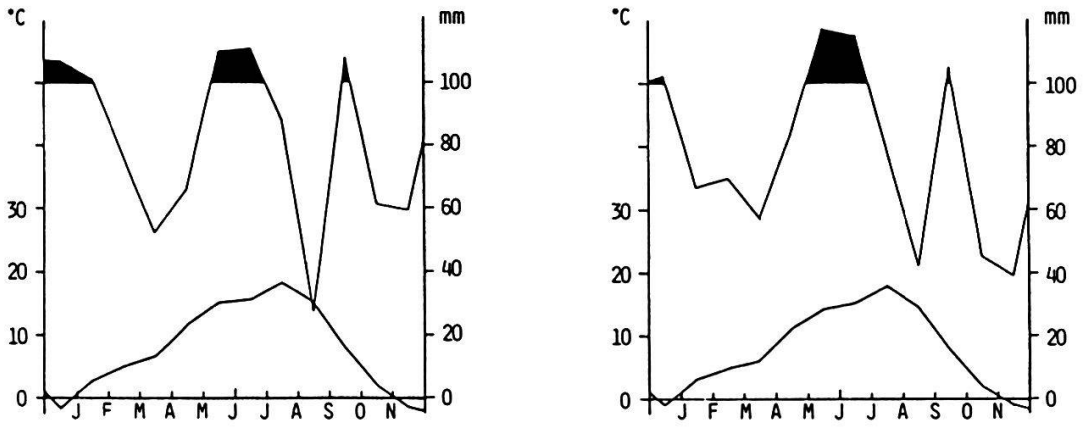
Obere Kurve: Durchschnittliche monatliche Niederschläge (schwarze Fläche: Reduktion des Massstabes auf 1/10)
Untere Kurve: Mittlere Monatstemperaturen
a: Höhe über Meer
b: Anzahl Beobachtungsjahre
c: Tiefstes Monatsmittel
d: Tiefste gemessene Temperatur

### 2.2.2. *Witterungsverlauf 1980*

Nach den Ergebnissen von Messungen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (SMZA 1980) in Zürich-Reckenholz (ca. 500 m neben der Versuchsfläche Asp) und Schaffhausen wurden Diagramme über den Witterungsverlauf 1980 hergestellt (Abb. 3). Der Vergleich mit den langjährigen Mitteln zeigt an beiden Messstellen überdurchschnittlich hohe Niederschläge in den Monaten Juni und Juli sowie eine kurze Trockenperiode im September, gefolgt von einer zweiten regnerischen Periode.

Abb. 3. Witterungsverlauf in Schaffhausen und Zürich-Reckenholz 1980. Obere Kurve: Monatsmittel Niederschläge (schwarze Fläche: Massstabsreduktion auf 1/5). Untere Kurve: Temperaturverlauf (Monatsmittel). Nach Angaben der SCHWEIZ. METEOROLOGISCHEN ZENTRALANSTALT, Zürich.

*Meteorological conditions at Schaffhausen and Zurich-Reckenholz in 1980.*




## 2.3. *Versuchsanordnung und Ansaat*

### 2.3.1. *Versuchsanordnung*

Die Versuchsflächen auf den Böschungen Wagenhausen und Asp (Abb. 4) bestehen aus randomisierten Blöcken, wie sie z.B. COCHRAN and COX (1957), SCHEFFE (1959) und WEBER (1980) erwähnen. Die Böschungen wurden in vier gleich grosse aufeinanderfolgende Blöcke aufgeteilt. In jedem Block sind vier verschiedene Rasenmischungen und eine Kontrollfläche ohne Ansaat

enthalten. Diese fünf Teilflächen haben in jedem Block eine andere zufällige Reihenfolge. Daraus ergibt sich für jeden Vegetationstyp eine vierfache Wiederholung.

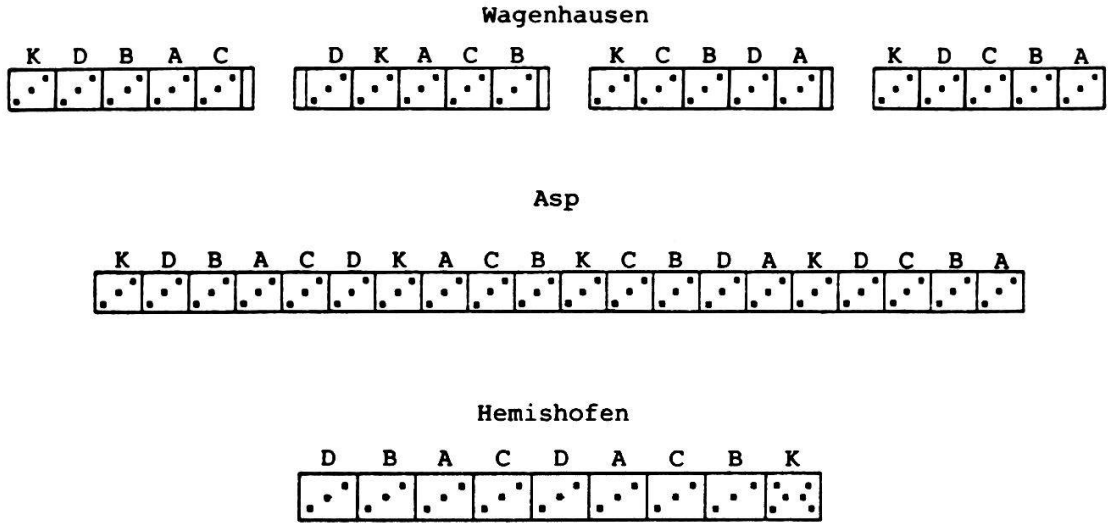



Abb. 4. Schema der Versuchsanordnungen auf den drei Böschungen. (A, B, C, D = Rasenmischungen, K = Kontrollflächen, weitere Erklärungen im Text).

*Experimental design on the three slopes. (A, B, C, D = seed mixes, K = control plots, further explanations see text).*

Innerhalb jeder Teilfläche sind drei Dauerflächen von einem Quadratmeter angelegt und von links nach rechts aufsteigend angeordnet. Durch diese Anordnung sollten vor allem Versuchsfehler, welche durch unterschiedliche Bodeneigenschaften in Längs- oder Querrichtung entstehen könnten, ausgeschaltet werden. Während auf der Böschung Asp alle 20 Teilflächen aneinanderliegen, sind auf der Böschung Wagenhausen die einzelnen Blöcke jeweils voneinander getrennt; dazwischen wurden einheimische Sträucher angepflanzt. Zwischen den äusseren Teilflächen der Blöcke und diesen Anpflanzungen wurde, wenn die Grenze nicht durch eine Kontrollfläche gebildet war, noch zusätzlich ein fünf Meter breiter unbehandelter Streifen belassen.

Bei der Fläche Hemishofen, welche viel kürzer als die beiden andern ist, konnten auf Wunsch der Bauleitung nur zwei Blöcke angelegt werden, wobei in beiden die Kontrollflächen herausgenommen und an das rechte Ende der ganzen Fläche verlegt werden mussten (Abb. 4). Die einzelnen Teilflächen messen in Wagenhausen 180 $m^2$, in Hemishofen ca. 200 $m^2$ und in Asp ca. 150 bis 300 $m^2$.

### *2.3.2. Ansaat*

Die Ansaat erfolgte bei Asp und Wagenhausen auf die gleiche Weise und durch dieselbe Firma. Die Rasenmischungen wurden, zusammen mit einem Startdünger (Lonza Volldünger, ca. 25 $g/m^2$), mittels Hydroseeder auf die Flächen gespritzt (vgl. SCHIECHTL 1973). Dies ergab eine Menge von ca. 25 Gramm Saatgut pro Quadratmeter. Die ganze Böschung wurde daraufhin mit einer Mischung aus Stroh und Bitumen abgedeckt. Bei Hemishofen erfolgte die Ansaat durch eine andere Firma von Hand und ohne Abdeckung. Der Saatzeitpunkt lag bei Asp Ende April, bei Wagenhausen anfangs Juni und in Hemishofen Mitte Juli.

### *2.3.3. Rasenmischungen und Bewirtschaftung*

Es gelangten zwei von der Zusammensetzung her prinzipiell verschiedene Rasenmischungen in je zwei Varianten zur Anwendung. Die eine Mischung, KTZ80, welche im folgenden als Mischung A und B (ohne *Lolium perenne*) bezeichnet wird, erklärte der Kanton Zürich für magere Böschungen obligatorisch. Die andere Mischung war anhand der Ergebnisse einer Arbeit (WEGELIN 1979) über die Sukzession von Magerrasen auf Strassenböschungen im Nordostschweizer Jura zusammengestellt worden und enthielt weniger Gräser und Leguminosen. Ihre Varianten werden mit C bzw. D (ohne *Lolium*) bezeichnet.

Zu jeder Mischung kam eine Zusatzmischung, welche 12 seltenere Arten in ganz geringen Mengen enthielt. Die Keimfähigkeit dieser 12 Arten wurde von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz, ermittelt. Die Rasenmischungen sind in Tab. 1.,

Die Ergebnisse der Keimungstests in Tab. 2. zusammengestellt. Das Saatgut lieferte eine Schweizer Samenhandlung.

Tab. 1. Zusammensetzung der Rasenmischungen A und C gemäss Samenhandlung.
*Composition of seed mixtures A and C according to the seed-shop.*

| Rasenmischungen | A | C |
|---|---|---|
| Art | Anteil (Gewichts-%) | |
| *Bromus erectus*° | 30 | 44 |
| *Bromus secalinus* | 4 | |
| *Dactylis glomerata* | 3 | |
| *Festuca ovina* | 14 | 25 |
| *Festuca duriuscula* | 10 | |
| *Holcus lanatus* | 2 | |
| *Poa compressa* | 8 | |
| *Poa pratensis* | 5 | |
| *Trisetum flavescens* | 4 | |
| *Lolium perenne* | 6 | 10 |
| *Anthyllis vulneraria* | 1 | |
| *Lotus corniculatus* | 3 | 5 |
| *Medicago lupulina* | 1 | |
| *Trifolium repens* | 1 | |
| *Sanguisorba minor* | 5 | 9 |
| *Plantago lanceolata* | 1 | 1,6 |
| *Achillea millefolium* | 0,5 | |
| *Chrysanthemum leucanthemum* | 0,5 | |
| *Papaver rhoeas*° | 1 | |
| *Onobrychis viciifolia* | | 5 |
| *Scabiosa columbaria* | | 0,1 |
| *Knautia arvensis* | | 0,1 |
| *Salvia pratensis** | | 0,1 |
| *Thymus pulegioides* | | 0,1 |
| *Coronilla varia* | 0,01 | 0,01 |
| *Centaurea cyanus*** | 0,02 | 0,02 |
| *Pulsatilla vulgaris* | 0,01 | 0,01 |
| *Campanula glomerata* | 0,01 | 0,01 |
| *Campanula patula* | 0,01 | 0,01 |
| *Campanula rotundifolia* | 0,01 | 0,01 |
| *Aster amellus* | 0,01 | 0,01 |
| *Buphthalmum salicifolium* | 0,01 | 0,01 |
| *Dianthus carthusianorum* | 0,01 | 0,01 |
| *Teucrium chamaedrys* | 0,01 | 0,01 |
| *Pimpinella saxifraga*° | 0,01 | 0,01 |
| *Chrysanthemum leucanthemum* | 0,01 | 0,01 |

* Nur auf der Böschung Asp

** Fälschlicherweise anstelle von *Centaurea jacea* und *C. scabiosa*

° Enthielten z.T. auch andere Arten oder wurden als andere Arten bestimmt.

Die angesäten Flächen wurden einmal jährlich im Spätherbst gemäht und gerecht. Die Kontrollflächen sollten möglichst wenig betreten werden und blieben ohne Bewirtschaftung.

Tab. 2. Ergebnisse der Keimfähigkeitstests der 12 selteneren Arten.
*Test results for ability to germinate of the 12 rarer species.*

| Art | Keimfähigkeit (%) |
|---|---|
| *Coronilla varia* | 57 |
| *Centaurea cyanus* | 55 |
| *Pulsatilla vulgaris* | 36 |
| *Campanula glomerata* | 82 |
| *Campanula patula* | 93 |
| *Campanula rotundifolia* | 82 |
| *Aster amellus* | 19 |
| *Buphthalmum salicifolium* | 82 |
| *Dianthus carthusianorum* | 95 |
| *Teucrium chamaedrys* | 47 |
| *Pimpinella saxifraga* | 79 |
| *Chrysanthemum leucanthemum* | 84 |

## *2.4. Methoden*

### *2.4.1. Vegetationsaufnahmen*

Die Vegetationsaufnahmen im ersten Jahr wurden Mitte August bis Mitte September 1980 gemacht, in den beiden folgenden Jahren jeweils zwischen Mitte Juni und Mitte Juli und von September bis Oktober nochmals ergänzt.

In den Dauerquadraten sollten auch geringfügige Verschiebungen im unteren Bereich von Deckungsgraden bei einzelnen Arten festgehalten werden. Die Skala von BRAUN-BLANQUET (1964) für das Schätzen von Abundanz bzw. Dominanz mit ihrer relativ groben Einteilung hätte solche Veränderungen kaum erkennen lassen. Deshalb wurde eine verfeinerte Skala gewählt, abgeleitet nach derjenigen von LONDO (1975). Diese Werte lassen sich einfach in BRAUN-BLANQUET- bzw. LONDO-Werte umrechnen (Tab. 3.).

Tab. 3. Vergleich der Deckungsgrad-Skalen von BRAUN-BLANQUET und LONDO mit der eigenen Skala.

*Comparison of the cover scales of BRAUN-BLANQUET (1964) and LONDO (1975) with the scale of the author.*

| BRAUN-BLANQUET | LONDO | eigene Skala | mittlere Deckung (%) |
|---|---|---|---|
| leer | leer | leer | 0 |
| | r | r | 0,1 |
| +/r | | a | 0,5 |
| | p | p | 2 |
| | | b | 3,5 |
| 1 | m | m | 5 |
| | | c | 7,5 |
| | 1 | 1 | 10 |
| 2 | | d | 15 |
| | 2 | 2 | 20 |
| | | e | 25 |
| | 3 | 3 | 30 |
| 3 | | f | 35 |
| | 4 | 4 | 40 |
| | 5 | 5 | 50 |
| 4 | 6 | 6 | 60 |
| | 7 | 7 | 70 |
| 5 | 8 | 8 | 80 |
| | 9 | 9 | 90 |
| | 10 | 10 | 100 |

Die Nomenklatur der Blütenpflanzen richtet sich nach HESS, LANDOLT und HIRZEL (1967-1972). Die Moose wurden nicht weiter unterschieden, da die meisten nur steril vorlagen und ihre ökologische Aussagekraft z.T. recht gering ist.

### *2.4.2. Bodenkundliche Methoden*

#### *1. Probenahme*

Die Bodenproben wurden für jedes Dauerquadrat als Mischproben mit einem Probenstecher aus 0 bis 10 cm Tiefe entnommen. Die Entnahmestellen lagen bis zu 50 cm um die linke untere bzw. die rechte obere Ecke ausserhalb des Quadrates. Die Probenahme erfolgte Mitte November 1981.

## 2. *Bodenanalysen*

Die Bodenproben wurden zunächst luftgetrocknet, hernach Feinerde und Skelett durch trockenes Sieben auf 2mm getrennt und deren Anteile. Die Feinerde wurde danach auf folgende Faktoren hin untersucht:

1. *Korngrösse*. - Die Bestimmung der Korngrösse erfolgte für die Fraktionen 0.063 mm durch Nassiebung bzw. für die Fraktionen 0.002 mm mit der Pipette-Methode. Vor den Messungen musste die organische Substanz durch $H_2O_2$ zerstört werden (SCHLICHTING und BLUME 1966). Das Verfahren ist sehr arbeitsintensiv und konnte daher nur an jeder vierten Probe durchgeführt werden.

2. *Organische Substanz*. - Die Bestimmung der organischen Substanz geschah mittels nasser Veraschung (SCHLICHTING und BLUME 1966).

3. *pH*. - Die Bodenproben wurden mit einer 0.01 m $CaCl_2$-Lösung versetzt, einen Tag lang stehen gelassen und anschliessend bestimmte man den pH-Wert der Suspension elektrometrisch (STICHER et al. 1971).

4. *Karbonat*. - Der $CaCO_3$-Gehalt wurde nach der Scheibel-Methode bestimmt (SCHLICHTING und BLUME 1966).

5. *Gesamtstickstoff*. - Der Gesamtstickstoff wurde durch Kjeldahl-Aufschluss und anschliessende Titration nach SCHLICHTING und BLUME (1966) bestimmt; der Aufschluss erfolgte ohne das dort erwähnte Natriumthiofat.

6. *Phosphat*. - Die Bestimmung des Phosphatgehaltes erfolgte nach der Methode von OLSEN et al. (in JACKSON 1958). Die so erhaltenen Werte stellen das mit Bicarbonat extrahierbare Phosphat dar.

7. *Kationen*. - Für die Bestimmung der austauschbaren Kationen wurde nach der Methode von STICHER et al. (1971) vorgegangen. Der Gehalt an extrahierbaren $Mg^{2+}$-, $Ca^{2+}$- und $K^{+}$-Ionen konnte mittels Atomabsorber gemessen werden.

### *2.4.3. Statistische Auswertung*

Zur Auswertung ökologischer Daten existieren zahlreiche Publikationen (ORLOCI 1978, GREEN 1979, VAN DER MAAREL 1980, VAN DER MAAREL et al. 1980, GAUCH 1982, GREIG-SMITH 1983). Da die Zielsetzung für die Auswertung der Bodendaten und der Vegetation nicht identisch ist, werden die angewandten Verfahren im folgenden einzeln behandelt.

#### *1. Bodenkundliche Daten*

Bei den Bodendaten ging es darum, Unterschiede zwischen den drei Versuchsflächen sowie deren Inhomogenität darzulegen. Man konnte zwar vermuten, dass solche Unterschiede vorhanden seien, über ihr Ausmass bestand aber keine Klarheit. Ebenso war unklar, ob sie für alle untersuchten Merkmale gleichermassen zutreffen. Die Auswertung der verschiedenen Bodenfaktoren wurde deshalb sowohl einzeln als auch multivariat vorgenommen. Davon ausgeklammert blieb die Korngrössenverteilung, da die Untersuchungen dazu nur an einer reduzierten Zahl von Proben durchgeführt wurde.

*Varianzanalysen*: Die Varianzanalyse gehört heute zu den statistischen Standardverfahren und wird in mehreren Statistikwerken ausführlich beschrieben (SCHEFFE 1959, SEARLE 1971, BAHRENBERG und GIESE 1975, MORRISON 1976, WEBER 1980).

Die Rohdaten jeder Versuchsfläche wurden für die Varianzanalysen und die Darstellung der Resultate entsprechend der Versuchsanordnung zusammengestellt. Innerhalb der Versuchsblöcke unterschied man zwischen Proben vom unteren Rand der Böschung, solchen von der Mitte und solchen vom oberen Rand. Es ergaben sich somit für die Böschungen Asp und Wagenhausen je 12 verschiedene Zellen (vier Blöcke zu je drei Positionen), die Böschung Hemishofen lieferte sechs Zellen (zwei Blöcke zu je drei Positionen).

Zur Prüfung von Blockeffekt und Positionseffekt sowie der Unterschiede zwischen den drei Versuchsflächen wurden für jedes Merkmal verschiedene Varianzanalysen mit der Statistikprozedur MANOVA aus dem SPSS-Programmpaket Version 8.3 (BEUTEL und SCHUBö 1983, NIE and HULL 1981) durchgeführt. Zum Testen der Unterschiede zwischen den Versuchsflächen wurden

die festen Effekte Ort, Block geschachtelt im Ort, Position geschachtelt im Ort und die Wechselwirkung zwischen Block und Position für jeweils zwei Versuchsflächen getestet (1). Die Böschung Hemishofen weist eine andere Versuchsanordnung auf als die übrigen beiden Böschungen. Ein gleichzeitiger Test aller drei Flächen war deshalb nicht möglich. Für die Tests zwischen der Böschung Hemishofen und den anderen Böschungen gilt der gleiche Vorbehalt. Es sei an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass die bei der Varianzanalyse durchgeführten F-Tests normalverteilte Daten voraussetzen (SCHEFFE 1959), was hier in den meisten Fällen nur annäherungsweise zutrifft.

Innerhalb jeder Fläche wurden sodann Blockeffekt und Positionseffekt sowie deren Wechselwirkung getestet (2). Alle Varianzanalysen stellen Zweiwegklassifikationen im Sinne vorgenannter Autoren dar. Die Einflussgrössen Ort, Blockeffekt und Positionseffekt werden als feste Effekte betrachtet.

Im Verlauf der Durchführung der Varianzanalysen zeigte sich, dass die Wechselwirkungen in praktisch allen Fällen vernachlässigt werden konnten. Die in den Varianzanalysen verwendeten linearen Modelle lauteten demnach für Tests zwischen den Orten

$$y_{ijk} = u + a_i + b_{j(i)} + c_{l(i)} + e_{ijlk}$$

$y_{ijk}$: Wert der Probe am i-ten Ort in der j-ten Position im k-ten Block ($i = 1 - 3$, $j = 1 - 3$, $k = 1 - 4$)
u: Mittelwert aller Proben
a: Korrektur für Ortseinfluss
b: Positionseffekt
c: Blockeffekt
e: Fehlerkonstante (j-ter Fehler)

und für die Tests innerhalb der einzelnen Böschungen

$$y_{ij} = u + a_i + b_j + e_{ijk}$$

$y_{ij}$: Wert der Probe im i-ten Block an der j-ten Position ($i = 1 - 4$, $j = 1 - 3$)
u: Mittelwert aller Proben
a: Blockeffekt
b: Positionseffekt
e: Fehlerkonstante (k-ter Fehler)

*Hauptkomponentenanalyse*: Die multivariate Auswertung der Bodenanalysen hatte zum Ziel, die Proben aufgrund ihrer Aehnlichkeiten zu gruppieren. Dazu wurde die Hauptkomponentenanalyse (PCA, principal component analysis) verwendet (BAHRENBERG und GIESE 1975, MORRISON 1976). Das Prinzip dieses Verfahrens besteht darin, ein mehrdimensionales Achsensystem aufzustellen, dessen Achsen die einzelnen untersuchten Merkmale, also z.B. Skelettgehalt, organische Substanz oder pH darstellen. Im Raum, welcher durch das Achsensystem aufgespannt wird, stellt jede Bodenprobe einen Punkt dar. In die Punktewolke wird nun ein neues Achsensystem so hineingelegt, dass die Punktekoordinaten bezüglich der neuen ersten Achse maximale Varianz besitzen. Senkrecht zu dieser ersten Achse (1. Hauptkomponente) wird sodann eine zweite so gelegt, dass darauf wiederum ein Maximum an Restvarianz projiziert werden kann. Ebenso wird für weitere Achsen vorgegangen. In günstigen Fällen ergibt sich so ein Achsensystem mit weniger Dimensionen, die Merkmale werden zu wenigen Hauptkomponenten zusammengefasst.

Im vorliegenden Fall wurden danach die ersten beiden Hauptkomponenten in einem Koordinatensystem dargestellt (Ordination). Darin liegen die Punkte für zwei Proben umso näher beisammen, je grösser ihre gesamthafte Aehnlichkeit ist. Für die Berechnung dieser Ordination gelangte das Programmpaket von WILDI und ORLOCI 1980 zur Anwendung. Als Aehnlichkeitsmass wurde der Produktmomentkorrelationskoeffizient verwendet. Die Daten (ausgenommen die pH-Werte) wurden vorgängig transformiert nach $x' = \log(1+x)$ und anschliessend standardisiert (GREEN 1979).

## 2. *Vegetationskundliche Daten*

Zur Auswertung der Vegetationsaufnahmen wurden die Stichproben der Quadrate gleichen Vegetationstypes von jeder Böschung und für jedes Jahr zu einer Durchschnittsaufnahme zusammengefasst. So ergaben sich für jede Böschung fünf Durchschnittsaufnahmen pro Jahr und gleichzeitig konnten Arten mit sehr geringer Abundanz und Dominanz eliminiert werden. Daraus wurde für jede Böschung eine handgeordnete Vegetationstabelle erstellt.

Für die Darstellung der dynamischen Vorgänge kam die *Korrespondenzanalyse* als Ordinationsverfahren zur Anwendung (BENZECRI et al. 1980, GREENACRE

1980, GAUCH 1982). Diese ist prinzipiell der Hauptkomponentenanalyse ähnlich, eignet sich aber unseres Erachtens für die Ordination heterogener Stichproben besser. Zur Berechnung wurde ebenfalls das Programmpaket von WILDI und ORLOCI (1980) verwendet.

Um einen Ueberblick über möglichst alle vorgefundenen Arten zu erhalten, wurden zudem eine Stetigkeitstabelle erstellt, die alle Aufnahmen der drei Versuchsjahre enthält. Zum Vergleich sind die Stetigkeitswerte von einheimischen Fett- und Magerwiesen aufgeführt.

# 3. Ergebnisse

## *3.1. Bodenanalysen*

In diesen Teil werden die Ergebnisse von JUCHLER (1981) mit einbezogen, die aus Bodenuntersuchungen an der Böschung in Wagenhausen 1981 resultierten.

Entsprechend den verschiedenen Typen von Böschungen zeigten sich z.T. markante Unterschiede in den untersuchten Merkmalen, welche im folgenden einzeln besprochen werden. Die Ergebnisse der Varianzanalysen (P-Werte der F-Tests) sind in Tab. 4. aufgeführt.

### *3.1.1. Skelett*

Der Skelettgehalt der Bodenproben aus den verschiedenen Zellen der drei Böschungen ist in Abb. 6. dargestellt. Er beträgt auf der Fläche Asp im Mittel 27.4%, wobei Extremwerte bis zu 49.7% gefunden wurden (Abb. 5.). Die Böschung Hemishofen enthielt durchschnittlich 20.6% Skelett, Wagenhausen 11.1%, also weniger als die Hälfte der Mergelböschung Asp. Obwohl die Böschung in Wagenhausen aufgeschüttet worden ist, liegen kleine Standardabweichungen vor. Dasselbe gilt für die humusierte Böschung in Hemishofen, während bei Asp sehr grosse Unterschiede zwischen einzelnen Proben bestanden. Diese sind aber wohl zu einem grossen Teil dadurch bedingt,

Tab. 4. P-Werte der Varianzanalysen.
a: Zwischen je zwei Orten (Feste Effekte: Ort, Block, Position)
b: Innerhalb eines Ortes (Feste Effekte: Block, Position)

P-Werte <0,01 bedeuten Signifikanz der Nullhypothese auf dem 1%-Niveau, P-Werte <0,05 dasselbe auf dem 5%-Niveau.

*P-values (probability) of the analysis of variance.*

a.

| Parameter | Vergleiche zwischen Wagenhausen und Asp | | Wagenhausen und Hemishofen | | Asp und Hemishofen | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Block | Position | Block | Position | Block | Position |
| Skelett | 0 | | 0 | | 0,003 | |
| organ. C | 0,481 | | 0 | | 0 | |
| pH | 0,145 | | 0 | | 0 | |
| Karbonat | 0 | | 0 | | 0 | |
| Ges.-Stickst. | 0,937 | | 0 | | 0 | |
| Phosphat | $4,072*10^{-6}$ | | $1,042*10^{-7}$ | | 0,857 | |
| Magnesium | 0 | | $2,153*10^{-6}$ | | 0 | |
| Calcium | 0,010 | | 0 | | 0 | |
| Kalium | 0 | | $2,210*10^{-4}$ | | 0 | |
| Skelett | 0,655 | 0,621 | 0,003 | 0,849 | 0,826 | 0,733 |
| organ. C | 0,423 | 0,543 | 0,573 | 0,883 | 0,728 | 0,686 |
| pH | 0,002 | 0,421 | 0,021 | 0,772 | 0,001 | 0,369 |
| Karbonat | 0,003 | 0,466 | 0,003 | 0,961 | 0,005 | 0,535 |
| Ges.-Stickst. | 0,072 | 0,045 | 0,394 | 0,842 | 0,767 | 0,234 |
| Phosphat | 0,174 | 0,836 | 0,706 | 0,837 | 0,081 | 0,898 |
| Magnesium | 0 | $3,899*10^{-6}$ | $2,299*10^{-5}$ | 0,322 | 0 | $1,082*10^{-4}$ |
| Calcium | $5,392*10^{-5}$ | 0,425 | 0,001 | 0,620 | $1,188*10^{-4}$ | 0,954 |
| Kalium | $5,287*10^{-5}$ | 0,564 | 0,954 | 0,923 | $5,143*10^{-5}$ | 0,638 |

b.

| | Wagenhausen | | Hemishofen | | Asp | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Block | Position | Block | Position | Block | Position |
| Skelett | 0,005 | 0,636 | 0,336 | 0,801 | 0,809 | 0,515 |
| org. C | 0,236 | 0,896 | 0,487 | 0,782 | 0,567 | 0,296 |
| pH | 0,168 | 0,900 | 0,010 | 0,413 | 0,005 | 0,263 |
| Karbonat | 0,017 | 0,860 | 0,002 | 0,479 | 0,021 | 0,361 |
| Ges.-Stickst. | 0,057 | 0,968 | 0,611 | 0,724 | 0,348 | 0,006 |
| Phosphat | 0,748 | 0,652 | 0,213 | 0,654 | 0,134 | 0,719 |
| Magnesium | $1,695*10^{-4}$ | 0,194 | 0,598 | 0,633 | 0 | $4,727*10^{-4}$ |
| Calcium | 0,005 | 0,269 | 0,010 | 0,912 | 0,001 | 0,763 |
| Kalium | 0,909 | 0,787 | 0,982 | 0,750 | 0,001 | 0,431 |

Abb. 5. Hoher Skelettgehalt des Bodens in einer Kontrollfläche der Böschung Asp.

*High content of soil skeleton in a control plot on the slope at Asp.*

dass der Verwitterungsgrad des Mergelfelsens, welcher hier das Muttergestein bildet, unterschiedlich weit fortgeschritten ist, oder dass z.T. Feinerde von den benachbarten Feldern und Wiesen den Hang hinuntergerutscht ist. JUCHLER (1981) fand in Wagenhausen in den obersten 10 cm seiner acht Bodenprofile Skelettanteile von 7 bis 38 Volumen-%, innerhalb 50 cm Profiltiefe lagen die Extrema bei 2% und 50%, der Gesamtdurchschnitt betrug 20%.

Die Unterschiede zwischen den Böschungen lassen sich statistisch sichern. Hingegen waren der Blockeffekt und der Einfluss der Position innerhalb der Teilflächen nicht signifikant.

### *3.1.2. Korngrössenverteilung*

In Abb. 7. ist von jeder Böschung ein Korngrössenverteilungsdiagramm dargestellt. Darin sind jeweils eine aus Mittelwerten konstruierte und je zwei extreme Kurven dargestellt. Auf der Böschung Hemishofen und Wagenhausen sind alle Kurven ähnlich, bei der Böschung Asp gibt es enorme Unterschiede zwischen den einzelnen Proben.

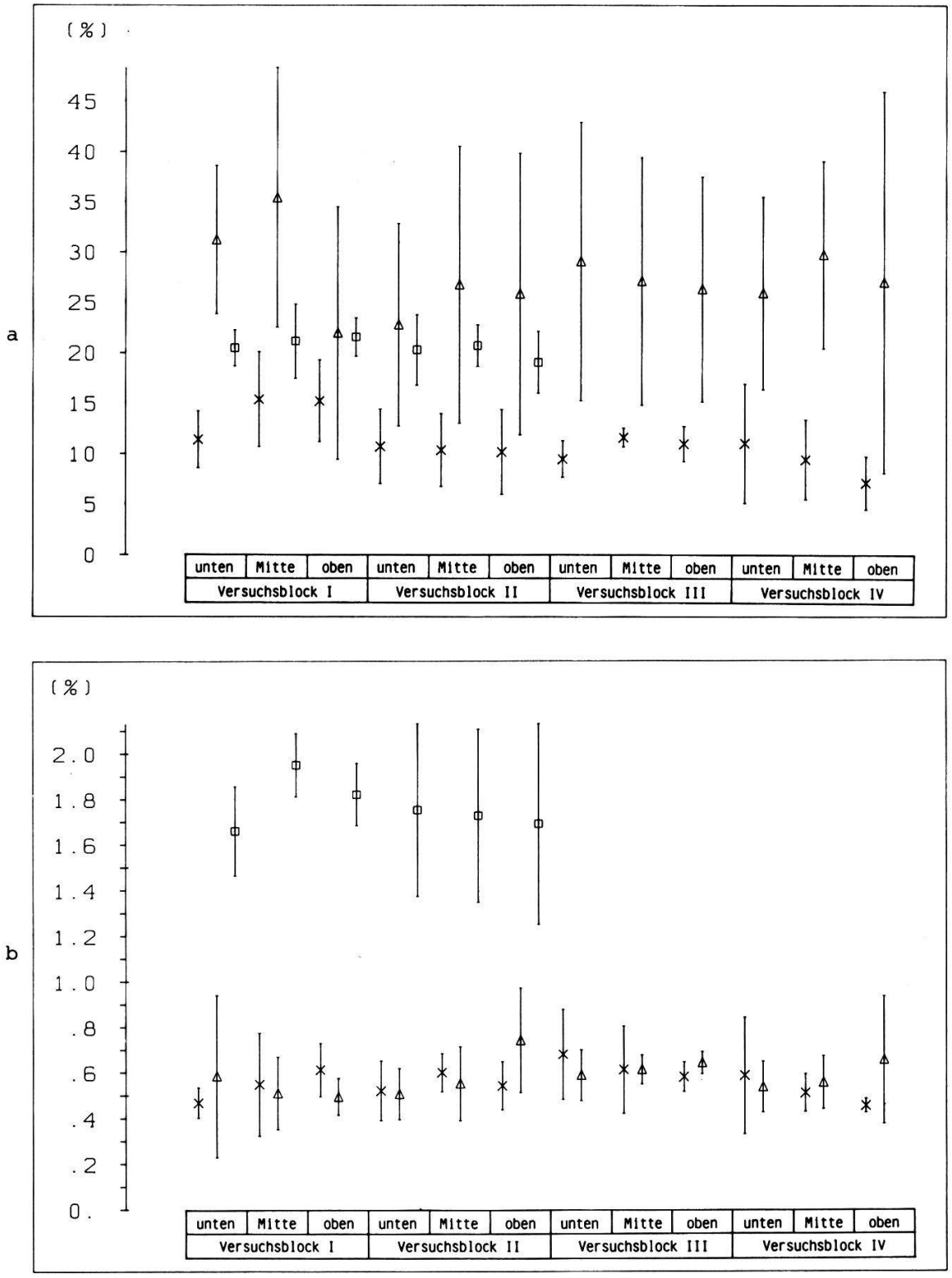



Abb. 6. Mittelwerte und Standardabweichungen des Skelettanteils (a) und der organischen Substanz (b) in den verschiedenen Zellen (vgl. S. 20) der Böschungen. ×: Wagenhausen, □ : Hemishofen, △ : Asp.

*Means and standard deviations of soil skeleton (a) and organic matter (b) in the different cells (see page 20) of the slopes.*

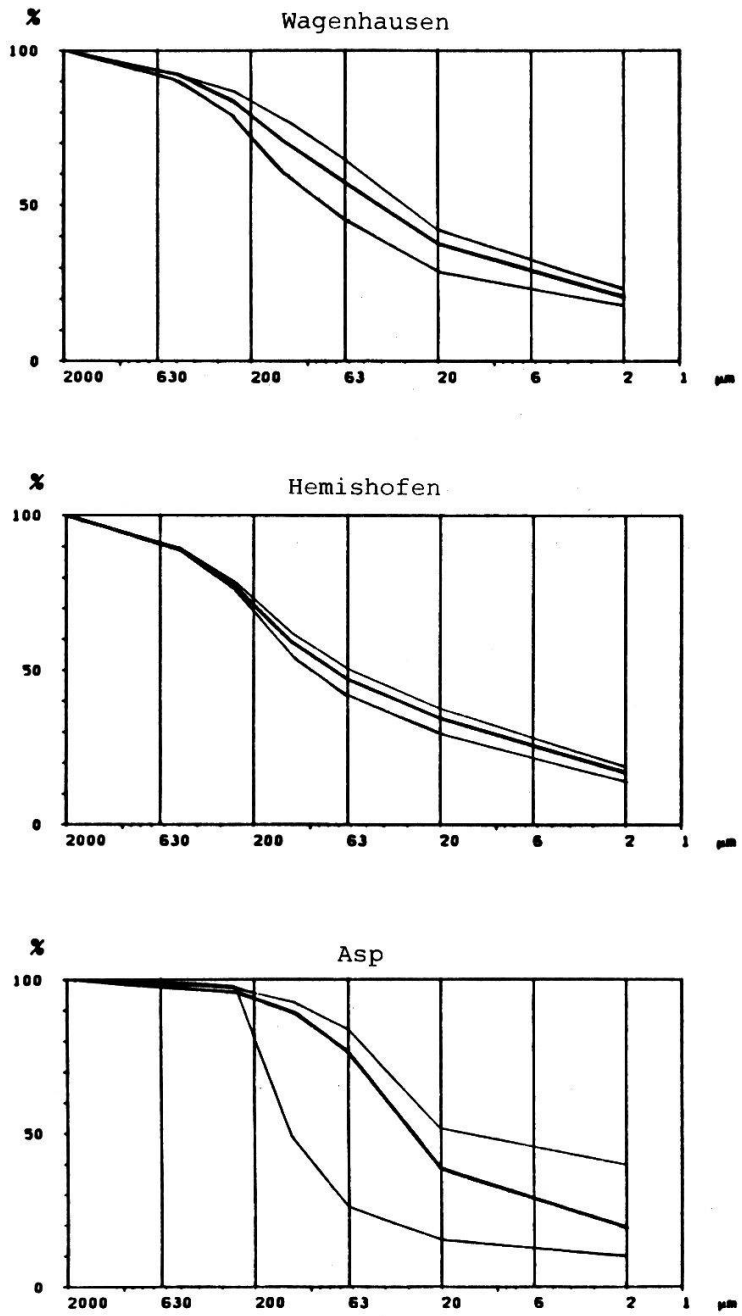



Abb. 7. Korngrössenverteilungen der Feinerde der drei Böschungen. Mittelwerte und Extremwerte. (63-2000 µm: Sand, 2-63 µm: Schluff, <2 µm: Ton)

*Textures of fine earth on the three slopes. Means and extremes. (63-200 µm: sand, 2-63 µm: silt, <2 µm: clay)*

Der Sand-Anteil der Böden bewegte sich bei Wagenhausen zwischen 35% und 55% (Mittel 43%), bei Hemishofen zwischen 50% und 58% (Mittel 53%) und bei Asp zwischen 4% und 44% (Mittel 23%), wobei auf dieser Böschung Extremwerte bis 74% gefunden wurden. Der Schluff-Anteil schwankte bei Wagenhausen zwischen 27% und 42% (Mittel 36%), bei Hemishofen zwischen 28% und 33% (Mittel 31%) und bei Asp zwischen 31% und 84% (Mittel 58%), hier traten aber auch Extremwerte von 16% auf. Der Ton-Anteil betrug in Wagenhausen 13% bis 26% (Mittel 20%), bei Hemishofen 14% bis 19% (Mittel 17%) und bei Asp 4% bis 40% (Mittel 19%).

Aufgrund dieser Mittelwerte lassen sich die Böden in Wagenhausen und Hemishofen nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1982) als sandige Lehme klassifizieren; in Asp ergibt das Mittel einen schluffigen Lehm, die Extrema müssen als schluffiger Ton (tonreiche, sandarme Probe) bzw. als lehmiger Sand (sandreiche Probe) bezeichnet werden.

### *3.1.3. Organische Substanz*

Erwartungsgemäss war der Gehalt an organischer Substanz (Abb. 6.) der humusierten Böschung Hemishofen etwa dreimal so hoch wie derjenige der beiden andern Böschungen. Der Boden ersterer, dessen Mittel 1.8% beträgt, kann nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1982) als schwach humos bezeichnet werden, wogegen die beiden anderen Flächen mit Mitteln von ca. 0.6% humusarme Böden besitzen. JUCHLER (1981) fand auf der Böschung Wagenhausen mit derselben Methode Werte zwischen 0.2% und 0.8%; dabei ergaben sich nicht nur in grösseren Profiltiefen niedrige Werte, sondern auch in den obersten 10 cm. Die Varianzanalysen erbrachten signifikante Unterschiede zwischen der Böschung Hemishofen und jeder der beiden anderen Böschungen, während weder Blockeffekt noch Positionseffekt signifikant waren.

### *3.1.4. Bodenreaktion*

Die pH-Werte (Abb. 8.) liegen alle sehr nahe bei sieben. Obwohl die Unterschiede innerhalb der Flächen und auch zwischen den verschiedenen Böschungen in engen Grenzen liegen und ökologisch kaum bedeutungsvoll sind, erbrachten die Varianzanalysen signifikante Unterschiede zwischen Hemishofen

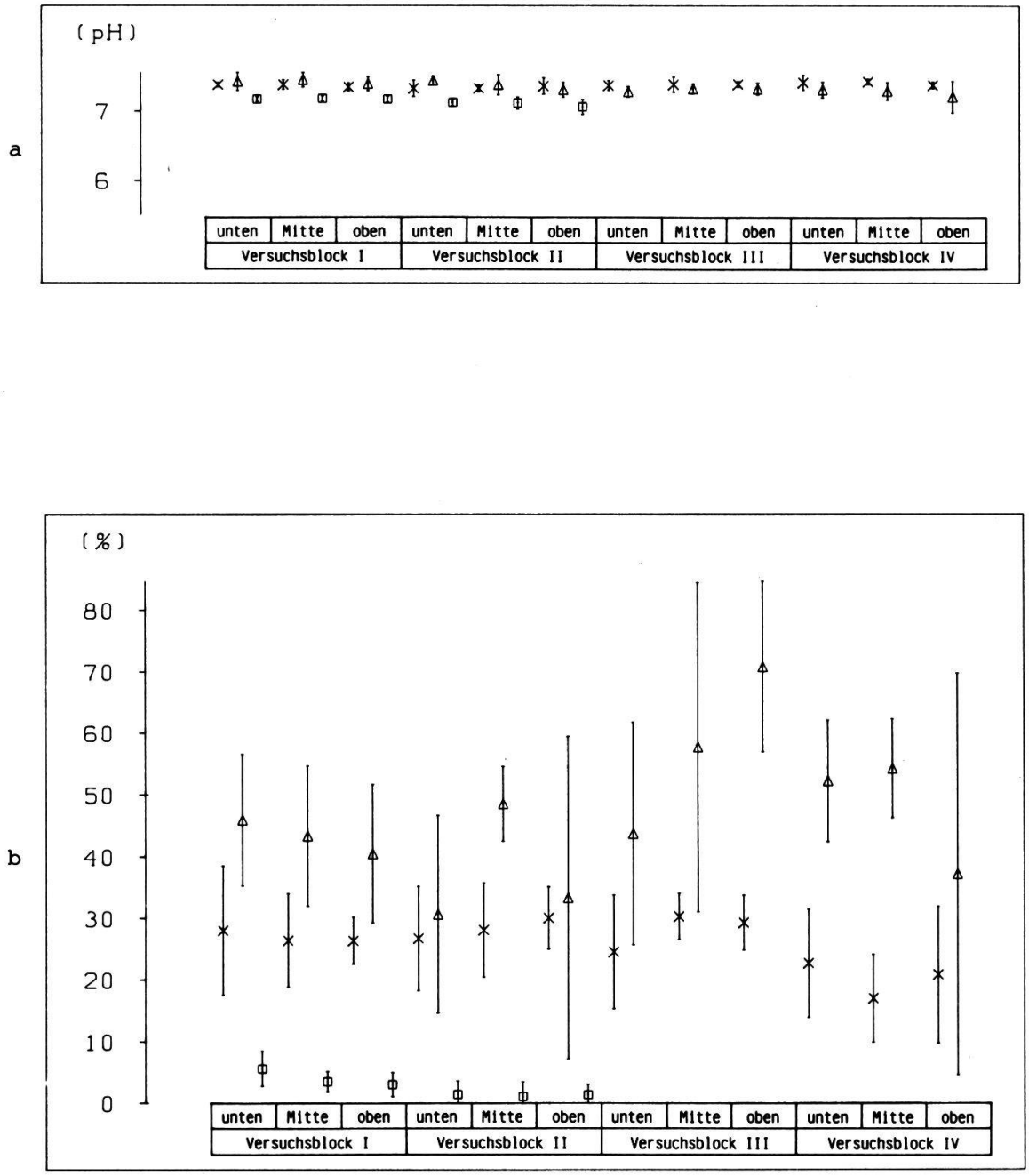



Abb. 8. Mittelwerte und Standardabweichungen der pH-Werte (a) und des Karbonatgehaltes ($CaCO_3$, b) der Böden in den verschiedenen Zellen (vgl. S. 20) der Böschungen. × : Wagenhausen, □ : Hemishofen, △ : Asp.

*Means and standard deviations of pH-values (a) and carbonate (b) in the different cells (see page 20) of the slopes.*

und den beiden andern Flächen; dazu sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsblöcken in Hemishofen und Asp ebenfalls signifikant.

JUCHLER (1981) stellte mit derselben Messmethode auf der Böschung Wagenhausen stets höhere pH-Werte fest (7.6 bis 9.0). Dies mag damit zusammenhängen, dass das pH von Böden allgemein vom Frühjahr bis zum Herbst sinkt und während dem Winter wieder ansteigt (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1982). Da die Probenahme bei JUCHLER im Frühsommer, hier aber im Spätherbst erfolgte und die Unterschiede innerhalb der Fluktuationsbreite liegen, kann angenommen werden, dass es sich um solche jahreszeitlichen Fluktuationen handelt.

### *3.1.5. Karbonat*

Der Karbonatgehalt der drei Böschungen (Abb. 8) verläuft ähnlich wie die pH-Werte. Hemishofen weist mit durchschnittlich ca. 2.5% die niedrigsten Werte auf. In Wagenhausen beträgt der Durchschnitt ca. 26%, wobei JUCHLER (1981) Werte zwischen 7.6% und 36.6% fand. Der Mittelwert von Asp liegt bei ca. 46.5%; hier sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Zellen sehr gross. Die Varianzanalysen erbrachten signifikante Unterschiede zwischen allen Orten. Die Blockeffekte waren ebenfalls überall signifikant.

### *3.1.6. Nährstoffe*

Die hier untersuchten Nährstoffe, Gesamtstickstoff und extrahierbares Phosphat zeigten kein gemeinsames Verhalten. Die Werte für den Gesamtstickstoff (Abb. 9) verlaufen ziemlich parallel zu den Werten für die organische Substanz. Sie sind bei der humusierten Böschung Hemishofen mit durchschnittlich mehr als 0.15% etwa viermal so hoch wie auf den beiden anderen Versuchsflächen. Die Unterschiede zwischen den Böschungen Wagenhausen bzw. Asp und der humusierten Böschung sind signifikant. Bei Asp ist zudem der Blockeffekt signifikant, der dritte Versuchsblock enthält deutlich mehr Stickstoff.

Die Werte für das extrahierbare Phosphat (Abb. 9) sind auf der Böschung Wagenhausen mit durchschnittlich 1.5 mg/100 g Feinerde etwa halb so hoch

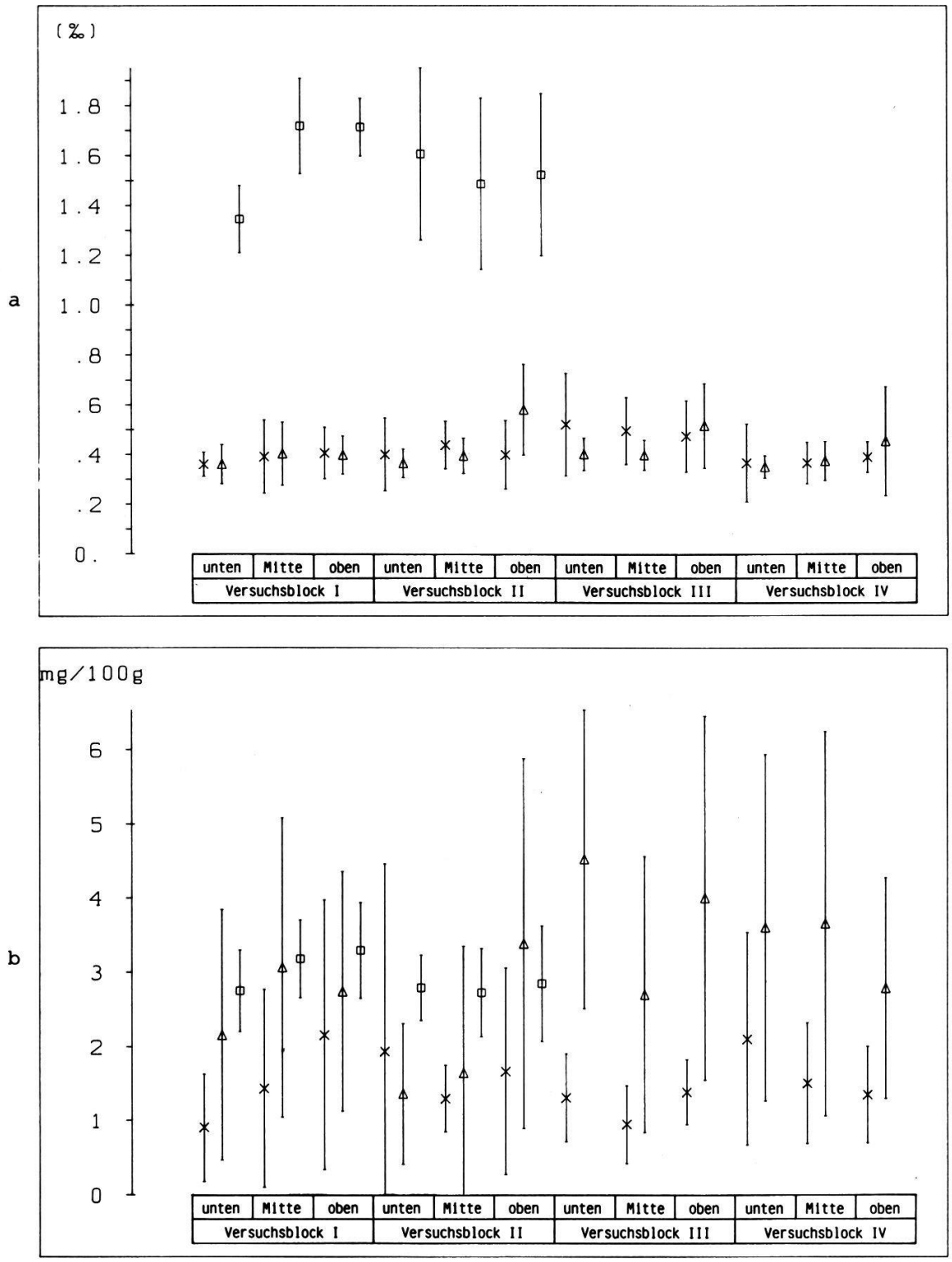



Abb. 9. Mittelwerte und Standardabweichungen des Gesamtstickstoffgehaltes (a) und des extrahierbaren Phosphates (b) der Böden in den verschiedenen Zellen (vgl. S. 20) der Böschungen. × : Wagenhausen, □ : Hemishofen, △ : Asp.

*Means and standard deviations of nitrate (a) and extractable phosphate (b) in the different cells (see page 20) of the slopes.*

wie auf den Böschungen Asp mit durchschnittlich 3.0 mg/100 g bzw. Hemishofen mit durchschnittlich 2.9 mg/100 g. Die Unterschiede sind statistisch gesichert. Die z.T. markanten Unterschiede zwischen einzelnen Werten der gleichen Zellen sind wohl vor allem methodisch bedingt. Es lassen sich daher statistisch keine Unterschiede zwischen verschiedenen Zellen sichern.

### *3.1.7. Kationen*

Von den austauschbaren Kationen verhalten sich Magnesium und Kalium ähnlich. Der mittlere Magnesiumgehalt (Abb. 10) ist bei der Böschung Asp mit 3.8 mVal/100 g Feinerde etwa dreimal so hoch wie bei der Böschung Wagenhausen (1.3 mVal/100 g) bzw. viermal so hoch wie bei der Fläche Hemishofen (1.0 mVal/100 g). Sowohl die Unterschiede zwischen allen drei Versuchsflächen als auch die Blockeffekte bei Asp und Wagenhausen sowie die Positionseffekte bei Asp sind signifikant.

Die Calcium-Werte (Abb. 10) sind allgemein auf jenen Flächen höher, wo man niedrige Magnesiumwerte und hohe Gehalte an organischer Substanz und Gesamtstickstoff findet. Sie sind in Hemishofen im Mittel fast eineinhalb Mal so hoch wie an den beiden anderen Orten (18.0 mVal/100 g Feinerde gegenüber 12.7 mVal/100 g bei Asp bzw. 13.5 mVal/100 g bei Wagenhausen). Die Unterschiede zwischen allen drei Orten sind signifikant, ebenfalls die Unterschiede zwischen den Versuchsblöcken an allen drei Orten. Die Position scheint dagegen keinen Einfluss auf den Calcium-Gehalt auszuüben.

Der Kalium-Gehalt (Abb. 11) beträgt auf der Böschung Asp durchschnittlich 0.39 mVal/100 g Feinerde, auf der Fläche Wagenhausen 0.24 mVal/100 g. Bei der Versuchsfläche Asp fällt vor allem der Unterschied zwischen dem vorderen Teil und dem Rest auf, der statistisch signifikant ist. Daneben können keine gesicherten Unterschiede innerhalb der Böschungen gefunden werden, wohl aber zwischen den einzelnen Orten.

Die Werte der drei Ionen können zusammengefasst werden zur Kationentauschkapazität; der in diesen Bodenverhältnissen sicherlich vernachlässigbar kleine Wert für Natrium fehlt dabei. Nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1982) ist Natrium am Kationenbelag meist zu weniger als 1% beteiligt, da

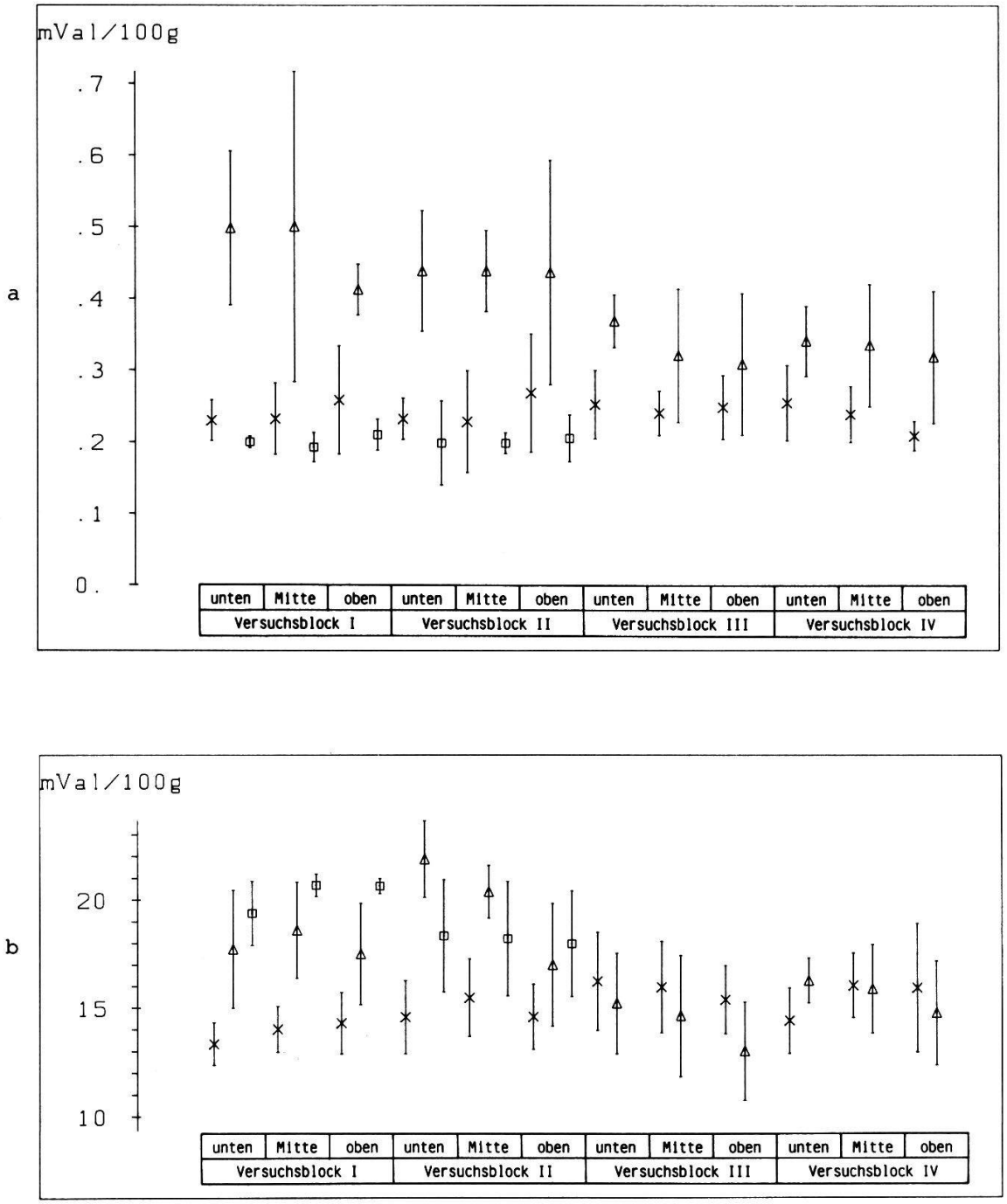
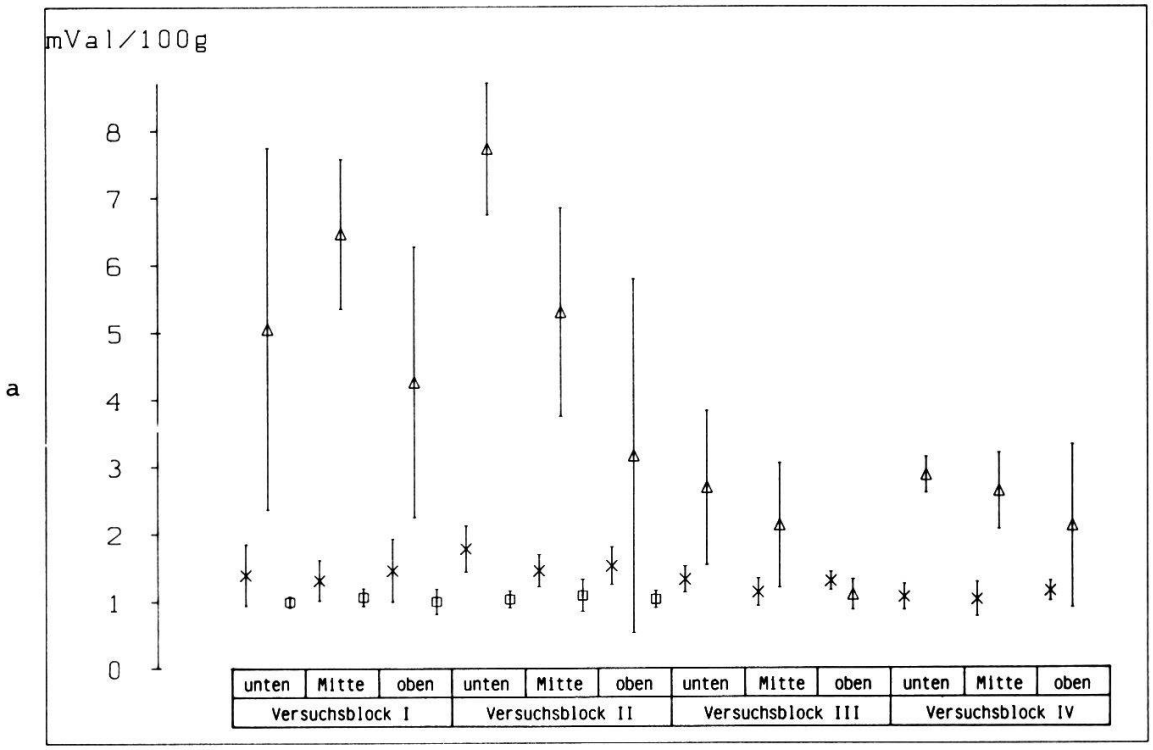



Abb. 10. Mittelwerte und Standardabweichungen des austauschbaren Magnesiums (a) und des austauschbaren Calciums (b) in den Böden der verschiedenen Zellen (vgl. S. 20) der Böschungen. × : Wagenhausen, □ : Hemishofen, △ : Asp.

*Means and standard deviations of exchangeable magnesium (a) and exchangeable calcium (b) in the different cells (see page 20) of the slopes.*



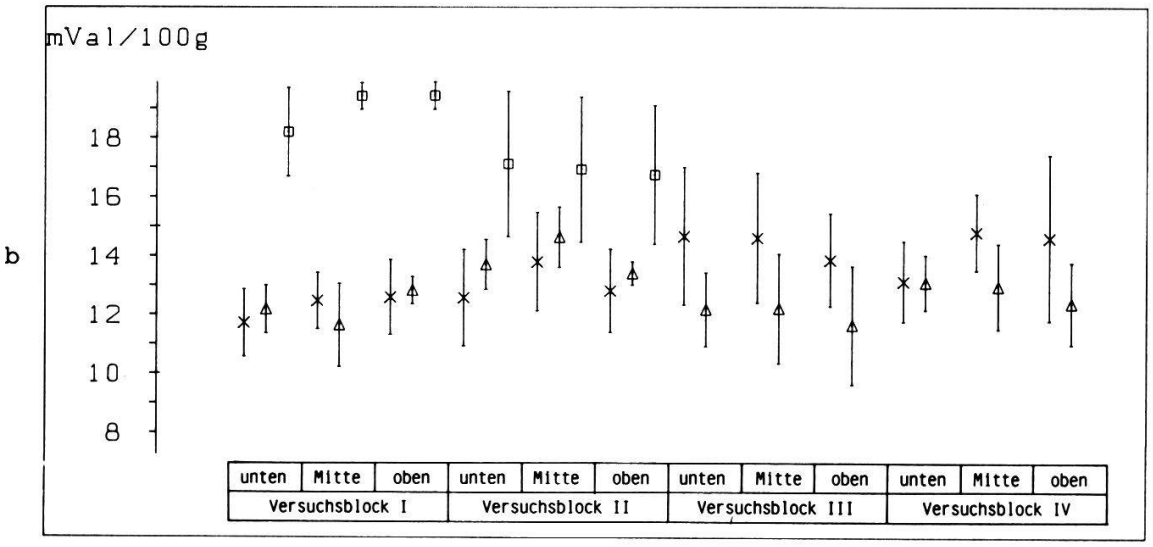




Abb. 11. Mittelwerte und Standardabweichungen des austauschbaren Kaliums (a) und der Kationentauschkapazität (b) in den Böden der verschiedenen Zellen (vgl. S. 20) der Böschungen. × : Wagenhausen, □ : Hemishofen, △ : Asp.

*Means and standard deviations of exchangeable potassium (a) and cationic exchange capacity (b) in the different cells (see page 20) of the slopes.*

es von den Ionentauschern nur sehr schwach adsorbiert und durchgewaschen wird. In der Nähe von Strassen, die im Winter gesalzen werden, könnte dieser Wert allerdings höher sein. Bei den untersuchten Flächen kann aber angenommen werden, dass kein grosser Einfluss von Auftausalzen besteht, da die Versuchsflächen nicht innerhalb der Spritzwasserzone von Autos liegen.

Die Kationentauschkapazitäten der Böschung Hemishofen und des vorderen Teils der Böschung Asp sind deutlich höher als diejenigen der restlichen Versuchsflächen; sie bewegen sich innerhalb eines Bereiches von 15 bis 20 mVal/100 g Feinerde. Die Werte des ersten Versuchsblocks von Wagenhausen und ein Teil der Werte des zweiten Versuchsblocks von Asp liegen dagegen darunter, während die restlichen Werte nahe bei 15 mVal/100 g Feinerde liegen (Abb. 11).

SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1982) geben für Parabraunerden aus Löss, welche einen Anteil von 1.18% organ. C, ein pH von 8.1 und 19.5% Tongehalt aufweisen eine durchschnittliche Kationentauschkapazität von 17 mVal/1oo g Boden an. Für ein exemplarisches Beispiel einer Parabraunerde auf Löss, welche 1.4% organ. C und ein pH von 6.3 aufweist, wird eine potentielle Austauschkapazität von 17 mVal/100 g Boden angegeben. Diese teilt sich auf in 66% Calcium, 12% Magnesium, 4% Kalium und weniger als 1% Natrium. Die Werte der untersuchten Böden bewegen sich im Rahmen dieser Beispiele.

### *3.1.8. Ordination der Bodenproben*

Die Hauptkomponentenanalyse berücksichtigt alle vorgängig besprochenen Merkmale, ausser die Korngrösse, miteinander. Sie trennt klar die humusierte Böschung von den beiden anderen. Das Ergebnis der Projektionen auf die ersten beiden Hauptachsen ist in Abb. 13. dargestellt. Auf der ersten Hauptachse, welche einen Informationsgehalt von 49.4% besitzt, lassen sich Gradienten der organischen Substanz, des Gesamtstickstoffes, des austauschbaren Calciums, des pH und des Karbonates ablesen. Die zweite Hauptachse (Informationsgehalt 23.1%) zeigt vor allem den Skelett-Gradienten, enthält aber daneben, zusammen mit der ersten Achse, auch noch Informationen über das austauschbare Phosphat, Magnesium und Kalium.

Die Unterschiede zwischen der Böschung Hemishofen und den beiden anderen Böschungen sind hauptsächlich bedingt durch höhere Gehalte an organischer Substanz, Gesamtstickstoff und austauschbarem Calcium, weniger Karbonat sowie geringfügig niedrigere pH-Werte. Die Flächen Asp und Wagenhausen unterscheiden sich weniger klar. Der grösste Teil der Proben von Asp besitzt jedoch einen höheren Skelettanteil und hat zudem einen höheren Gehalt an austauschbarem Kalium und Magnesium. Die Böschung Hemishofen nimmt bezüglich Skelettanteil eine Mittelstellung ein.

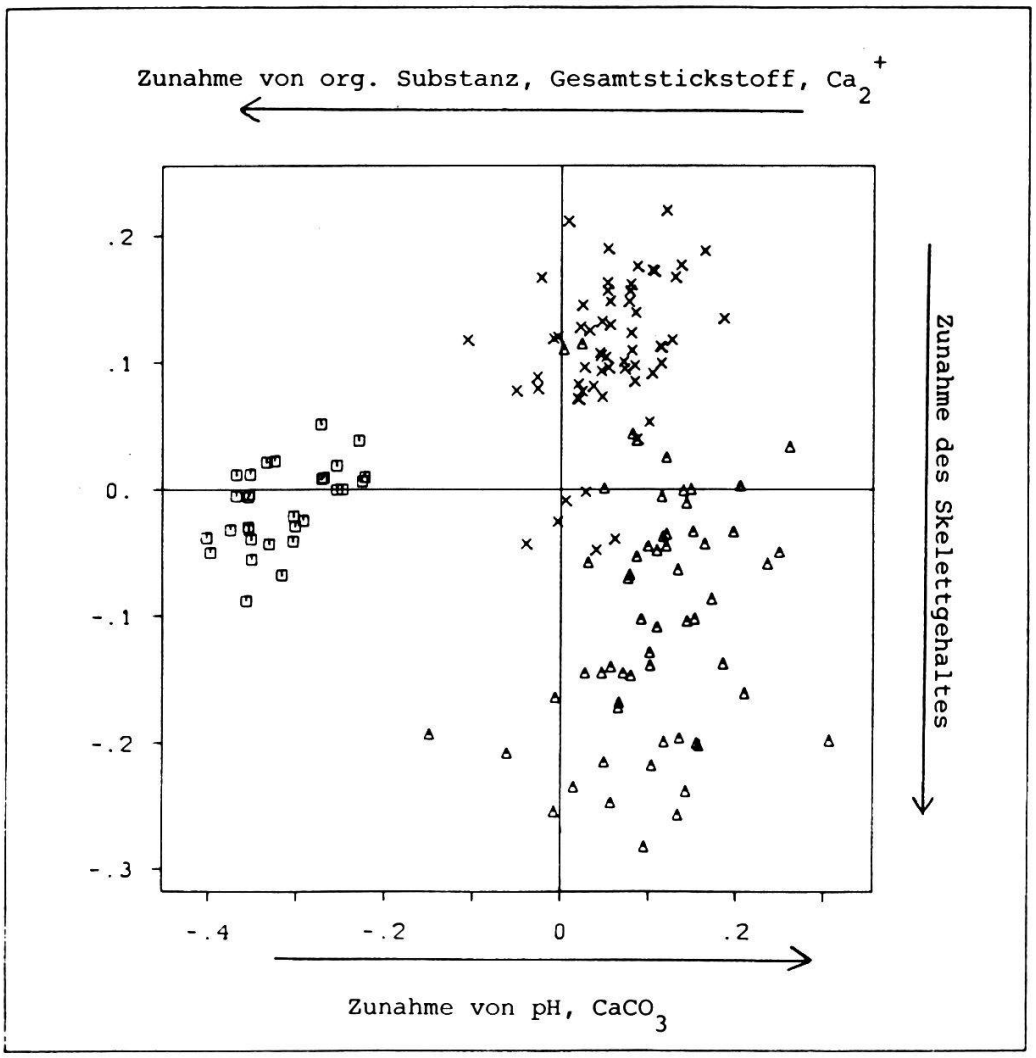



Abb. 12. Ordination der Bodenproben (Hauptkomponentenanalyse)
Abszisse: 1. Hauptachse, enthält 49.4% Varianz (Information)
Ordinate: 2. Hauptachse, enthält 23.1% Varianz (Information)
: Wagenhausen, : Hemishofen, : Asp.

*Ordination of soil samples (Principal component analysis).*

## 3.2. Vegetation

Die Vegetation der drei Strassenböschungen erwies sich im allgemeinen als heterogen. Die Böschung Asp, welche mehr oder weniger stark verwitterten Mergel als Muttergestein hat und wahrscheinlich stellenweise von oben her Feinerdezufuhr aus benachbarten Aeckern erhielt, wies eine mosaikartige, lückige Pflanzendecke auf. Die aufgeschüttete Böschung zeigte hierin ähnliche Verhältnisse, während die humusierte ziemlich homogen erschien (Abb. 13).

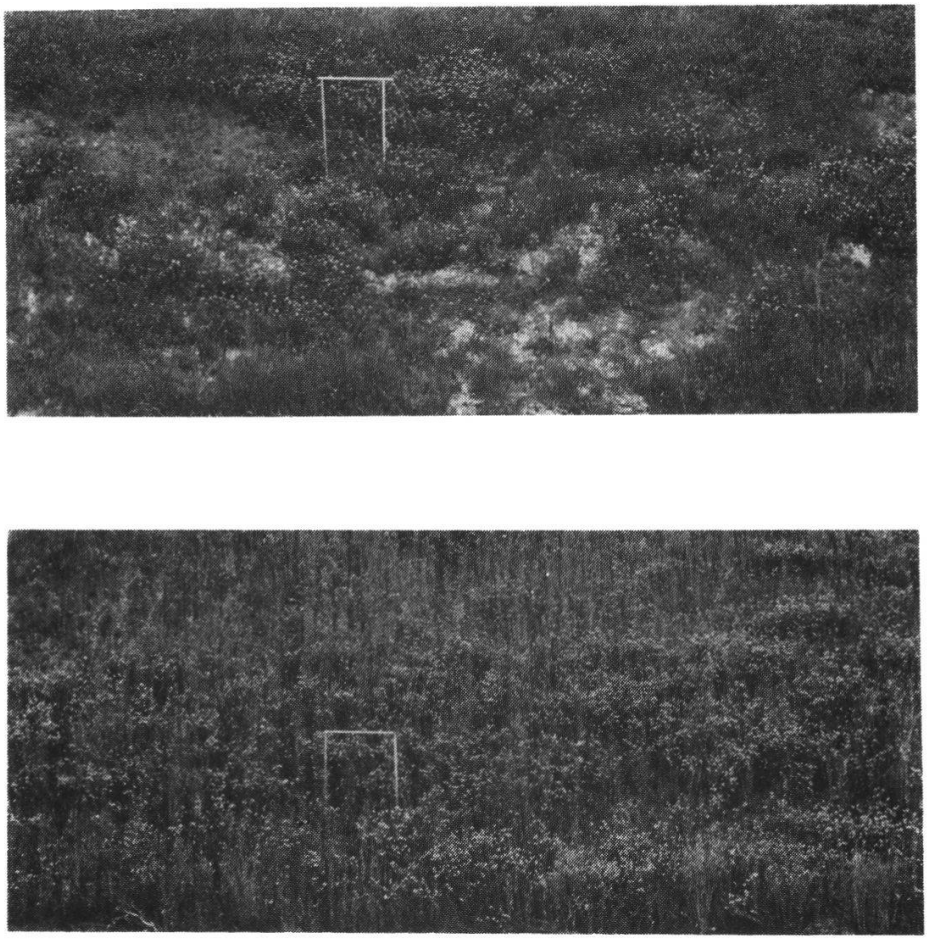


Abb. 13. Mosaikartige, lückige Pflanzendecke der Böschung Asp (oben), relativ homogene Vegetation der Böschung Hemishofen (unten).

*Scattered, varied vegetation on the slope at Asp (above), homogeneous vegetation on the slope at Hemishofen (below).*

Im Bereich tonreicher Stellen bildeten sich z.T. undurchlässige Schichten, die entweder staunass waren oder in denen das Wasser hangparallel abfloss und weiter unten heraussickerte. Die Vegetation auf solchen vernässten Stellen unterschied sich deutlich von der danebenliegenden. Entweder war der Boden dort fast kahl, oder es fand sich eine ziemlich üppige Vegetationsdecke mit grossem Anteil an *Holcus lanatus* ein. Solche Beobachtungen konnten auch an der aufgeschütteten Böschung gemacht werden; hier bildete wahrscheinlich eine mit ungelöschtem Kalk stabilisierte undurchlässige Schicht eine Barriere für das Wasser, aber auch für die Pflanzenwurzeln (JUCHLER 1981). Der gesamte darüberliegende Boden war nach Regen jeweils für lange Zeit vernässt. Die Vegetation blieb dort praktisch aus, nur *Poa compressa* und *Agrostis gigantea* bildeten eine schüttere Bodenbedeckung

Abb. 14. Ständig feuchte Stelle auf der Böschung Wagenhausen. Eine undurchlässige tieferliegende Bodenschicht bewirkt, dass ständig Wasser austritt, was Pflanzenwuchs praktisch verunmöglicht.

*Section of the slope at Wagenhausen with high moisture content.*

(Abb. 14). Ein Stück des locker auf der gefestigten Schicht liegenden Materials in der Nähe der Stelle von Abb. 14, das aber ziemlich dich bewachsen war, löste sich denn auch im Sommer 1981 nach längerer Regenzeit und rutschte samt der darauf wachsenden Vegetation ab (Abb. 15).

Abb. 15. Abgerutschtes Böschungsstück bei Wagenhausen. Die Vegetation an dieser Stelle war relativ dicht. Das abgerutschte Material ist bereits wieder auf die Böschung gebracht worden.

*Erosion occurring on the slope at Wagenhausen. The vegetation here was relatively dense. The displaced material has already been put back.*

### *3.2.1. Veränderungen des Gesamtdeckungsgrades*

Die Mittelwerte und Standardabweichungen des Gesamtdeckungsgrades sind in Abb. 16. dargestellt. Die unterschiedlichen Saatzeitpunkte kommen nur im ersten Jahr zum Ausdruck.

Auf der Böschung Asp war das Saatgut während etwa drei Monaten ausgiebigem Regen ausgesetzt, auf der Böschung Wagenhausen während etwa zwei Monaten. Die Rasenmischungen auf der Böschung Hemishofen hatten dagegen infolge des späten Saatzeitpunktes nach etwa einem Monat mit reichlichen Regenfällen eine kurze Trockenzeit im September 1980 durchzustehen (vgl. Abb. 3., Seite 13). Ein grosser Teil des Saatmaterials keimte dort erst im darauffolgenden Jahr; die Gesamtdeckung erreichte daher bis zum Herbst 1980 in Hemishofen nur Werte unter 10%.

Auf den beiden anderen Böschungen ergaben sich, mit Ausnahme der Kontrollflächen, welche zu weniger als 10% vegetationsbedeckt waren, weit höhere Werte. Die Proben mit der Rasenmischung A hatten im Herbst eine durch-

schnittliche Gesamtdeckung von 67% (Wagenhausen) bzw. von 45% (Asp), die Rasenmischung B erreichte 70% bzw. 46%, die Rasenmischung C 68% bzw. 50% und die Rasenmischung D 43% bzw. 45%. Die Gesamtdeckung der Böschung Asp ist bei allen Rasenmischungen ausser D niedriger als diejenige der Böschung Wagenhausen.

Im zweiten Versuchsjahr erhöhte sich die Gesamtdeckung auf allen Flächen. Auf der Böschung Wagenhausen ergaben sich nur geringfügige Unterschiede zwischen den einzelnen Rasenmischungen, alle Werte lagen über 80%. Die Rasenmischung D konnte ihren Deckungsanteil fast verdoppeln. Die Kontrollflächen verzeichneten ebenfalls eine starke Zunahme und lagen über 30%. Die Werte der beiden anderen Böschungen waren tiefer als diejenigen von Wagenhausen. In Asp waren die Unterschiede zwischen den verschiedenen Rasenmischungen ebenfalls klein, der durchschnittliche Deckungsgrad lag bei 70%. Die Deckung der Kontrollflächen verdoppelte sich auf etwa 6% und blieb damit gegenüber den angesäten Flächen weit zurück.

Auf der Böschung Hemishofen ergaben sich grössere Unterschiede zwischen den einzelnen Rasenmischungen. Den höchsten Wert erreichte mit über 80% die Mischung B, gefolgt von den Mischungen A und C, während die Mischung D mit ca. 57% deutlich zurückblieb. Die Kontrollflächen wiesen eine gegenüber dem Vorjahr fast dreimal höhere Deckung auf.

Im dritten Jahr konnte nicht mehr an allen drei Orten eine Zunahme der Gesamtdeckung beobachtet werden. Die Rasenmischung A legte in Wagenhausen und Hemishofen nochmals zu, ging dagegen in Asp leicht zurück. Die Mischung B verlor in Wagenhausen und Hemishofen nur wenig, ihre Deckung stieg dagegen in Asp leicht an. Die Rasenmischung C ging in Wagenhausen um ca. 4% zurück und nahm an den beiden anderen Orten um je ca. 5% zu. Die Deckung der Mischung D veränderte sich in Wagenhausen kaum, sie stieg in Hemishofen um ca. 14%, während sie in Asp leicht sank.

Die Deckungswerte der Kontrollflächen konnten sich auf den Böschungen Asp und Hemishofen mehr als verdoppeln und erreichten dort ca. 22% bzw. 41%; in Wagenhausen erreichte sie, trotz etwas weniger starkem Anstieg, mit ca. 48% den höchsten Wert.

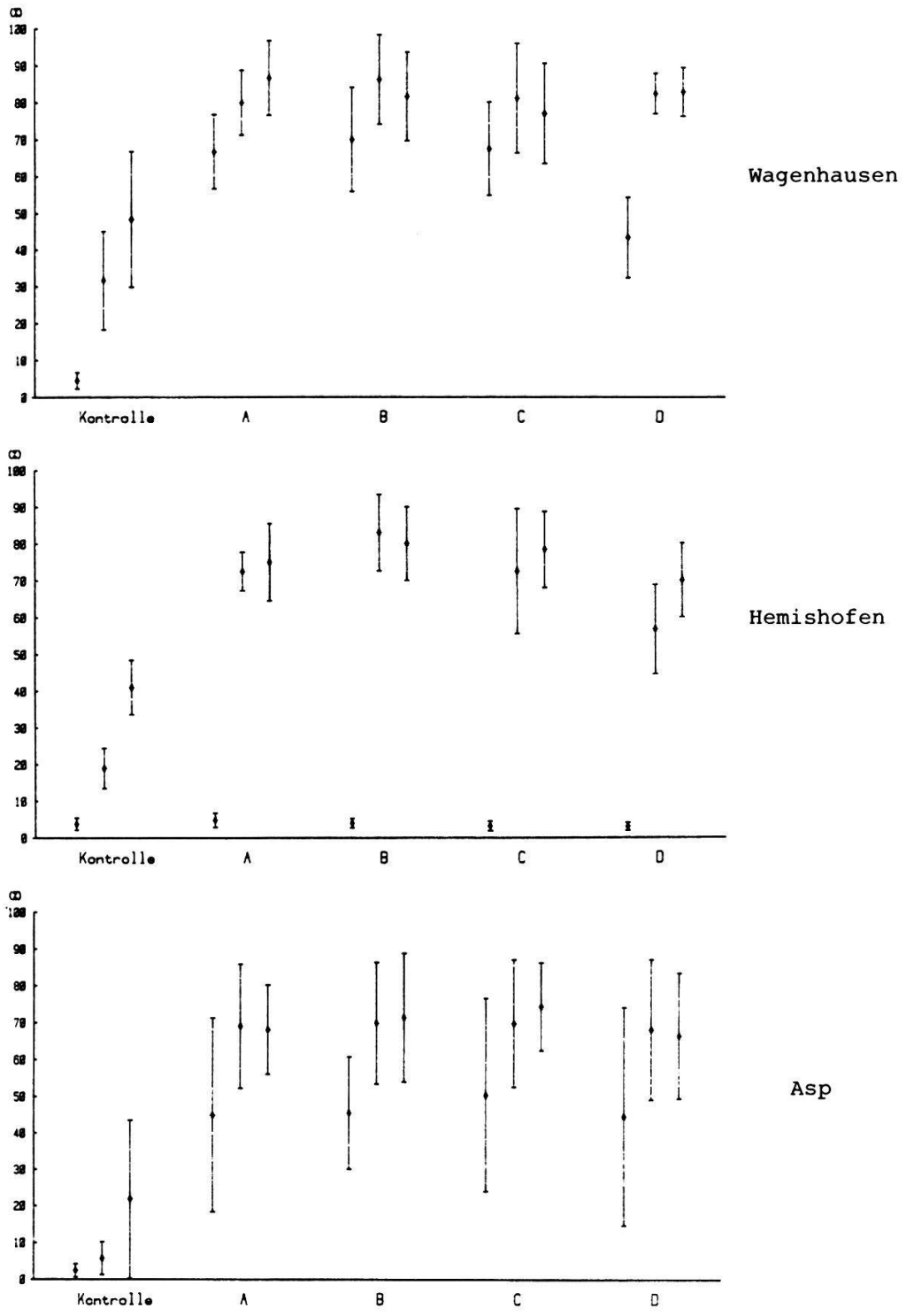



Abb. 16. Gesamtdeckung der Vegetation auf den drei Böschungen. Mittelwerte und Standardabweichungen der Jahre 1980, 1981 und 1982 liegen für jeden Vegetationstyp nebeneinander.

*Total vegetation cover on the three slopes (means and standard deviations). In each case the figures for 1980, 1981 and 1982 are given side by side.*

### *3.2.2. Veränderungen der Moosdeckung*

Die Moose erreichten, falls sie überhaupt schon eingewandert waren, im ersten Jahr nur sehr niedrige Deckungswerte (Abb. 17.). In Wagenhausen fanden sich nur in den Kontrollflächen und in den Flächen mit der Rasenmischung D schon im ersten Jahr Moose. Sie hatten dort aber nur Deckungen von weniger als 10%. In Hemishofen fehlten sie im ersten Jahr ganz. In Asp waren die Moose dagegen in allen Flächen, ausser den mit der Rasenmischung C angesäten, vertreten. Sie erreichten in den Kontrollflächen und den Flächen mit der Rasenmischung D mit 1.7% bzw. 2.% die höchsten Werte.

Im zweiten Jahr stieg der Moosanteil in Wagenhausen in allen Vegetationstypen, ausser in den Flächen mit Rasenmischung D, wo ihr Anteil stagnierte. In Hemishofen war, ausser bei den Flächen mit Rasenmischung D, überall nur ein sehr kleiner Teil des Bodens mit Moos bedeckt. In Asp ging der Moosanteil der Flächen mit den Mischungen A und D sowie derjenige der Kontrollflächen leicht zurück, auf den übrigen Flächen stieg er leicht.

Im dritten Jahr verzeichneten sämtliche Flächen den grössten Zuwachs. In Wagenhausen und Hemishofen war die Moosdeckung der A-Flächen grösser als derjenige der B-Flächen, ebenso, aber mit einer noch wenig grösseren Dekkung verhielten sich die C- und D-Flächen. Die Werte von Hemishofen waren durchwegs grösser als diejenigen von Wagenhausen. Bei Asp verhielt sich die Moosdeckung in den verschiedenen Rasenmischungen gerade umgekehrt.

Auf allen drei Böschungen lagen die Durchschnittswerte der Moosdeckung unter 10%. Die Streuung der Werte war fast überall sehr gross. Der Vergleich mit der Gesamtdeckung der Blütenpflanzen (Abb. 16.) oder mit der Diversität (Abb. 18.) ergibt kein klares Bild.

### *3.2.3. Diversität*

Die mittlere Artenzahl und deren Streuung ist für jeden Vegetationstyp als Dreijahresfolge in Abb. 18. dargestellt. Die Durchschnittswerte von Wagenhausen bewegten sich im ersten Jahr zwischen 15 (Rasenmischung D) und 19 Arten (Rasenmischung B). Die Kontrollflächen nahmen mit durchschnittlich

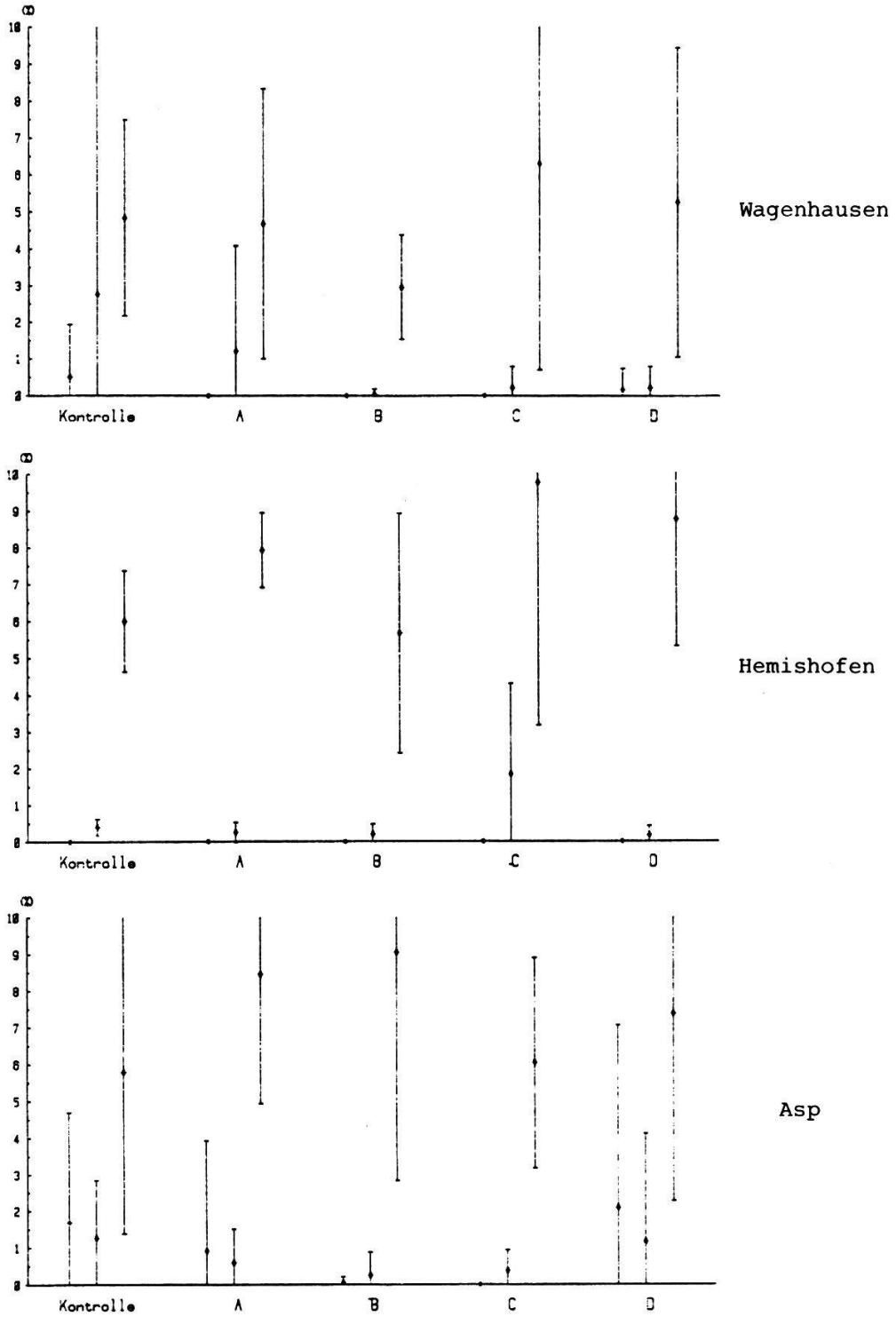



Abb. 17. Deckung der Moose auf den drei Böschungen. Mittelwerte und Standardabweichungen der Jahre 1980, 1981 und 1982 liegen für jeden Vegetationstyp nebeneinander.

*Moss cover on the three slopes (means and standard deviations). In each case the figures for 1980, 1981 and 1982 are given side by side.*

16 Arten eine Mittelstellung ein. Bei Asp betrug der niedrigste Wert, welcher ebenfalls in der Rasenmischung D auftrat, 14 Arten, die Mischungen B und C enthielten je etwa 17 Arten. Die Kontrollflächen zeigten deutlich tiefere Werte als diejenigen von Wagenhausen. Erwartungsgemäss wenig Arten wiesen die Dauerquadrate der Böschung in Hemishofen im ersten Jahr, kurz nach der Ansaat, auf. Auch dort konnte man die niedrigsten Werte wiederum in den D-Flächen finden, während die A- und B-Flächen im Durchschnitt ca. 15 Arten aufwiesen. Die Kontrollflächen von Hemishofen enthielten im ersten Jahr eine Art weniger als diejenigen von Asp.

Im zweiten Versuchsjahr ging die Artenzahl auf den Versuchsflächen Wagenhausen und Asp generell leicht zurück, sie stieg dagegen in allen Probeflächen von Hemishofen. Der Rückgang von einjährigen Arten wurde offenbar nicht durch das Aufkommen neuer Arten kompensiert.

Im dritten Jahr war auf der Böschung Wagenhausen eine Zunahme der Artenzahl in den A- und C-Flächen sowie in den Kontrollflächen zu verzeichnen, in den B- und D-Flächen stagnierte sie praktisch. Die Böschung Asp wies eine Zunahme der Diversität für die A- und B- Flächen und die Kontrollflächen auf, während sie in den C- und D-Flächen abnahm. In Hemishofen liess sich in allen Teilflächen eine deutliche Abnahme der Artenzahl feststellen. Offenbar waren viele ein- und zweijährige Pflanzen verschwunden, während die übrigen Pflanzen schon von Anfang an vorhanden waren.

GRIME (1973), welcher die Vegetation in der Umgebung von Sheffield (Yorkshire, England) untersucht hatte, fand auf Böden mit neutralem bis eher basischem pH meist ebenfalls weniger als 20 Arten pro Quadratmeter: In Bracheäckern ca. 15, auf häufig und weniger häufig gemähten Strassenböschungen ca. 15, die weniger gemähten hatten grössere Streuungen, auf Bauschuttablagerungen weniger als 15 bei grossen Streuungen, auf Schutt in Kalksteinbrüchen knapp 20 und auf Kalkfelsen über 20 Arten.

Der Vergleich von Diversität und Gesamtdeckung (Abb. 16 ) lässt keinen klaren Zusammenhang zwischen diesen beiden Grössen erkennen.

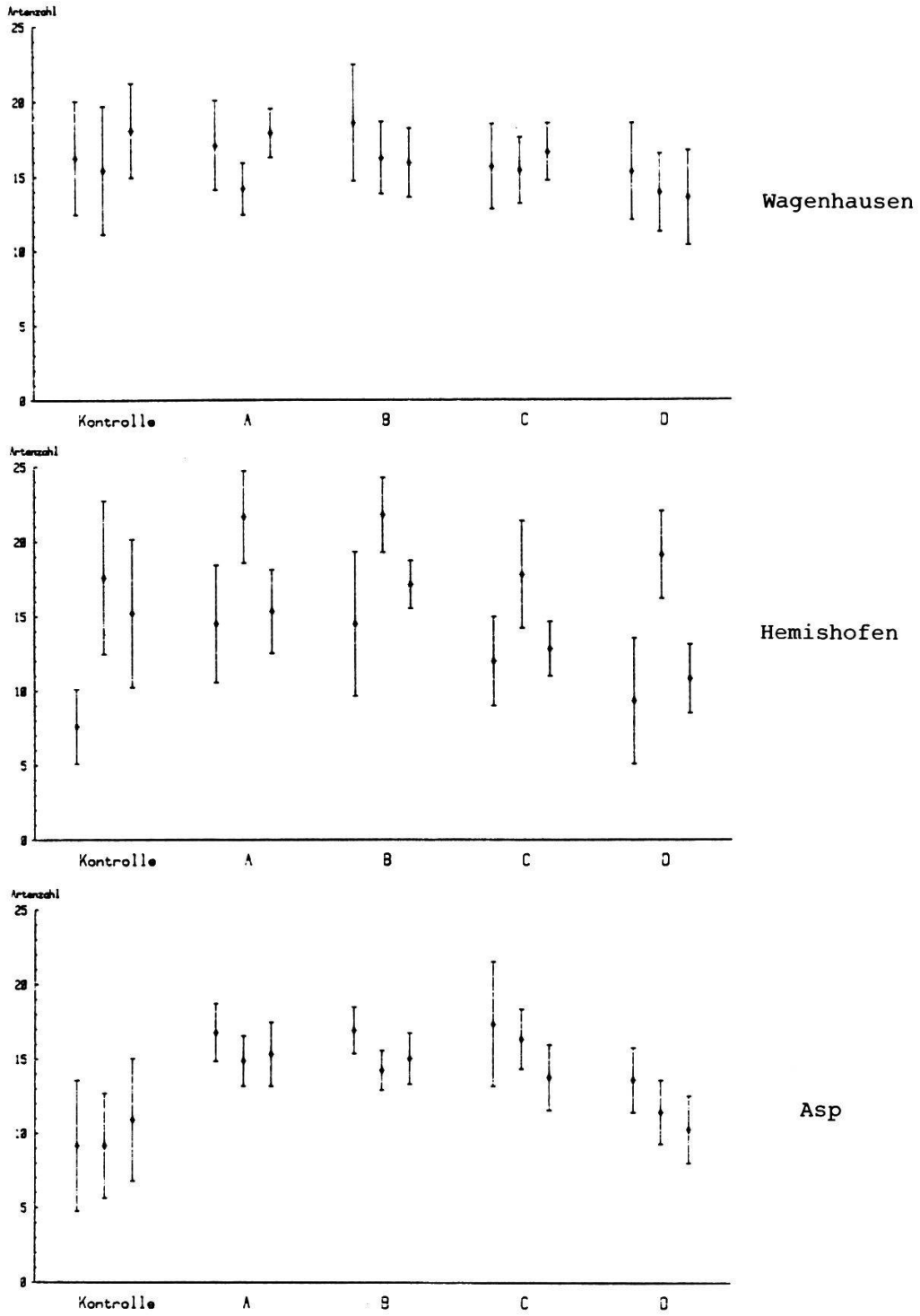



Abb. 18. Diversität (Anzahl Arten pro $m^2$) auf den drei Böschungen. Mittelwerte und Standardabweichungen der Jahre 1980, 1981 und 1982 liegen für jeden Vegetationstyp nebeneinander.

*Species diversity of vegetation on the three slopes (means and standard deviations). In each case the figures for 1980, 1981 and 1982 are given side by side.*

### *3.2.4. Anteil der Lebensformen*

Der Deckungsanteil der Lebensformen nach LANDOLT (1977) liess sich errechnen, indem die Deckungswerte der einzelnen Arten zur entsprechenden Lebensform hinzugezählt wurden. Falls die so berechnete Gesamtdeckung mehr als 100 % erreichte, mussten die Werte der einzelnen Lebensformen entsprechend adjustiert werden. Die Darstellung der Aufnahmen als Lebensform-Spektren (MüLLER-DOMBOIS und ELLENBERG 1974) erlaubt eine rasche Sichtung von Veränderungen, da wenig Arten, aber dafür grössere Artmächtigkeiten und auch grössere Unterschiede zwischen letzteren vorhanden sind als bei einer gewöhnlichen Vegetationsaufnahme. Die Lebensformspektren der drei Versuchsflächen sind in Abb. 19. bis 21. dargestellt.

Die sommerannnuellen Pflanzen (Therophyten) hatten auf den Flächen in Wagenhausen und Asp im ersten Jahr höchste Werte und gingen darauf weitgehend zurück, während sie in Hemishofen im zweiten Jahr höhere Werte erreichten und erst danach verschwanden. Auf den Kontrollflächen in Asp liess sich keine klare Tendenz ablesen. Hier mögen der niedere Gesamtdeckungsgrad sowie die in unmittelbarer Nachbarschaft liegenden Felder die Ursachen für ein ständig neues Eindringen von Einjährigen gewesen sein.

Die winterannuellen Pflanzen (Zweijährige) zeigten mehr Variation in ihrem Verhalten. In Wagenhausen hatten sie einen maximalen Deckungsanteil im zweiten Jahr und gingen danach stark zurück. In Hemishofen konnte dasselbe bei den Flächen mit den Rasenmischungen A und B sowie bei den Kontrollflächen festgestellt werden. Die C- und D-Flächen wiesen dagegen praktisch keine Winterannuellen auf. In Asp nahmen die Winterannuellen in den A- und C-Flächen im zweiten Versuchsjahr zu, danach erfolgte ein massiver Rückgang; in den übrigen Flächen dieser Böschung waren die Winterannuellen von Anfang an im Rückgang begriffen, ausser in den Kontrollflächen, wo sie mit relativ konstantem Anteil blieben. Die Böschungen Asp und Hemishofen hatten deutlich höhere Anteile an Winterannuellen als die Böschung Wagenhausen.

Die Hemikryptophyten stellen im allgemeinen in Rasen den Hauptanteil an Pflanzen. Ihr Kontingent stieg an allen drei Orten in allen Rasenmischungen ausser bei der Mischung D, wo auf der Böschung Asp im dritten Jahr

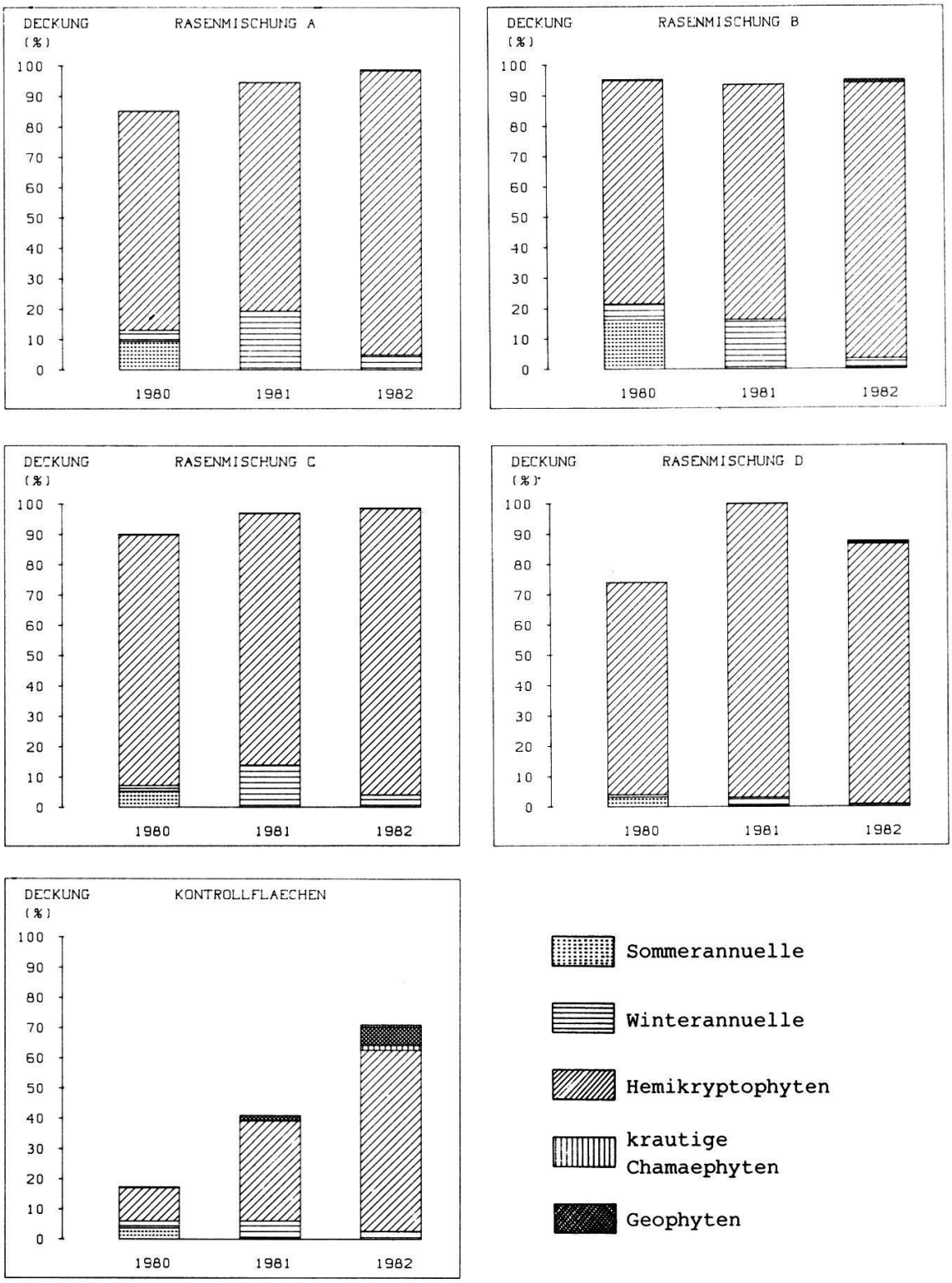



Abb. 19. Lebensformspektren der verschiedenen Vegetationstypen der Böschung Wagenhausen.

*Life form spectra of the different vegetation types on the slope at Wagenhausen.*

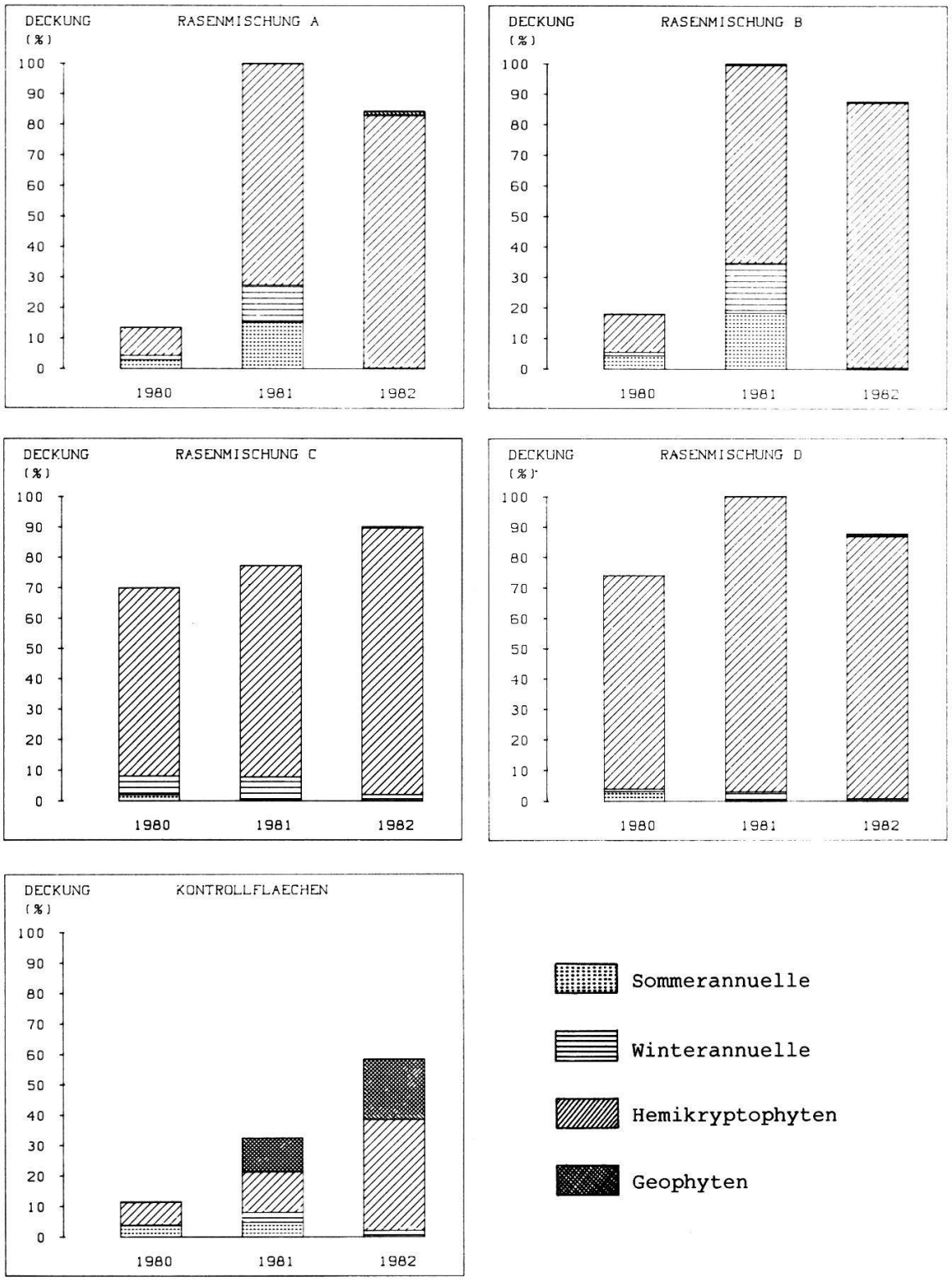



Abb. 20. Lebensformspektren der verschiedenen Vegetationstypen der Böschung Hemishofen.

*Life form spectra of the different vegetation types on the slope at Hemishofen.*

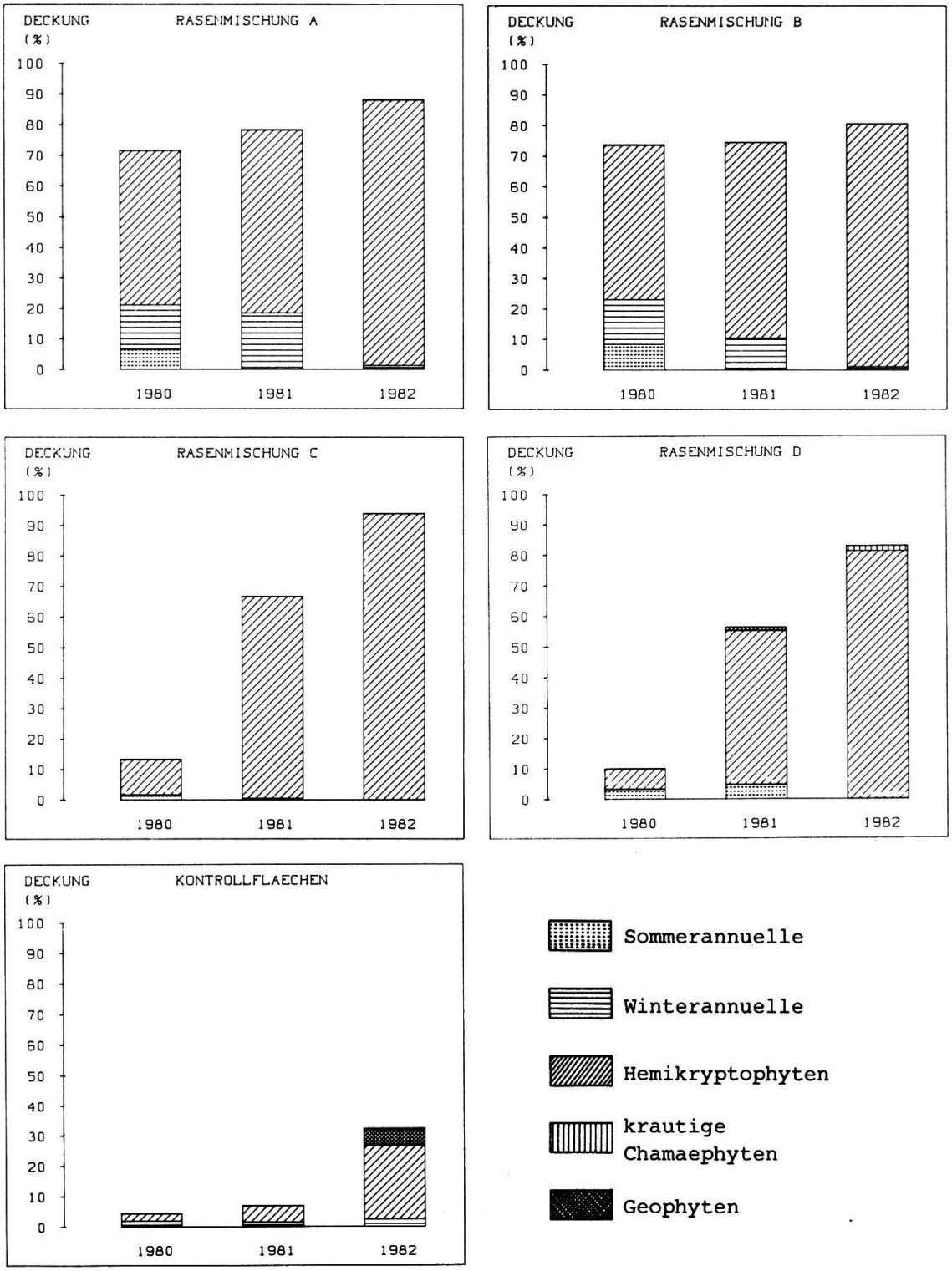



Abb. 21. Lebensformspektren der verschiedenen Vegetationstypen der Böschung Asp.

*Life form spectra of the different vegetation types on the slope at Asp.*

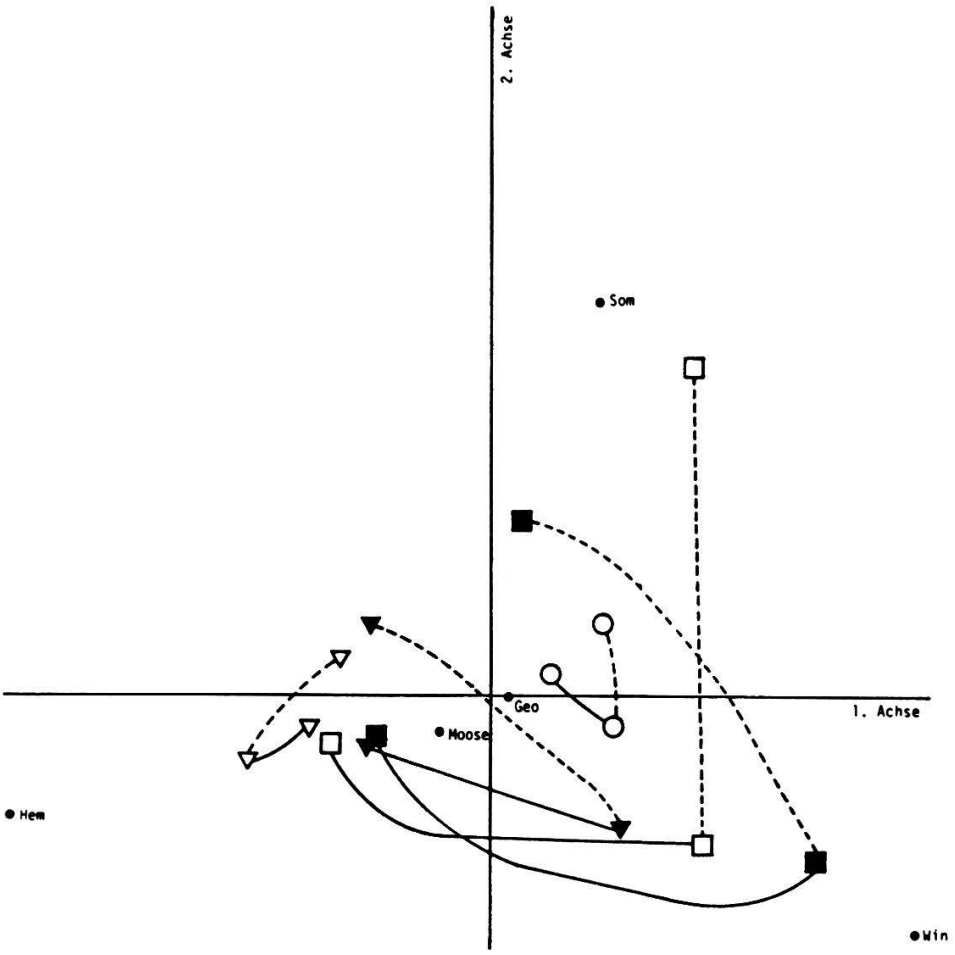



Abb. 22. Ordination der Lebensformen und Durchschnitts-Aufnahmen der verschiedenen Vegetationstypen der Böschung Wagenhausen. Die Aufnahmen vom gleichen Vegetationstyp sind jeweils durch gestrichelte (1. und 2. Jahr) bzw. ausgezogene Linien (2. und 3. Jahr) miteinander verbunden. Die erste Achse enthält 57% Varianz, die zweite 30%

*Ordination of life forms and average relevés of vegetation on the slope at Wagenhausen. Relevés of the same type of vegetation are connected with dotted lines (1st and 2nd year) and with full lines (2nd and 3rd year respectively). The first axis contains 57% variance; the second one, 30%.*

○ Kontrollflächen, ■ Rasenmischung A, □ Rasenmischung B,
▲ Rasenmischung C, △ Rasenmischung D

Win Winterannuelle
Som Sommerannuelle
Hem Hemikryptophyten
Geo Geophyten
HCh Holzige Chamaephyten

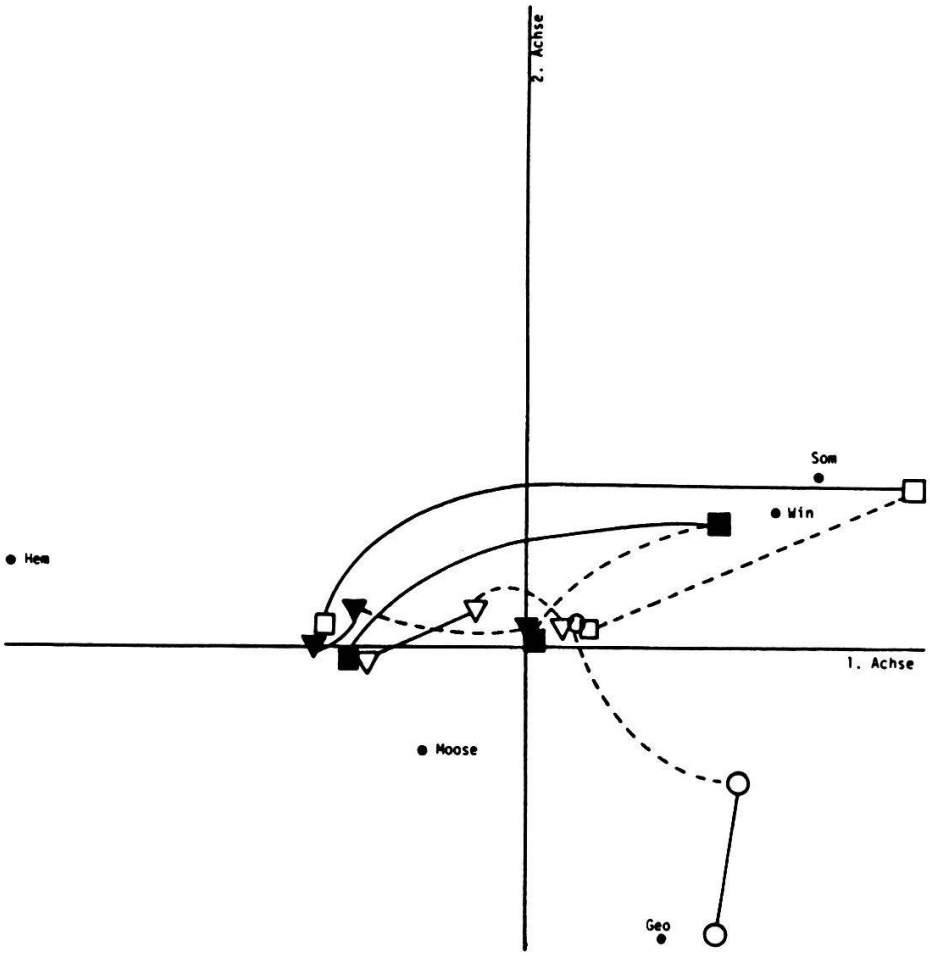



Abb. 23. Ordination der Lebensformen und Durchschnitts-Aufnahmen der verschiedenen Vegetationstypen der Böschung Hemishofen. Die Aufnahmen vom gleichen Vegetationstyp sind jeweils durch gestrichelte (1. und 2. Jahr) bzw. ausgezogene Linien (2. und 3. Jahr) miteinander verbunden. Die erste Achse enthält 73% Varianz, die zweite 24%.

*Ordination of life forms and average relevés of vegetation on the slope at Hemishofen. Relevés of the same type of vegetation are connected with dotted lines (1st and 2nd year) and with full lines (2nd and 3rd year respectively). The first axis contains 73% variance. the second one, 24%.*

O Kontrollflächen, ■ Rasenmischung A, □ Rasenmischung B,
▲ Rasenmischung C, △ Rasenmischung D

Win Winterannuelle
Som Sommerannuelle
Hem Hemikryptophyten
Geo Geophyten

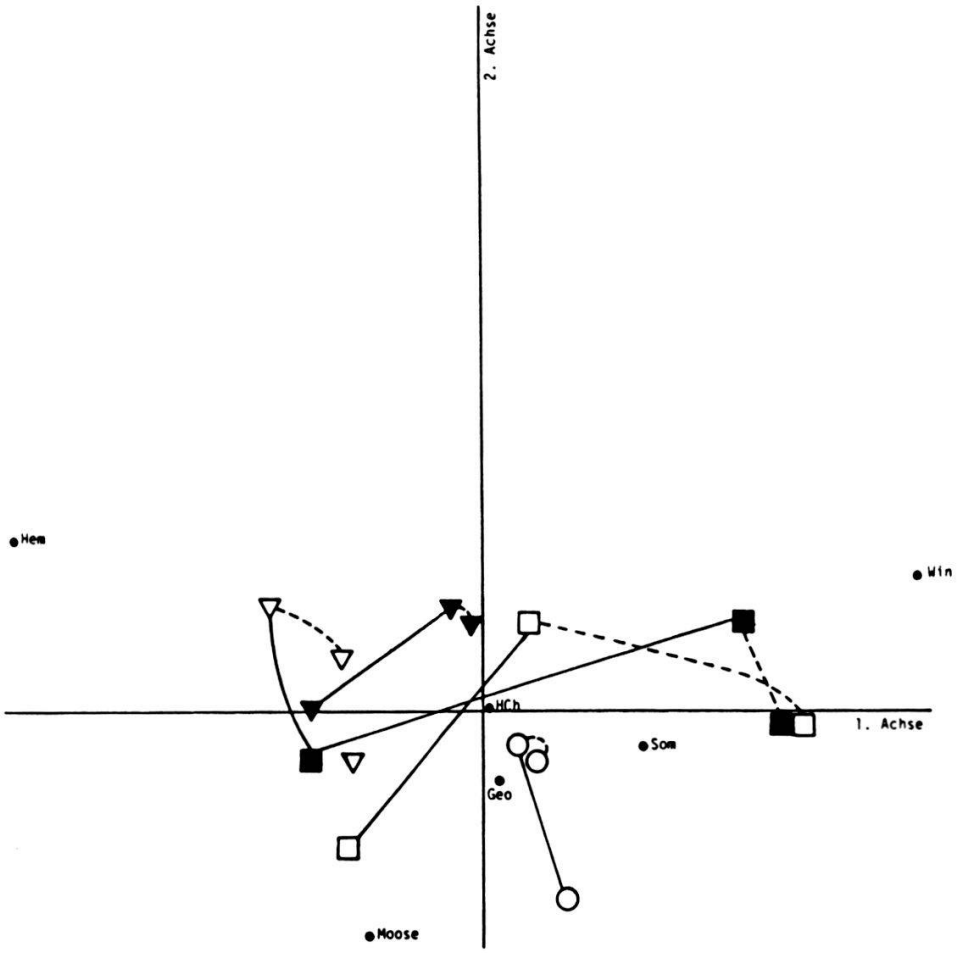



Abb. 24. Ordination der Lebensformen und Durchschnitts-Aufnahmen der verschiedenen Vegetationstypen der Böschung Asp. Die Aufnahmen vom gleichen Vegetationstyp sind jeweils durch gestrichelte (1. und 2. Jahr) bzw. ausgezogene Linien (2. und 3. Jahr) miteinander verbunden. Die erste Achse enthält 77% Varianz, die zweite 18%.

*Ordination of life forms and average relevés of vegetation on the slope at Asp. Relevés of the same type of vegetation are connected with dotted lines (1st and 2nd year) and with full lines (2nd and 3rd year respectively). The first axis contains 77% variance; the second one, 18%.*

○ Kontrollflächen, ■ Rasenmischung A, □ Rasenmischung B,
▲ Rasenmischung C, △ Rasenmischung D

Win Winterannuelle
Som Sommerannuelle
Hem Hemikryptophyten
Geo Geophyten
HCh Holzige Chamaephyten

ein Rückgang um mehr als 10% eintrat. Die Hemikryptophyten bedeckten im dritten Jahr dort, wo sie sich stark vermehren konnten, 70% bis 80% der Flächen.

Die übrigen Lebensformen sind nur mit sehr geringen Anteilen vertreten. Die Geophyten wiesen vor allem in den Kontrollflächen von Hemishofen eine starke Zunahme auf und hielten dort im dritten Versuchsjahr einen Anteil von 20%, was vor allem auf ein herdenartiges Auftreten von *Agropyron repens* zurückgeführt werden kann. Chamaephyten und Nanophyten sind praktisch nicht vorhanden, Phanerophyten fehlten.

Die Ordinationsdiagramme in Abb. 22. bis 24. vermitteln einen Eindruck von der Dynamik der Sukzession. Die mittels Korrespondenzanalyse errechneten Aehnlichkeitswerte zeigen bei den nicht humusierten Böschungen verschiedene Startpunkte für die vier Rasenmischungen. Die Zielpunkte im dritten Versuchsjahr liegen näher beieinander, was eine Zunahme der Aehnlichkeit dieser Aufnahmen bedeutet. In Hemishofen liegen die Startpunkte, als Folge des späteren Saatzeitpunktes, dicht beisammen. Im zweiten Jahr nimmt die Aehnlichkeit vor allem zwischen den Mischungen A, B einerseits und C, D andererseits ab. Im dritten Jahr liegen die Punkte, welche die vier Rasenmischungen repräsentieren, wieder sehr dicht nebeneinaner.

Die Kontrollflächen der Böschungen Asp und Hemishofen zeigen eine völlig andersartige Entwicklung als die angesäten Flächen und die Kontrollflächen der Böschung Wagenhausen. Während bei den beiden Letztgenannten eine deutliche Bewegung in Richtung Hemikryptophyten auszumachen ist, weist die Entwicklung der Kontrollflächen von Hemishofen vor allem in Richtung Geophyten, diejenige der Kontrollflächen in Asp in Richtung Geophyten und Moose. Durch den geringen Deckungsgrad der übrigen Lebensformen auf diesen Flächen werden die Moose bzw. Geophyten stärker gewichtet.

### *3.2.5. Anteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen*

Die Anteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen wurden gleich berechnet wie die Lebensformanteile, aber nicht auf 100% adjustiert. Insbesondere die Leguminosen stellen durch ihre Fähigkeit, mit Hilfe von Knöllchenbakterien Luftstickstoff fixieren zu können, einen wichtigen Faktor als

Nährstoffquelle für die Rasen dar.In Tab. 5. sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der drei Pflanzengruppen in den verschiedenen Vegetationstypen der drei Böschungen.

Die Gräser besassen im ersten Versuchsjahr in Wagenhausen die grössten Deckungsanteile. In Hemishofen blieben sie erwartungsgemäss zurück. Im zweiten Versuchsjahr konnten sie ihren Deckungsanteil fast überall vergrössern, nur in Wagenhausen gingen sie in den Flächen mit den Rasenmischungen A, B und C um 10% und mehr zurück. Im dritten Versuchsjahr gingen die Gräser mehrheitlich zurück, nur die Kontrollflächen an allen drei Orten, die D-Flächen in Hemishofen sowie die A- und B-Flächen in Asp zeigten eine gegenteilige Entwicklung. Der Vergleich zwischen den einzelnen Rasenmischungen der drei Böschungen zeigt keine klaren Trends. Einzig in den C-Flächen sank der Anteil der Gräser überall.

Der Deckungsgrad der Kräuter betrug in Wagenhausen im ersten Jahr zwischen 11% und 19%, in Asp zwischen 9% und 23% und in Hemishofen zwischen 4% und 7%. Während ihr Deckungsanteil in den Kontrollflächen von Wagenhausen und Hemishofen im darauffolgenden Jahr stieg und in Asp gleich blieb, sank er in den angesäten Flächen der nicht humusierten Böschungen markant. In Hemishofen konnten sich die Kräuter in den beiden folgenden Jahren in den angesäten Flächen deutlich steigern, in den Kontrollflächen gingen sie dort aber im dritten Versuchsjahr um ca. einen Drittel des Vorjahres zurück.

Die angesäten Flächen der nicht humusierten Böschungen zeigten im dritten Versuchsjahr ebenfalls eine Steigerung der Kräuter. Die B-Flächen standen am Schluss mit jeweils ca. 22% Deckungsanteil auf allen Flächen an der Spitze der vier Rasenmischungen.

Die Leguminosen nahmen in allen Vegetationsperioden überall zu, einzig in den A- und B-Flächen der Böschung Asp trat im dritten Versuchsjahr ein Rückgang ein. Der Leguminosen-Anteil bewegte sich im zweiten und dritten Versuchsjahr auf den nicht humusierten Flächen in der Grössenordnung der Gräser, z.T lag er sogar darüber. Vor allem die A- und C-Flächen zeigten hier mit bis zu 45% im dritten Versuchsjahr die höchsten Werte. In den Kontrollflächen waren die Leguminosen deutlich weniger stark vertreten. In Asp lag dort der Anteil bei 4%, in Hemishofen bei 14% und in Wagenhausen bei 18%.

| | Gräser | | | | | | Kräuter | | | | | | Leguminosen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1980 | | 1981 | | 1982 | | 1980 | | 1981 | | 1982 | | 1980 | | 1981 | | 1982 | | |
| | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | M | S | |
| Wagenhausen | 82; | 57 | 203; | 74 | 308; | 117 | 75; | 48 | 106; | 115 | 212; | 117 | 16; | 16 | 99; | 165 | 181; | 178 | K |
| | 668; | 108 | 499; | 190 | 398; | 90 | 110; | 33 | 76; | 51 | 182; | 52 | 74; | 41 | 370; | 198 | 408; | 222 | A |
| | 650; | 107 | 558; | 126 | 345; | 97 | 175; | 81 | 96; | 39 | 220; | 66 | 126; | 68 | 281; | 205 | 384; | 206 | B |
| | 670; | 131 | 536; | 112 | 373; | 99 | 144; | 63 | 91; | 38 | 163; | 38 | 87; | 64 | 342; | 261 | 451; | 157 | C |
| | 481; | 79 | 571; | 122 | 374; | 117 | 170; | 82 | 123; | 52 | 179; | 66 | 90; | 52 | 317; | 170 | 338; | 96 | D |
| Hemishofen | 21; | 21 | 171; | 126 | 350; | 108 | 34; | 15 | 70; | 40 | 21; | 22 | 10; | 10 | 62; | 51 | 136; | 124 | K |
| | 53; | 25 | 527; | 119 | 485; | 113 | 48; | 21 | 67; | 35 | 145; | 89 | 14; | 12 | 91; | 43 | 135; | 79 | A |
| | 75; | 57 | 561; | 135 | 337; | 121 | 67; | 31 | 81; | 77 | 221; | 119 | 16; | 17 | 80; | 36 | 195; | 86 | B |
| | 73; | 25 | 392; | 91 | 335; | 113 | 44; | 10 | 132; | 63 | 276; | 87 | 12; | 13 | 49; | 37 | 118; | 63 | C |
| | 25; | 12 | 315; | 73 | 407; | 125 | 62; | 39 | 105; | 29 | 146; | 75 | 5; | 9 | 55; | 38 | 64; | 34 | D |
| Asp | 31; | 28 | 48; | 42 | 218; | 169 | 10; | 14 | 10; | 8 | 60; | 49 | 3; | 6 | 10; | 22 | 41; | 69 | K |
| | 334; | 108 | 313; | 133 | 446; | 81 | 212; | 90 | 51; | 27 | 158; | 58 | 164; | 62 | 415; | 250 | 270; | 187 | A |
| | 387; | 102 | 406; | 183 | 443; | 122 | 229; | 75 | 59; | 25 | 219; | 74 | 156; | 53 | 332; | 212 | 184; | 153 | B |
| | 463; | 164 | 461; | 191 | 357; | 97 | 146; | 48 | 84; | 29 | 189; | 66 | 89; | 52 | 224; | 112 | 354; | 191 | C |
| | 412; | 151 | 525; | 231 | 315; | 73 | 90; | 27 | 80; | 61 | 167; | 122 | 104; | 73 | 135; | 109 | 272; | 214 | D |

Tab. 5. Deckungsgrade (°/₀₀) der Gräser, Kräuter und Leguminosen in den in den verschiedenen Vegetationstypen (M: Mittelwerte, S: Standardabweichungen, K: Kontrollflächen, A, B, C, D: Rasenmischungen)

*Cover (°/₀₀) of grasses, forbs and legumes of the different types of vegetation.*

### *3.2.6. Artengefüge*

Die zusammengefasssten Vegetationsaufnahmen (vgl. 2.4.3.) sind in Tab. 6. bis 8. dargestellt. In Anlehnung an KLöTZLI (1981b) werden darin die folgenden vier Artengruppen unterschieden:

1. Zurückgehende angesäte Arten
2. Vorübergehend auftretende Arten
3. Persistente eingewanderte Arten
4. Persistente angesäte Arten

Als Folge der Zusammenfassung von jeweils allen Quadratmeter-Aufnahmen eines Vegetationstypes jeder Böschung und für jedes Versuchsjahr zu einer einzigen Durchschnitts-Aufnahme sind verschiedene Arten, welche nur vereinzelt und mit geringen Deckungswerten auftraten, nicht in diesen Tabellen enthalten. Die komplettere Artengarnitur findet sich in der Stetigkeitstabelle (Tab. 11., Seite 78). Die in Abb. 25. bis 27. dargestellten Ergebnisse der Korrespondenzanalysen vermitteln einen Eindruck vom Ausmass der Verschiebungen im Artengefüge bei den einzelnen Rasentypen und von deren Aehnlichkeit.

Im folgenden wird zuerst die Entwicklung der in den Rasenmischungen enthaltenen Arten besprochen, danach soll auf die Entwicklung der nicht angesäten Arten eingegangen werden.

#### *3.2.6.1. Arten der Rasenmischungen*

An die Arten der Rasenmischungen stellte man bei der Auswahl verschiedene Ansprüche. Ein Teil davon sollte den vegetationslosen Boden möglichst rasch bedecken und dadurch Erosion verhindern. Die restlichen Arten sollten dagegen eine Vegetationsdecke bilden, welche einer Magerwiese entspricht. Sobald die letzteren Arten vorhanden waren, hatte die erste Gruppe ihre Aufgabe erfüllt und sollte möglichst rasch verschwinden. Tab. 9. (Seite 67) gibt eine Uebersicht über das Verhalten aller angesäten Arten.

##### *1. Arten, welche zurückgehen*

Die zur Schnellbegrünung vorgesehenen Arten *Papaver sp.* (zweijährig) und *Bromus secalinus* (einjährig) waren in den Rasenmischungen A und B enthalten. *Bromus secalinus* ist ein Getreideunkraut, welches mehr oder weniger nährstoffreiche Böden bevorzugt (OBERDORFER 1979). Anstelle der als *Papaver sp.* aufgeführten Art, welche nicht näher bestimmt wurde, hätte die einheimische Art *Papaver rhoeas* in den Mischungen A und B enthalten sein sollen. Die Rasenmischung C, welche gemäss Mischungsrezept keine dieser Arten enthalten sollte, wies z.T. beträchtliche Mengen davon auf. Der Antiel von *Bromus secalinus* war im zweiten Versuchsjahr in Hemishofen mit

22% in den C-Flächen recht hoch. Beide Arten konnten im dritten Jahr kaum mehr beobachtet werden.

*Lolium perenne* bevorzugt nach OBERDORFER (1979) ebenfalls nährstoffreiche Böden, es findet sich vor allem in intensiv genutzten Weiden (*Lolio-Cynosuretum*) und in Trittgesellschaften (*Plantaginetalia majoris*), ist aber frost- und dürreempfindlich. Es sollte nach Mischungsrezept in den Rasenmischungen A und C vorkommen, fand sich aber in Wagenhausen in sämtlichen Rasenmischungen in derart grossen Mengen, dass man kaum nur von Saatgutverunreinigung sprechen kann. In den B- und D-Flächen von Hemishofen und Asp konnte sich *Lolium perenne* vor allem im zweiten Versuchsjahr in kleineren Mengen ansiedeln. Ob das Saatgut dabei von benachbarten Wiesen oder von den anderen Versuchsflächen kam, konnte nicht festgestellt werden. Der Deckungsanteil dieses Schnellbegrüners nahm bis zum dritten Versuchsjahr überall sehr stark ab.

Die beiden Leguminosen *Anthyllis vulneraria* und *Medicago lupulina* können pflanzensoziologisch *Mesobromion*-Gesellschaften zugeordnet werden und sind daneben auch Rohbodenpioniere (OBERDORFER 1979). Die Zeigerwerte (Tab. 10.)weisen beide Pflanzen als trockenheitsertragend und lichtbedürftig aus. *Anthyllis* bevorzugt eher magere Böden. Die beiden Arten, welche in den Rasenmischungen A und B enthalten waren, nahmen stark ab. Vor allem auf der Böschung Asp konnten nach längerer Trockenzeit jeweils Welkeerscheinungen an diesen Pflanzen beobachtet werden.

Im Herbst des zweiten Versuchsjahres waren die beiden Arten auf den Versuchsflächen meist vorherrschend, andere Arten waren dann kaum mehr sichtbar. Die Wuchshöhe von *Anthyllis* betrug meist etwa 80 cm. Das Saatgut stammte sehr wahrscheinlich nicht aus der Schweiz, es umfasste zumindest keine einheimischen Standortsformen. In die übrigen Teilflächen konnten diese beiden Arten z.T. einwandern. Indessen blieb ihr Anteil dabei gering. Auf der humusierten Böschung blieben solche Einwanderungen grösstenteils aus.

Den Rest dieser Artengruppe bilden auf den drei Böschungen verschiedene Pflanzen. *Trifolium repens*, das in den Rasenmischungen A und B enthalten war, kam nur auf den nicht humusierten Böschungen mit nennenswertem Anteil vor. Es bevorzugt eher frische, nährstoffreiche Böden und hat seine Haupt-

verbreitung in Fettweiden und Parkrasen, gilt aber auch als sogenannter Kriechpionier (OBERDORFER 1979). Sein Rückgang ist ebenso markant wie derjenige der beiden vorgenannten Leguminosen. Auf den Kontrollflächen von Wagenhausen konnte sich *Trifolium repens* relativ gut etablieren und war auch noch im dritten Versuchsjahr vorhanden, wogegen auf den anderen Flächen nur eine vorübergehende Besiedlung zustande kam.

Die beiden Gräser *Festuca ovina* und *Bromus erectus* waren in allen vier Rasenmischungen mit hohen Anteilen vertreten. Sie waren von Anfang an überall mit ziemlich grosser Deckung vorhanden, aber auf den nicht humusierten Flächen zeigten sie eine rückläufige Entwicklung. Bei *Festuca ovina* konnten nach längerer Trockenheit Welkeerscheinungen beobachtet werden. Die als *Bromus erectus* aufgeführte Art wies z.T. sehr hohe Anteile an *Bromus cf. stenophyllus* Link., einer nahe verwandten Art auf. *Festuca ovina* und *Bromus erectus* können pflanzensoziologisch *Mesobromion*-Gesellschaften zugeordnet werden (OBERDORFER 1979). Die beiden Gräser sind trotz Rückgang im dritten Jahr noch mit 4% bis 10% Deckungsanteil vertreten; es könnte sich hier auch um stärkere Fluktuationen handeln.

*Poa pratensis*, welche in den Rasenmischungen A und B enthalten war, zeigte auf der Böschung Asp eine rückläufige Entwicklung. Sie vermochte aber dafür mit kleinen Anteilen in die übrigen Teilflächen einzudringen. Diese Art besitzt nach OBERDORFER (1979) *Molinio-Arrhenatheretea*-Klassencharakter, sie bevorzugt frische und nährstoffreiche Bodenverhältnisse. Sicherlich war diese Art auch in der Vegetation um die Versuchsfläche herum vorhanden, so dass sie wahrscheinlich auch von dort her eingewandert ist. Die Dispersitätszahl für *Poa pratensis* zeigt Affinität zu skelettarmen Böden an. Die gleiche Affinität zeigt auch *Poa angustifolia*, welche aber vor allem in trockenen Magerwiesen vorkommt. Es ergibt sich kein klarer Zusammenhang zwischen den Dispersitätswerten und der Böschung Asp, die z.T. recht hohe Skelettanteile besitzt.

*Chrysanthemum leucanthemum* lässt auf der Böschung Asp keine klaren Trends erkennen. Ihre Hauptverbreitung hat die Pflanze nach OBERDORFER (1979) in Fettwiesen, sie gilt daneben aber auch als Rohbodenpionier (Tiefwurzler). Sie war in allen vier Rasenmischungen enthalten, in den Mischungen A und B allerdings mit grösseren Anteilen als in den Mischungen C und D. Ob der

Rückgang bei Asp von edaphischen Faktoren verursacht wurde, muss bezweifelt werden; diese Böschung musste im dritten Versuchsjahr eingezäunt werden, da - trotz Hinweisschildern am Rand der Versuchsflächen - immer wieder Spaziergänger in die Wiesen eindrangen und Blumensträusse pflückten.

Auf der humusierten Böschung zeigten *Holcus lanatus*, *Poa compressa* und *Onobrychis viciifolia* eine rückläufige Entwicklung. *Holcus lanatus* kommt vor allem im *Calthion* und in den *Molinio-Arrhenatheretea* vor, bevorzugt eher feuchte, nährstoffreiche Böden und ist frostempfindlich (OBERDORFER 1979). Der Verlauf der Entwicklung von *Holcus* erscheint wenig klar. Dieses Gras war in den Rasenmischungen A und B enthalten. Auf den B-Flächen entwickelte es sich positiv, auf den A-Flächen negativ. Es gelang dieser Pflanze auch, in die Kontrollflächen einzudringen, wo sie ihren Anteil ebenfalls vergrössern konnte. In die C-Flächen wanderte sie ebenfalls ein, ging dort aber im dritten Jahr wieder zurück.

*Poa compressa* gilt als Pionierpflanze, welche humus- und feinerdearme Böden bevorzugt (OBERDORFER 1979). Diese Standortsansprüche lassen sich auch aus den Zeigerwerten herauslesen. Das Gras ist imstande, grössere Trockenheit und Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit zu ertragen. *Poa compressa* war in den Rasenmischungen A und B enthalten. Sie vermochte kaum in andere Flächen einzudringen und verschwand auf den B-Flächen von Hemishofen schon im zweiten Versuchsjahr.

*Onobrychis viciifolia* ist eine Leguminose mit *Mesobromion*-Verbandscharakter, sie vermag ihre Wurzeln bis vier Meter tief in den Boden zu senken und gilt als Rohbodenpionier (OBERDORFER 1979). Gemäss Zeigerwerten erträgt sie Trockenheit und bevorzugt basische, nährstoffarme Böden. Hemishofen hat einen etwa dreimal höheren Gesamtstickstoffgehalt als die beiden anderen Böschungen. Der Rückgang von *Onobrychis viciifolia*, welche in den Rasenmischungen C und D enthalten war, ist nicht eindeutig, es könnte sich auch um Fluktuationen handeln. Allerdings gelang es dieser Art nicht, in andere Teilflächen einzudringen.

Tab. 6. Veränderungen im Artengefüge der Böschung Wagenhausen (Deckungs-‰ ).
Alle Aufnahmen der Quadrate vom gleichen Vegetationstyp sind zu Durchschnitts-Aufnahmen zusammengefasst. Arten, die in weniger als drei einzelnen Aufnahmen vorkamen, sind weggelassen worden.

*Alterations in species composition on the slope at Wagenhausen (cover ‰ ). The measures for all relevés of the same type of vegetation have been combined to give an average figure. Species that appeared in fewer than 3 relevés have been disregarded.*

| | Kontrollflächen | | | Rasenmischung A | | | Rasenmischung B | | | Rasenmischung C | | | Rasenmischung D | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arten | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 |
| zurückgehende angesäte | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Papaver sp.* | 2 | | | 4 | | | 3 | | | | | | | | |
| *Bromus secalinus* | 2 | | | 79 | | 4 | 119 | | 2 | 30 | | | 6 | | |
| *Lolium perenne* | 28 | 69 | 37 | 296 | 292 | 89 | 188 | 308 | 53 | 271 | 246 | 45 | 79 | 103 | 21 |
| *Anthyllis vulneraria* | | 2 | 40 | 11 | 75 | 61 | 11 | 29 | 23 | 8 | 15 | 6 | 1 | 8 | 11 |
| *Medicago lupulina* | 8 | 46 | 22 | 33 | 193 | 38 | 45 | 163 | 32 | 18 | 139 | 39 | 4 | 28 | 8 |
| *Trifolium repens* | 2 | 21 | 23 | 2 | 39 | 25 | 12 | 7 | 4 | | 24 | 1 | | 18 | |
| *Festuca ovina* | 11 | 15 | 31 | 144 | 60 | 49 | 188 | 55 | 39 | 175 | 63 | 64 | 183 | 117 | 67 |
| *Bromus erectus* | 5 | 27 | 54 | 109 | 40 | 34 | 102 | 74 | 60 | 192 | 152 | 53 | 200 | 211 | 109 |
| vorübergehend auftretende | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Polygonum persicaria* | 5 | | | | | | 7 | | | 2 | | | | | |
| *Polygonum aviculare* | | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 7 | | |
| *Chenopodium album* | 18 | | | 11 | | | 30 | | | 13 | | | 16 | | |
| *Linaria minor* | 3 | 2 | | | | | 2 | | | | | | 2 | | |
| *Senecio vulgaris* | | 10 | | | | | 1 | | | | | | 1 | | |
| *Sonchus oleraceus* | 8 | | 4 | | | 2 | 2 | | | | | | | | |
| *Lolium multiflorum* | | 2 | | | | | | 5 | | | | | | 2 | |
| *Festuca pratensis* | 4 | 1 | | | | | | | 2 | | | | 3 | | |
| *Poa trivialis* | | 4 | 7 | | | | | 2 | | | | | | | |
| *Plantago major* | 13 | 5 | 3 | | | | | | | 1 | | | | | |
| *Ranunculus friesianus* | | | | 4 | | | 2 | | | | | 2 | 4 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| eingewanderte persistente | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Agropyron repens* | 1 | 11 | 36 | | | 3 | 3 | | 6 | 1 | | | | | 3 |
| *Cirsium arvense* | | | 14 | | | | | | 2 | | | | | | 2 |
| *Agrostis gigantea* | | 1 | 28 | | | | | | 5 | | | | | | 3 |
| *Tussilago farfara* | 1 | 5 | 8 | | | | | | | 2 | | 2 | | | |
| *Trifolium pratense* | | | 8 | | 2 | 5 | | 2 | 5 | | 13 | 5 | | 16 | 5 |
| *Medicago sativa* | | | 5 | | | | | 1 | 5 | | | 18 | | | 4 |
| *Festuca rubra* | 5 | | 3 | | | 5 | | | | | | | | | |
| *Taraxacum officinale* | 3 | 6 | 12 | | | 1 | | | 1 | 5 | 1 | 1 | 7 | | 3 |
| *Ranunculus repens* | | 4 | 10 | | 4 | 2 | | 1 | 2 | | | | | 3 | 2 |
| *Euphorbia cyparissias* | 2 | 8 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| Moose | 5 | 28 | 51 | | 12 | 47 | | | 30 | | 2 | 63 | 2 | 2 | 57 |
| angesäte persistente | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Poa compressa* | 12 | 22 | 26 | | | 31 | 8 | | 15 | | 2 | 14 | 4 | | 10 |
| *Holcus lanatus* | 4 | 5 | 18 | 12 | 36 | 48 | 8 | 40 | 48 | 1 | 7 | 42 | 1 | 4 | 9 |
| *Dactylis glomerata* | 1 | 2 | 21 | 5 | 7 | 57 | 8 | 9 | 32 | 1 | 8 | 18 | | 1 | 10 |
| *Poa pratensis* | 3 | 8 | 3 | 15 | 1 | 15 | 5 | 5 | 8 | | 2 | 8 | 1 | 2 | 5 |
| *Trisetum flavescens* | | 3 | 4 | 4 | 2 | 17 | | 4 | 23 | | 3 | 27 | | 2 | 10 |
| *Achillea millefolium* | 3 | 7 | 29 | 23 | 20 | 53 | 40 | 36 | 86 | 15 | 19 | 40 | 4 | 9 | 23 |
| *Chrysanthemum leucanthem.* | | 5 | 12 | 7 | 5 | 23 | 9 | 6 | 21 | 4 | 1 | 5 | 2 | 1 | |
| *Festuca duriuscula* | 2 | 33 | 39 | 3 | 60 | 44 | 19 | 55 | 55 | | 54 | 101 | 2 | 125 | 122 |
| *Plantago lanceolata* | 1 | 13 | 18 | 25 | 23 | 51 | 34 | 28 | 54 | 42 | 27 | 41 | 65 | 43 | 36 |
| *Sanguisorba minor* | 6 | 31 | 40 | 31 | 24 | 45 | 40 | 25 | 50 | 52 | 42 | 68 | 58 | 67 | 107 |
| *Lotus corniculatus* | 6 | 13 | 77 | 30 | 62 | 271 | 58 | 80 | 308 | 49 | 104 | 333 | 63 | 140 | 273 |
| *Dianthus carthusianorum* | | | 6 | | 1 | | | | | | | 3 | | | |
| *Pimpinella peregrina L.* | | | | | | 2 | | | 1 | | | 2 | | | |
| *Coronilla varia* | | | 2 | | | 2 | | | 6 | | | 6 | | | |
| *Onobrychis viciifolia* | | 17 | 6 | | | 2 | | | | 6 | 47 | 42 | 23 | 106 | 28 |

Tab. 7. Veränderungen im Artengefüge der Böschung Hemishofen (Deckungs-‰ ).
Alle Aufnahmen der Quadrate vom gleichen Vegetationstyp sind zu Durchschnitts-Aufnahmen zusammengefasst. Arten, die in weniger als drei einzelnen Aufnahmen vorkamen, sind weggelassen worden.

*Alterations in species composition on the slope at Hemishofen (cover ‰ ). The measures for all relevés of the same type of vegetation have been combined to give an average figure. Species that appeared in fewer than 3 relevés have been disregarded.*

| | Kontrollflächen | | | Rasenmischung A | | | Rasenmischung B | | | Rasenmischung C | | | Rasenmischung D | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arten | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 |
| zurückgehende angesäte | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Papaver sp.* | | 3 | | | 1 | | | 2 | | | | | | | |
| *Bromus secalinus* | | 5 | | 13 | 150 | | 17 | 220 | | 8 | 3 | | 3 | 2 | |
| *Lolium perenne* | | 9 | 4 | 3 | 88 | 9 | 3 | 18 | | 38 | 150 | | 4 | 8 | |
| *Anthyllis vulneraria* | | | 4 | 4 | 195 | 23 | 8 | 270 | 30 | | | | | | |
| *Medicago lupulina* | | 1 | 4 | 13 | 125 | | 10 | 200 | 1 | | | | | | |
| *Holcus lanatus* | | 12 | 44 | | 8 | 4 | | 11 | 22 | | 28 | 7 | | | |
| *Trisetum flavescens* | | 1 | | | 20 | | | 19 | 16 | | 7 | | | 1 | |
| *Poa compressa* | 1 | 1 | | 5 | 2 | 1 | 4 | | | | | | | | |
| *Onobrychis viciifolia* | | 8 | | | | | | | | 2 | 33 | 14 | 5 | 35 | 25 |
| vorübergehend auftretende | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Rumex acetosa* | | | | | 1 | | 3 | 1 | | | | | | | |
| *Polygonum convolvulus* | | 13 | | 1 | 3 | | | 9 | 3 | | | | | 34 | |
| *Polygonum persicaria* | 1 | | | 4 | | | | | | 3 | | | | | |
| *Polygonum aviculare* | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | | 2 | 4 | |
| *Chenopodium album* | 20 | 25 | | 11 | | | 26 | | | 3 | | | 27 | 1 | |
| *Cardamine hirsuta* | 1 | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | |
| *Agrostis canina* | 9 | | | 4 | | | 9 | | | 1 | | | | | |
| *Thlaspi perfoliatum* | | 2 | | | 1 | | | 2 | | | 1 | | | | |
| *Setaria viridis* | 1 | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| eingewanderte persistente | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Rumex obtusifolius* | | 20 | 8 | | | | | | 8 | | | 1 | | | |
| *Agropyron repens* | 2 | 112 | 200 | | 1 | 13 | | 5 | | | | 1 | 1 | 11 | |
| *Arrhenatherum elatius* | 55 | | 19 | | 1 | 9 | | 5 | 18 | | 2 | | | 4 | |
| *Trifolium pratense* | | 6 | 28 | | | | | 2 | | | 2 | | | 7 | |
| *Glechoma hederaceum* | 7 | 12 | 21 | 8 | 24 | 9 | 8 | 22 | 37 | 1 | 13 | 13 | | 10 | |
| *Cerastium caespitosum* | | | | | | 1 | | | | | | | | 3 | 1 |
| *Taraxacum officinale* | | | 9 | | | | 1 | | | | | 1 | | | |
| *Crepis capillaris* | | 3 | 1 | | | | | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | |
| *Galium album* | | 1 | 10 | | 10 | 30 | | 4 | 33 | | 1 | 23 | | 11 | 4 |
| *Galium pumilum* | | | 4 | 3 | 6 | 3 | 1 | 4 | 8 | 3 | 7 | 6 | | 3 | |
| *Silene vulgaris* | | | 4 | 1 | 13 | 24 | | | 6 | | | 7 | 4 | 17 | 15 |
| *Stachys recta* | | 1 | 7 | | | 3 | | | | | | | | | |
| Moose | | 4 | 60 | | 3 | 79 | | 2 | 57 | | 18 | 98 | | 2 | 90 |
| angesäte persistente | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Dactylis glomerata* | | 8 | 28 | | 20 | 38 | | 20 | 44 | | | 3 | | | 4 |
| *Achillea millefolium* | | 4 | 22 | | 8 | 20 | | 8 | 28 | | 3 | 13 | | 4 | 1 |
| *Poa pratensis* | | 2 | | 4 | 8 | 16 | 6 | 6 | 8 | | 1 | | | | |
| *Chrysanthemum leucanthem.* | | | 5 | | 18 | 24 | | 29 | 43 | | 9 | 24 | | 2 | 4 |
| *Festuca duriuscula* | | | 19 | 6 | 38 | 133 | 7 | 84 | 93 | | 46 | 98 | | 117 | 200 |
| *Festuca ovina* | | 14 | 18 | 5 | 133 | 167 | 11 | 95 | 93 | 10 | 67 | 98 | 3 | 96 | 91 |
| *Bromus erectus* | | | 4 | 13 | 53 | 96 | 18 | 77 | 45 | 18 | 88 | 129 | 15 | 71 | 94 |
| *Plantago lanceolata* | 1 | 16 | 18 | 2 | 11 | 18 | 3 | 9 | 21 | 4 | 15 | 20 | | 2 | |
| *Sanguisorba minor* | | 1 | 8 | 30 | 62 | 142 | 40 | 67 | 217 | 35 | 129 | 275 | 32 | 64 | 135 |
| *Lotus corniculatus* | | 5 | 10 | 3 | 35 | 54 | 2 | 54 | 87 | 3 | 60 | 200 | 3 | 48 | 224 |
| *Dianthus carthusianorum* | | | | | | 3 | | | 1 | | | 3 | | 1 | 11 |
| *Pimpinella peregrina L.* | | | | | | | | | 2 | | 1 | 1 | | 1 | 4 |

Tab. 8. Veränderungen im Artengefüge der Böschung Asp (Deckungs-‰ ).
Alle Aufnahmen der Quadrate vom gleichen Vegetationstyp sind zu DurchschnittsAufnahmen zusammengefasst. Arten, die in weniger als drei einzelnen Aufnahmen vorkamen, sind weggelassen worden.

*Alterations in species composition on the slope at Asp (cover ‰ ). The measures for all relevés of the same type of vegetation have been combined to give an average figure. Species that appeared in fewer than 3 relevés have been disregarded.*

| | Kontrollflächen | | | Rasenmischung A | | | Rasenmischung B | | | Rasenmischung C | | | Rasenmischung D | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arten | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 | 1980 | 1981 | 1982 |
| zurückgehende angesäte | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Papaver sp.* | 3 | 2 | | 101 | 10 | | 113 | | | 40 | | | 4 | | |
| *Bromus secalinus* | 4 | | 2 | 69 | 9 | 1 | 90 | 3 | | 19 | 2 | | 1 | | |
| *Lolium perenne* | 2 | 5 | 9 | 32 | 65 | 29 | | 4 | 11 | 106 | 70 | 7 | 11 | 26 | 2 |
| *Anthyllis vulneraria* | | | 15 | 36 | 157 | 25 | 47 | 178 | 37 | 11 | 23 | 9 | | 2 | |
| *Medicago lupulina* | 2 | 3 | 3 | 58 | 160 | 10 | 49 | 113 | 9 | 17 | 56 | 15 | 2 | 3 | |
| *Trifolium repens* | | 1 | 2 | 27 | 3 | 2 | 22 | 1 | 2 | 5 | 15 | | 1 | 4 | |
| *Poa pratensis* | | 1 | 8 | 35 | 3 | 26 | 26 | 4 | 17 | 16 | | 10 | 2 | 3 | 2 |
| *Festuca ovina* | 8 | 7 | 40 | 82 | 99 | 97 | 135 | 120 | 96 | 169 | 129 | 87 | 225 | 154 | 45 |
| *Bromus erectus* | 1 | 1 | 8 | 55 | 57 | 42 | 74 | 62 | 51 | 118 | 113 | 59 | 152 | 117 | 51 |
| *Chrysanthemum leucanthem.* | | 1 | 5 | 15 | 5 | 10 | 16 | 1 | 10 | 6 | 1 | 7 | 11 | 1 | |
| vorübergehend auftretende | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Triticum vulgare* | 2 | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | |
| *Poa annua* | 6 | 6 | 2 | | | | | | | | | | 4 | | |
| *Lolium multiflorum* | | | 6 | | 2 | | | | | | 3 | | | 10 | |
| eingewanderte persistente | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Agropyron repens* | | | 51 | | | 2 | 1 | | | | | 2 | | | 2 |
| *Trifolium pratense* | | | 3 | | 9 | 11 | | 3 | 7 | | 11 | 10 | | 11 | 5 |
| *Medicago sativa* | | | | | | | | | 2 | | | 2 | | | 3 |
| *Trifolium hybridum* | | | | | | | | | | | 3 | 6 | | 2 | 2 |
| Moose | 21 | 13 | 58 | | 13 | 85 | 1 | 3 | 91 | | 4 | 60 | 21 | 12 | 79 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| angesäte persistente | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Poa compressa* | 6 | 7 | 18 | 4 | | 8 | 1 | | 16 | 8 | | | | | |
| *Holcus lanatus* | | 5 | 17 | 17 | 9 | 34 | 29 | 71 | 12 | 3 | 9 | 3 | 1 | 7 | |
| *Dactylis glomerata* | 1 | 3 | 11 | 13 | 9 | 40 | 12 | 15 | 48 | 12 | 5 | 20 | 3 | 4 | 9 |
| *Trisetum flavescens* | | | 5 | | 5 | 17 | 1 | 8 | 23 | | 3 | 15 | | 6 | 2 |
| *Achillea millefolium* | 2 | 2 | 7 | 51 | 22 | 53 | 51 | 28 | 71 | 21 | 15 | 34 | | | |
| *Festuca duriuscula* | 1 | 11 | 33 | 9 | 70 | 150 | 19 | 120 | 170 | 2 | 129 | 156 | 5 | 196 | 182 |
| *Plantago lanceolata* | | | 3 | 22 | 15 | 43 | 25 | 13 | 47 | 40 | 26 | 64 | 41 | 50 | 38 |
| *Sanguisorba minor* | | 1 | 10 | 28 | 16 | 34 | 25 | 15 | 72 | 35 | 21 | 61 | 30 | 24 | 92 |
| *Lotus corniculatus* | | | 1 | 39 | 51 | 222 | 39 | 36 | 121 | 53 | 90 | 243 | 80 | 74 | 152 |
| *Dianthus carthusianorum* | | | 2 | | 2 | 17 | | 2 | 18 | | 5 | 19 | | 3 | 19 |
| *Thymus pulegioides* | | | 3 | | | | | | | | | 2 | 1 | | 4 |
| *Onobrychis viciifolia* | | 6 | 17 | | | | | 1 | 7 | 3 | 26 | 69 | 13 | 38 | 74 |

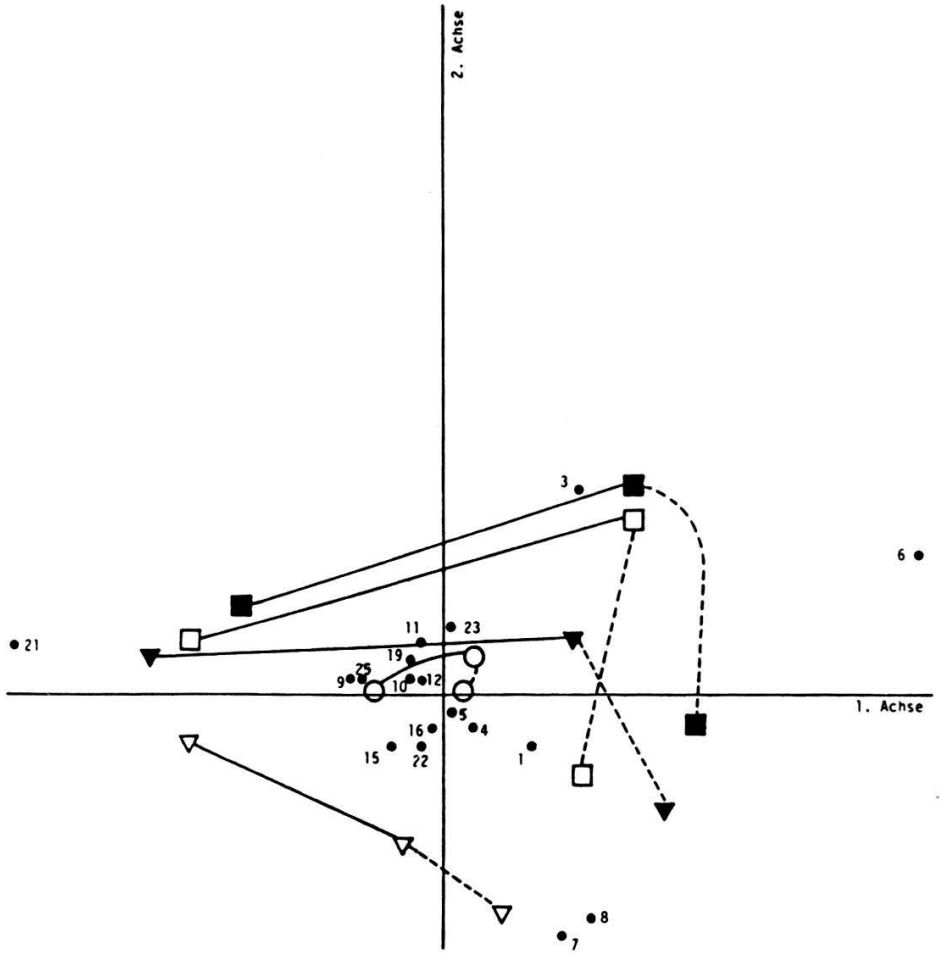



Abb. 25. Ordination der Durchschnitts-Vegetationsaufnahmen der Böschung Wagenhausen (vgl. Tab. 6). Die Aufnahmen vom gleichen Vegetationstyp sind jeweils durch gestrichelte (1. und 2. Jahr) bzw. ausgezogene Linien (2. und 3. Jahr) miteinander verbunden. Die erste Achse enthält 59% Varianz, die zweite 22%.

*Ordination of average relevés of vegetation on the slope at Wagenhausen (see table 6). Relevés of the same type of vegetation are connected with dotted lines (1st and 2nd year) and with full lines (2nd and 3rd year respectively). The first axis contains 59% variance; the second one, 22%.*

○ Kontrollflächen, ■ Rasenmischung A, □ Rasenmischung B
▲ Rasenmischung C, △ Rasenmischung D

1 *Bromus secalinus*, 3 *Medicago lupulina*, 4 *Chenopodium album*, 5 *Polygonum aviculare*, 6 *Lolium perenne*, 7 *Bromus erectus*, 8 *Festuca ovina*, 9 *Festuca duriuscula*, 10 *Dactylis glomerata*, 11 *Holcus lanatus*, 12 *Trisetum flavescens*, 15 *Sanguisorba minor*, 16 *Plantago lanceolata*, 19 *Achillea millefolium*, 21 *Lotus corniculatus*, 22 *Onobrychis viciifolia*, 23 *Anthyllis vulneraria*, 25 Moose. Die übrigen Arten liegen alle nahe des Achsenschnittpunktes sehr dicht beieinander und sind der Uebersicht halber weggelassen worden.

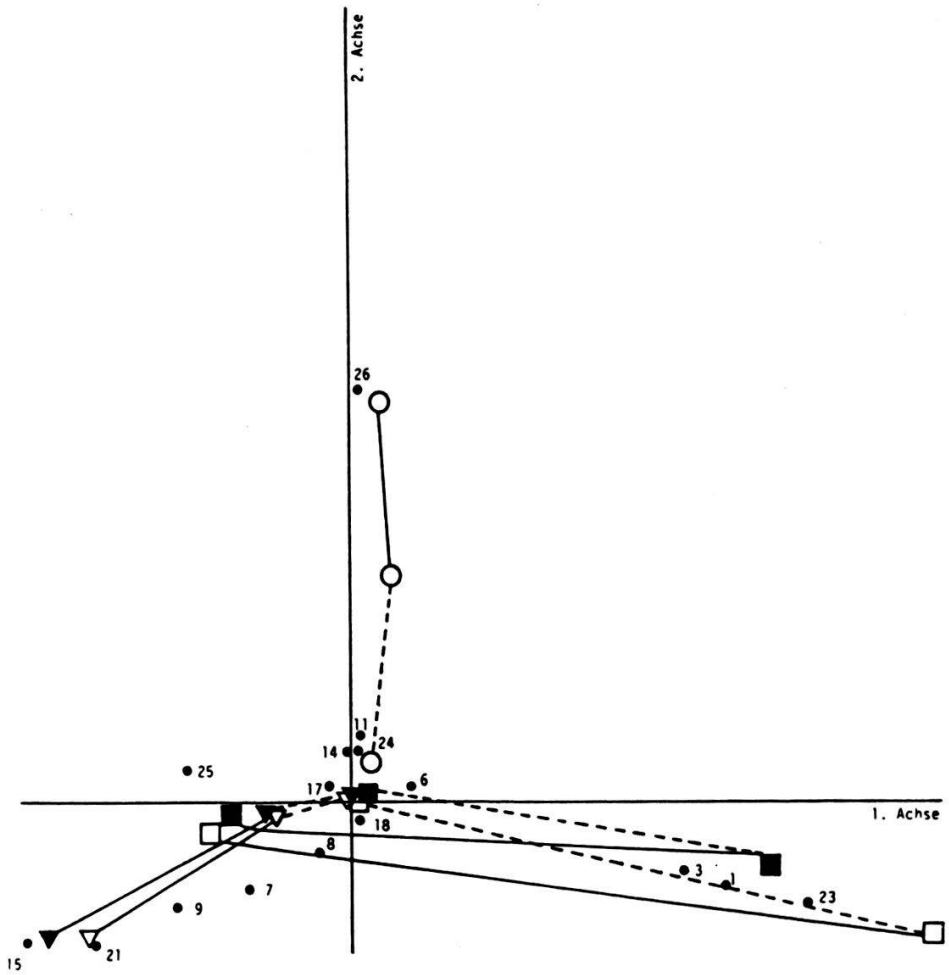



Abb. 26. Ordination der Durchschnitts-Vegetationsaufnahmen der Böschung Hemishofen (vgl. Tab. 7). Die Aufnahmen vom gleichen Vegetationstyp sind jeweils durch gestrichelte (1. und 2. Jahr) bzw. ausgezogene Linien (2. und 3. Jahr) miteinander verbunden. Die erste Achse enthält 55% Varianz, die zweite 20%.

*Ordination of average relevés of vegetation on the slope at Hemishofen (see table 7). Relevés of the same type of vegetation are connected with dotted lines (1st and 2nd year) and with full lines (2nd and 3rd year respectively). The first axis contains 55% variance; the second one, 20%.*

○ Kontrollflächen, ■ Rasenmischung A, □ Rasenmischung B, ▲ Rasenmischung C, △ Rasenmischung D

1 *Bromus secalinus*, 3 *Medicago lupulina*, 6 *Lolium perenne*, 7 *Bromus erectus*, 8 *Festuca ovina*, 9 *Festuca duriuscula*, 11 *Holcus lanatus*, 14 *Arrhenatherum elatius*, 15 *Sanguisorba minor*, 17 *Galium album*, 18 *Chrysanthemum elucanthemum*, 21 *Lotus corniculatus*, 23 *Anthyllis vulneraria*, 24 *Trifolium pratense*, 26 *Agropyron repens*, 25 Moose. Die übrigen Arten liegen alle nahe des Achsenschnittpunktes sehr dicht beieinander und sind der Uebersicht halber weggelassen worden.

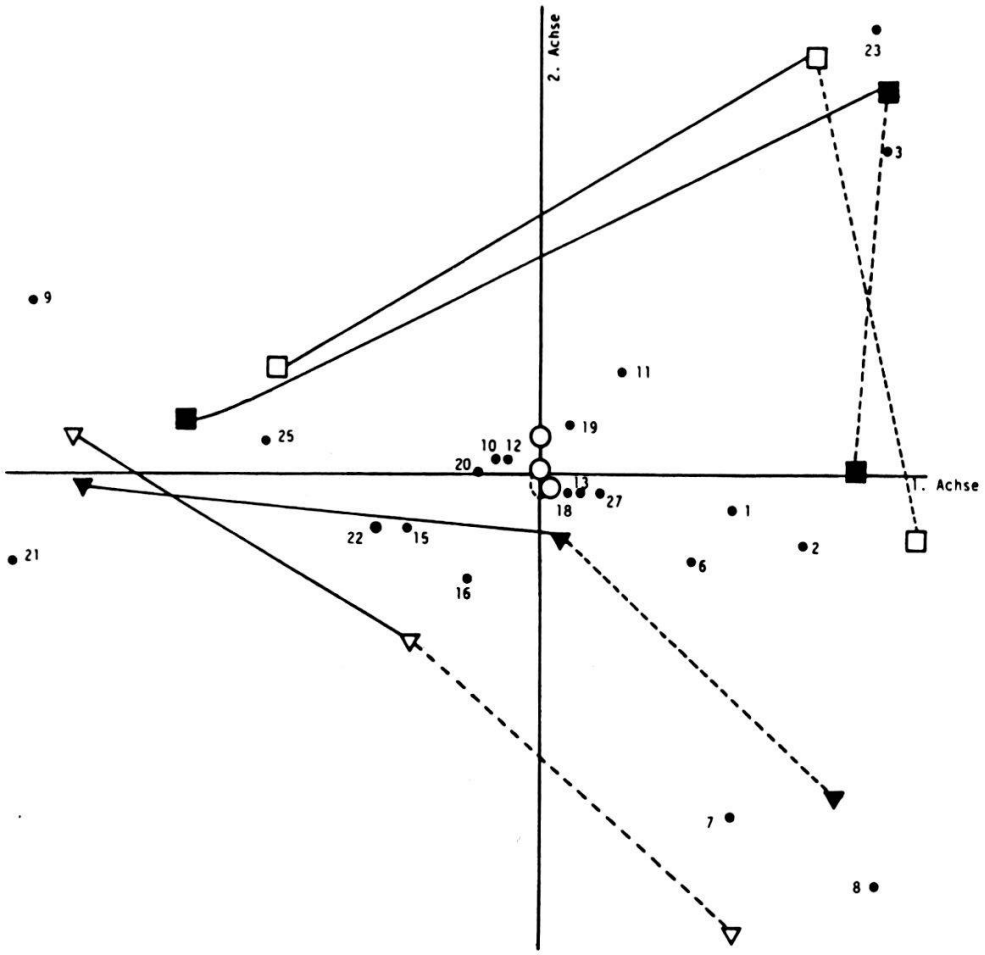



Abb. 27. Ordination der Durchschnitts-Vegetationsaufnahmen der Böschung Asp (vgl. Tab. 8). Die Aufnahmen vom gleichen Vegetationstyp sind jeweils durch gestrichelte (1. und 2. Jahr) bzw. ausgezogene Linien (2. und 3. Jahr) miteinander verbunden. Die erste Achse enthält 43% Varianz, die zweite 24%.

*Ordination of average relevés of vegetation on the slope at Asp (see table 8). Relevés of the same type of vegetation are connected with dotted lines (1st and 2nd year) and with full lines (2nd and 3rd year respectively). The first axis contains 43% variance, the second one, 24%.*

○ Kontrollflächen, ■ Rasenmischung A, □ Rasenmischung B, ▲ Rasenmischung C, △ Rasenmischung D

1 *Bromus secalinus*, 2 *Papaver sp.*, 3 *Medicago lupulina*, 6 *Lolium perenne*, 7 *Bromus erectus*, 8 *Festuca ovina*, 9 *Festuca duriuscula*, 10 *Dactylis glomerata*, 11 *Holcus lanatus*, 12 *Trisetum flavescens*, 13 *Poa pratensis*, 15 *Sanguisorba minor*, 16 *Plantago lanceolata*, 18 *Chrysanthemum leucanthemum*, 19 *Achillea millefolium*, 20 *Dianthus carthusianorum*, 21 *Lotus corniculatus*, 22 *Onobrychis viciifolia*, 23 *Anthyllis vulneraria*, 27 *Trifolium repens*, 25 Moose. Die übrigen Arten liegen alle nahe des Achsenschnittpunktes sehr dicht beieinander und sind der Uebersicht halber weggelassen worden.

Tab. 9. Entwicklung der angesäten Arten.

*Development of the sown species.*

| Arten | Wagenhausen | | | | Hemishofen | | | | Asp | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Rasenmischungen | | | | | | | | | | | |
| | A | B | C | D | A | B | C | D | A | B | C | D |
| *Bromus erectus* | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| *Bromus secalinus* | ↓↓ | ↓↓ | – | – | † | † | – | – | ↓↓ | † | – | – |
| *Dactylis glomerata* | ↑ | ↑ | + | + | ↑ | ↑ | + | + | ↑ | ↑ | + | + |
| *Festuca ovina* | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ |
| *Festuca duriuscula* | ↓ | ↑ | + | + | ↑ | ↑ | + | + | ↑ | ↑ | + | + |
| *Holcus lanatus* | ↑ | ↑ | + | + | ↓ | ↑ | + | – | ↑ | ↑ | + | – |
| *Poa compressa* | ↑ | ↑ | + | + | ↓ | ↓ | – | – | ↑ | ↑ | – | – |
| *Poa pratensis* | = | = | + | + | ↑ | ↑ | – | – | ↓ | ↓ | + | + |
| *Trisetum flavescens* | ↑ | ↑ | + | + | † | = | – | – | ↑ | ↑ | + | + |
| *Lolium perenne* | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | – | † | – | ↓ | + | ↓ | + |
| *Anthyllis vulneraria* | ↓ | ↓ | + | + | ↓ | ↓ | – | – | ↓ | ↓ | + | – |
| *Lotus corniculatus* | ↑↑ | ↑↑ | ↑↑ | ↑↑ | ↑ | ↑ | ↑↑ | ↑↑ | ↑↑ | ↑ | ↑↑ | ↑ |
| *Medicago lupulina* | ↓ | ↓ | + | + | ↓ | ↓ | – | – | ↓ | ↓ | + | – |
| *Trifolium repens* | ↓ | ↓ | + | – | † | † | – | – | ↓ | ↓ | – | – |
| *Sanguisorba minor* | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑↑ | ↑↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| *Plantago lanceolata* | ↑ | ↑ | = | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | † | ↑ | ↑ | ↑ | = |
| *Achillea millefolium* | ↑ | ↑ | + | + | ↑ | ↑ | + | + | = | ↑ | + | – |
| *Chrysanthemum leucanthemum* | ↑ | ↑ | = | † | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ | ↓ | = | † |
| *Papaver sp.* | † | † | – | – | † | † | – | – | † | † | – | – |
| *Onobrychis viciifolia* | + | – | ↑ | = | – | – | ↓ | ↓ | – | + | ↑ | ↑ |
| *Scabiosa columbaria* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Knautia arvensis* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Salvia pratensis* | – | – | – | – | – | – | – | – | † | † | † | † |
| *Thymus pulegioides* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | ↑ | ↑ |
| *Coronilla varia* | ↑ | ↑ | ↑ | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Centaurea cyanus* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Pulsatilla vulgaris* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Campanula glomerata* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Campanula patula* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Campanula rotundifolia* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Aster amellus* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Buphthalmum salicifolium* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Dianthus carthusianorum* | ↓ | † | † | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| *Teucrium chamaedrys* | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † | † |
| *Pimpinella peregrina L.* | ↑ | ↑ | ↑ | † | † | ↑ | ↑ | ↑ | † | † | † | † |

↑ : angesät, zunehmend
↑↑: angesät, stark zunehmend
↓ : angesät, abnehmend
↓↓: angesät, stark abnehmend
† : verschwunden

=: gleichbleibend
+: nicht angesät, aber dennoch vorhanden
–: nicht angesät, nicht vorhanden

*2. Persistente oder zunehmende Arten*

*Plantago lanceolata, Sanguisorba minor* und *Lotus corniculatus* waren in allen vier Rasenmischungen enthalten. Die in den Mischungen C und D höheren Anteile scheinen sich nicht ausgewirkt zu haben. *Plantago lanceolata* hatte im dritten Versuchsjahr auf den nicht humusierten Böschungen Dekkungsanteile zwischen 4% und 5%, auf der humusierten Böschung lagen die Werte tiefer, *Plantago* war dort in den D-Flächen kaum aufgekommen. Die Kontrollflächen von Hemishofen und Wagenhausen hatten beide etwa gleich grosse Anteile davon (ca. 2%), in Asp waren die Deckungsanteile sehr niedrig.

*Sanguisorba minor* zeigte ziemlich grosse Unterschiede im Deckungsgrad auf den drei verschiedenen Böschungen. Der Anteil von *Sanguisorba* beträgt in Asp zwischen etwa 3% (A-Flächen) und 9% (D-Flächen), in Wagenhausen zwischen etwa 4.5% (A-Flächen) und etwa 11% (D-Flächen); in Hemishofen wiesen die A- und D-Flächen dagegen die tiefsten Werte auf, die C-Flächen enthielt hier den grössten Anteil an *Sanguisorba*; alle Werte sind deutlich grösser als auf den beiden anderen Böschungen. Die Kontrollflächen vermochten vor allem in Hemishofen mit den übrigen Flächen nicht Schritt zu halten.

*Lotus corniculatus* weist bezüglich Rasenmischung ebenfalls keine klare Tendenz auf. Einzig auf der Böschung Hemishofen waren seine Deckungswerte in den A- und B-Flächen deutlich niedriger als in den anderen angesäten Teilflächen. Die höchste Deckung (über 30%) erreichte *Lotus* in Wagenhausen; hier entwickelte sich diese Art auch in den Kontrollflächen sehr stark, in Asp war sie dagegen kaum vorhanden.

Die drei Arten kommen nach OBERDORFER (1979) u.a. in *Festuco-Brometea*- bzw. in *Mesobromion*-Gesellschaften vor. *Plantago lanceolata* und *Lotus corniculatus* besitzen mehrere Unterarten (HESS, LANDOLT und HIRZEL 1967-1972, OBERDORFER 1979), welche hier nicht unterschieden wurden. Alle drei Arten können auch Pioniere auf Rohböden sein. Sie ertragen ziemlich starke Trockenheit und bevorzugen magere Böden. Bei den angesäten Pflanzen zeigten vor allem *Plantago lanceolata* und *Lotus corniculatus* häufig nach längerer Trockenheit Welkeerscheinungen.

*Dianthus carthusianorum* war in allen vier Rasenmischungen mit 0.01% Gewichtsanteil vorhanden. Sie ist nach OBERDORFER (1979) eine Charakterart von *Brometalia*-Gesellschaften und bevorzugt trockene, nährstoffarme, sonnige Standorte. Auf der Böschung Asp entwickelte sich *Dianthus* am besten und hatte im dritten Versuchsjahr fast 2% Deckungsanteil in allen angesäten Teilflächen. In Hemishofen blieb sie, ausser auf den D-Flächen, unter 1%. Auf der Böschung Wagenhausen konnte sie im dritten Versuchsjahr nur noch in den C-Flächen beobachtet werden. Die Kontrollflächen dieser Böschung wiesen einen Deckungsanteil von etwa 1.5% auf, in den entsprechenden Flächen von Hemishofen fehlte die Pflanze.

*Dactylis glomerata* war nur in den Rasenmischungen A und B vorhanden, fand sich aber im dritten Versuchsjahr in allen Flächen. Diese Art kommt fast überall vor, sie gilt als Rohbodenpionier, aber auch als Stickstoffzeiger (OBERDORFER 1979), was ebenfalls in der etwas höheren Nährstoffzahl zum Ausdruck kommt.

*Achillea millefolium* war in den Mischungen A und B enthalten; sie kam im dritten Versuchsjahr in allen Flächen, ausser denjenigen mit Rasenmischung D auf der Böschung Asp, vor. Dabei lagen die Deckungswerte der Kontrollflächen etwa im Bereich der A- und B-Flächen (Hemishofen) oder weit darunter (nicht humusierte Flächen). Die Deckungsanteile von *Achillea* sind auf allen drei Böschungen in den B-Flächen grösser als in den A-Flächen. Diese Art weist ein weites pflanzensoziologisches Verbreitungsspektrum auf, das von Fettwiesen über Halbtrockenrasen bis zu nährstoffreichen Wegrandgesellschaften (*Arction*) reicht (OBERDORFER 1979). Sie erträgt auch grössere Trockenheit (Feuchtezahl 2).

*Festuca duriuscula* sollte gemäss Mischungsrezept nur in den Rasenmischungen A und B vorkommen. Die hohen Werte in sämtlichen Flächen zeigen jedoch, dass diese Art auch den anderen Mischungen beigegeben war. *Festuca duriuscula* ist ein ausgesprochener Trockenheits- und Basenzeiger und findet sich u.a. auch in *Xerobromion*-Gesellschaften (OBERDORFER 1979). Sie erreichte allgemein in den C- und D-Flächen höhere Deckungsanteile als in den A- und B-Flächen, ebenfalls mehrheitlich höher waren die Werte in den Flächen ohne *Lolium perenne*. In den Kontrollflächen erreichte dieses Gras Werte zwischen 2% und 4%.

Die beiden Gräser *Bromus erectus* und *Festuca ovina*, welche auf den nicht humusierten Böschungen zurückgingen, vermochten in Hemishofen ihre Dekkungsanteile in allen angesäten Teilflächen zu vergrössern. Beide drangen zudem in die Kontrollflächen ein, *Bromus* allerdings nur in geringen Mengen.

Nur auf den nicht humusierten Böschungen vermochten *Poa compressa*, *Holcus lanatus* und *Trisetum flavescens*, welche in den Rasenmischungen A und B enthalten waren, sowie *Onobrychis viciifolia*, welche in den Rasenmischungen C und D enthalten war, ihren Deckungsanteil zu vergrössern. Der hohe Anteil von *Poa compressa* in den Kontrollflächen von Asp und Wagenhausen zeigt deutlich die Pioniereigenschaften dieser Art; aus den C- und D-Flächen von Asp, wo sie im ersten Versuchsjahr auch sporadisch vorkam, ist sie verschwunden.

*Holcus lanatus* ging auf der Böschung Asp, ausser in den A-Flächen, ebenfalls zurück oder war bereits verschwunden. Sein Anteil war dagegen in Wagenhausen auf allen Flächen im Anstieg begriffen.

*Trisetum flavescens* konnte auch dort eindringen, wo es in den Rasenmischungen nicht enthalten war; sein Deckungsanteil nahm im dritten Versuchsjahr auf fast allen Teilflächen von Asp und Wagenhausen zu.

*Onobrychis viciifolia* konnte sich nicht so stark in die übrigen Teilflächen hinein ausbreiten und fehlt dort teilweise. In den C-Flächen konnte sich diese Art vermehren, in den D-Flächen von Wagenhausen ging sie im dritten Versuchsjahr ziemlich stark zurück.

*Poa pratensis* und *Chrysanthemum leucanthemum*, welche sich auf der Böschung Asp dort, wo sie in den Rasenmischungen enthalten waren, eher rückläufig entwickelten, konnten ihre Anteile in Wagenhausen und Hemishofen vergrössern. Es gelang *Poa pratensis* auf den nicht humusierten Flächen, sich auch in den C-und D-Flächen, wo sie nicht angesät worden war, sowie in den Kontrollflächen auszubreiten. In Hemishofen fand sie sich im dritten Versuchsjahr nur noch in den A- und B-Flächen. Bei *Chrysanthemum* sind z.T. deutliche Unterschiede zwischen den Rasenmischungen A und B einerseits sowie C und D andererseits (geringerer Anteil in der Mischung) zu sehen. So ist diese Art in Wagenhausen in den D-Flächen kaum vorhanden. Sie vermochte dagegen in die Kontrollflächen einzuwandern.

*Pimpinella saxifraga* sollte in allen vier Rasenmischungen mit 0.01% Gewichtsanteil vertreten sein. Die auf den Versuchsflächen gefundenen Exemplare wurden aber als *Pimpinella peregrina* L. bestimmt. Diese Art ist nicht einheimisch.

Nur auf der Böschung Wagenhausen konnte *Coronilla varia* auch im dritten Versuchsjahr gefunden werden. Obwohl sie in allen Rasenmischungen vorhanden sein sollte, trat sie vor allem in den C- und D-Flächen herdenartig auf. Die Pflanze gilt als Rohbodenpionier und hat ihre Hauptverbreitung in Saumgesellschaften (*Origanetalia*), daneben kommt sie auch im *Mesobromion* oder in Ruderalgesellschaften (*Onopordion*) vor (OBERDORFER 1979).

*Thymus pulegioides* war ebenfalls als Zusatz allen vier Mischungen beigegeben, fand sich aber nur auf der Böschung Asp in den C- und D-Flächen sowie in den Kontrollflächen in nennenswerter Häufigkeit. Der Anteil von *Thymus* blieb aber auch in diesen Teilflächen äusserst gering, es konnten nie blühende Exemplare beobachtet werden. Dieser trockenheits- und magerkeitszeigende Chamaephyt hat ein ziemlich weites pflanzensoziologisches Spektrum in trockenen Wiesengesellschaften und Föhrenwäldern (OBERDORFER 1979).

### *3. Selten oder gar nicht beobachtete Arten*

Die meisten der mit weniger als 1% Gewichtsanteil angesäten Arten konnten in den Versuchsflächen kaum oder gar nicht gefunden werden. Dazu gehören die Magerrasen-Arten *Scabiosa columbaria*, *Knautia arvensis*, *Salvia pratensis*, *Pulsatilla vulgaris*, *Campanula glomerata*, *Campanula patula*, *Campanula rotundifolia*, *Aster amellus*, *Buphthalmum salicifolium*, *Teucrium chamaedrys* sowie das fälschlicherweise angesäte Ackerunkraut *Centaurea cyanus*. Vereinzelt wurden solche Pflanzen steril vorgefunden (vgl. Tab. 11., Seite 78). Die Keimungstests für diese Pflanzen ergaben nur für *Aster amellus* und *Pulsatilla vulgaris* sehr niedrige Werte.

### *3.2.6.2. Nicht angesäte Arten*

Auf allen Flächen konnten neben den angesäten Arten auch solche beobachtet werden , deren Verbreitungseinheiten entweder schon im Boden vorhanden waren, oder die aus der Umgebung einwanderten. Ebenfalls zu dieser Gruppe werden Pflanzen gezählt, die wahrscheinlich als Saatgutverunreinigung in geringen Mengen in den Rasenmischungen enthalten waren. Alle diese Arten sind in den Tabellen 6. bis 8. den Artengruppen zwei und drei zugeordnet.

#### *1. Vorübergehend auftretende Arten*

Auf der Böschung Asp fanden sich nur sehr wenig Pflanzen aus der Umgebung ein. *Triticum vulgare* wurde auf den benachbarten Feldern angebaut. *Poa annua* findet sich in sehr vielen Tritt- und Unkrautgesellschaften (OBERDORFER 1979) und *Lolium multiflorum* wächst häufig in Fettwiesen.

In Wagenhausen, wo man Erdmaterial aufgeschüttet hatte, sind sicherlich viele Verbreitungseinheiten von Pflanzen bereits im Boden vorhanden gewesen. Gerade Ackerunkräuter sind ja dafür bekannt, dass sie sehr lange als Früchte oder Samen im Boden überdauern können. Dies mag auch für *Sonchus oleraceus*, *Linaria minor*, *Senecio vulgaris*, *Setaria viridis*, *Cardamine hirsuta*, *Cirsium arvense*, die verschiedenen *Polygonum*-Arten und die besonders üppig auftretende Art *Chenopodium album* zutreffen, welche von Anfang an vorhanden waren. Diese Arten verschwanden aber, sobald die Gesamtdeckung derjenigen einer Wiese entsprach.

*Thlaspi perfoliatum* findet sich nicht nur in Unkrautgesellschaften, sondern auch in Magerrasen. Diese Art konnte im dritten Versuchsjahr kaum mehr gefunden werden; möglicherweise tritt sie aber später wieder auf. *Festuca pratensis*, *Poa trivialis* und *Ranunculus friesianus* haben ihre Hauptverbreitung in Fettwiesen. *Plantago major* kommt daneben hauptsächlich in Trittgesellschaften vor. Solche Vegetationstypen finden sich überall in der Umgebung der Versuchsflächen.

*2. Persistente eingewanderte Arten*

Auf der Böschung Hemishofen konnten sich am meisten Arten, z.T. in grösserer Anzahl, etablieren. *Galium pumilum*, *Silene vulgaris* und *Stachys recta* können als Magerrasen-Arten bezeichnet werden. *Galium album* findet sich vor allem in Fettwiesen, *Taraxacum officinale* und *Trifolium pratense* kommen praktisch überall vor. *Crepis capillaris* ist dagegen eine Ruderalpflanze.

*Rumex obtusifolius*, der auch im dritten Jahr noch in geringfügigen Mengen auf der humusierten Böschung anzutreffen war, ist ein Unkraut, welches eher in nährstoffreichen Unkrautgesellschaften oder in überdüngten, feuchten Wiesen anzutreffen ist. *Agropyron repens*, das ebenfalls auf nährstoffreichen Böden vorkommt, findet sich nach OBERDORFER (1979) in verschiedenen Unkraut- und Pioniergesellschaften sowie in *Mesobrometen*. Sein Vorkommen an allen drei Orten ist z.T. markant; dies dürfte vor allem seinen Pionier-Eigenschaften zuzuschreiben sein.

*Glechoma hederaceum* kann ebenfalls Pionierpflanze sein, sie bevorzugt nährstoffreichere, nicht zu trockene Böden. *Medicago sativa*, welche in Wagenhausen und Asp in geringen Mengen vorkam und *Trifolium hybridum*, das nur in Asp beobachtet wurde, stellen sehr wahrscheinlich Saatgutverunreinigungen dar. In Asp kamen sie in den Kontrollflächen nicht vor.

*Tussilago farfara* kommt in vielen Pionier-, Wegrand- und Schuttgesellschaften vor. Diese Pflanze fand sich vor allem in den offenen Kontrollflächen von Wagenhausen ein. *Agrostis gigantea* gilt als eher feuchtigkeitsbedürftiger Nährstoffzeiger, der seine Hauptverbreitung in *Calthion-*, *Molinio-Arrhenatheretea-* und *Phragmitetalia*-Gesellschaften hat (OBERDORFER 1979). Diese Pflanze wies nur geringfügige Deckungsanteile auf und war vor allem in den Kontrollflächen und vernässten Stellen in Wagenhausen anzutreffen.

*Festuca rubra*, welche ebenfalls vereinzelt in Wagenhausen auftrat, kann sowohl als Verunreinigung im Saatgut vorhanden gewesen, als auch aus umliegenden Fettwiesen eingewandert sein. *Ranunculus repens* gilt als Pionier und Lehmzeiger auf feuchten, nährstoffreichen Böden. Sein Vorkommen auf der Böschung Wagenhausen war unregelmässig. *Euphorbia cyparissias* ist eine Magerrasen-Art, die offene, trockene Böden bevorzugt.

Tab. 10. Zeigerwerte der angesäten Arten gemäss LANDOLT (1977).

*Indicator values of the sown species according to LANDOLT (1977).*

| Art (* in Mischung z.T. andere Arten) | Zeigerwert | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | W | F | R | N | H | D | L | T | K |
| *Bromus erectus** | h | 2 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| *Bromus secalinus* | t | 3w | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| *Dactylis glomerata* | h | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| *Festuca ovina* | h | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| *Festuca duriuscula* | h | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| *Holcus lanatus* | h | 3w | x | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| *Poa compressa* | h | 2w | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | x |
| *Poa pratensis* | h | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| *Trisetum flavescens* | h | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| *Lolium perenne* | h | 3w | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| *Anthyllis vulneraria* | h | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| *Lotus corniculatus* | h | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| *Medicago lupulina* | u | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| *Trifolium repens* | h | 3w | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| *Sanguisorba minor* | h | 2 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| *Plantago lanceolata* | h | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| *Achillea millefolium* | h | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| *Chrysanthemum leucanthemum* | h | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| *Papaver rhoeas** | u | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| *Onobrychis viciifolia* | h | 2 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| *Scabiosa columbaria* | h | 2 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| *Knautia arvensis* | h | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| *Salvia pratensis* | h | 2 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| *Thymus pulegioides* | c | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| *Coronilla varia* | h | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| *Centaurea cyanus* | u | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| *Pulsatilla vulgaris* | h | 1 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| *Campanula glomerata* | h | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| *Campanula patula* | u | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| *Campanula rotundifolia* | h | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| *Aster amellus* | h | 2 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| *Buphthalmum salicifolium* | h | 2w | 4 | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 |
| *Dianthus carthusianorum* | h | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| *Teucrium chamaedrys* | z | 1 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| *Pimpinella saxifraga** | h | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |

W = Wuchsform - *life form*
F = Feuchtezahl - *humidity value*
R = Reaktionszahl - *reaction value*
N = Nährstoffzahl - *nutrient value*
H = Humuszahl - *humus value*
D = Dispersitätszahl - *dispersion value*
L = Lichtzahl - *light value*
T = Temperaturzahl - *temperature value*
K = Kontinentalitätszahl - *continentality value*

1 bedeutet den niedrigsten, 5 den höchsten Wert
Wuchsform: h = Hemikryptophyt, t = Therophyt, u = Therophyt/Hemikryptophyt (Winterannuelle), C = krautiger Chamaephyt, Z = holziger Chamaephyt
Feuchtezahl: w = Zeiger wechseltrockener Böden
Reaktionsz.: x = Pflanze auf sehr sauren oder basischen Böden, nicht in mittleren Verhältnissen vorkommend.

*1 signifies the lowest value, 5 the highest value*
*humidity value: w = indicator of varying humidity*
*reaction value: x = plants occurring on very acid or alkaline soils; avoiding average conditions*

### *3.2.7. Anteile von Fett- und Magerwiesen-Arten*

Die Stetigkeitswerte derjenigen Arten der Versuchsflächen, welche mehr als dreimal vorkommen, sind in Tab. 11. dargestellt. Die Aufnahmen sind innerhalb jeder einzelnen Böschung nach Vegetationstypen geordnet; für jeden Vegetationstyp sind die Aufnahmen aus den drei Versuchsjahren hintereinander angeordnet. Die Arten sind nach Lebensformen gemäss LANDOLT (1977) geordnet.

Den Versuchsrasen werden in I Aufnahmen von Schweizer *Mesobrometen* gegenübergestellt. Diese stammen von SCHERRER (1925) und ZOLLER (1954). In II werden sie weiter mit Aufnahmen von *Arrhenathereten* (SCHNEIDER 1954) verglichen.

Die Aufnahmen von SCHERRER (1925) stammen aus dem Limmattal, alle von ihm aufgenommenen Rasen sind heute verschwunden. Die Aufnahmen von ZOLLER (1954) sind aus dem Jura. Das *Orchideto Morionis-Mesobrometum* hat seine typische Verbreitung auf ebenen Hochflächen des Tafeljura der Kantone Aargau, Baselland und Solothurn. Dieser Rasentyp gedeiht vor allem auf ehemaligen Aeckern, die später als Magerwiesen bewirtschaftet wurden. Das *Seselieto libanotidis-Mesobrometum* kommt auf ost- bis südsüdwestexponierten, stark geneigten Flächen im Schaffhauser Jura vor. Der Boden unter diesen Rasen ist häufig sehr skelettreich. Durch Düngung solcher *Mesobromion*-Rasen kann das *Dauceto-Salvieto-Mesobrometum* entstehen.

Die *Arrhenathereten* stellen alles Fettwiesen aus dem Kanton Zürich dar. Die *Salvia pratensis*-Variante des *Arrhenatheretum* besiedelt vor allem trockene Standorte, die *Ranunculus bulbosus*-Subassoziation ist nach SCHNEIDER die bei uns häufigste Form von *Arrhenathereten*, während die typische Subassoziation eher auf frischen Böden gedeiht.

Den 100 Blütenpflanzen der drei Böschungen können 47 gegenübergestellt werden, die entweder in *Arrhenathereten* oder in *Mesobrometen* oder in beiden Wiesentypen vorkommen. Ausschliesslich in *Mesobrometen* finden sich 10 Arten davon, weitere neun Arten haben ihre Hauptverbreitung in *Mesobrometen* und kommen aber ebenfalls in trockenen *Arrhenathereten* vor, weitere neun Arten sind in allen der verglichenen Wiesen verbreitet. Die grösste Gruppe, 18 Arten, gehört pflanzensoziologisch zu den Fettwiesen.

Tab. 11. Frequenzen aller Arten, welche in mehr als drei Quadratmeter-Aufnahmen vorkommen, mit *Mesobrometen* und *Arrhenathereten* aus der Schweiz.

I : 1 SCHERRER (1925): *Mesobrometum erecti typicum* Scherr. 25
2-4 ZOLLER (1954): 2 *Orchideto Morionis-Mesobrometum* Zoll. 54
3 *Seselieto libanotidis-Mesobrometum* Zoll. 54
4 *Dauceto-Salvieto-Mesobrometum* Zoll. 54

II: SCHNEIDER (1954): 1 *Arrhenatheretum, Salvia pratensis*-Variante
2 *Arrhenatheretum, Ranunculus bulbosus*-Subassoziation
3 *Arrhenatheretum,* typische Subassoziation

*Frequency of all species found in more than three relevés in comparison with grassland of Mesobrometum and Arrhenatheretum type in Switzerland.*

| Versuchsflächen | Wagenhausen | | | | | Hemishofen | | | | | Asp | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vegetationstyp | K | A | B | C | D | K | A | B | C | D | K | A | B | C | D | 1234 | 123 |
| Beobachtungsjahr | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | | |
| Sommerannuelle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Bromus secalinus* | 311 | 5 3 | 5 2 | 511 | 3 | 2 | 55 | 55 | 51 | 321 | 2 1 | 511 | 511 | 51 | 1 | | |
| *Chenopodium album* | 51 | 3 | 4 | 5 | 3 | 54 | 5 | 5 | 41 | 51 | 21 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| *Polygonum convolvulus* | 21 | | 1 | 1 | 1 | 14 | 11 | 131 | | 15 | 1 | | | | | | |
| *Polygonum aviculare* | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 11 | | 11 | 1 | 32 | 1 | | | | | | |
| *Veronica agrestis* | | | | | 1 | 5 1 | 1 | | 1 | 1 | 121 | | | 1 | 1 1 | | |
| *Polygonum persicaria* | 3 | | 3 | 2 | | 2 | 2 | | 11 | 1 | | | | 1 | | | |
| *Bromus sterilis* | 1 | 1 | | | 2 | | 4 | | 1 | 4 | | | | 1 | 1 | | |
| *Linaria minor* | 31 | | 1 | | 2 | | | | | | 111 | | | | | | |
| *Setaria viridis* | 1 | 1 | 1 | | | 211 | | | | | | | | | | | |
| *Anagallis arvensis* | 31 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| *Sinapis arvensis* | 1 | 1 | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | |
| *Amaranthus hybridus* | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| *Chenopodium polyspermum* | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Winterannuelle | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Poa annua* | 31 | 1 | | | 1 | | | | | | 331 | | | | 2 | | |
| *Senecio vulgaris* | 21 | 2 | 3 | 1 | 3 | 21 | | | | | 11 | | | | 1 | | |
| *Papaver sp.* | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | | | 331 | 5 | 5 | 5 | 3 | | |
| *Tripleurospermum inodorum* | 1 | 11 | | 11 | | | | | 2 | | | | 1 | 44 | 1 | | |
| *Sonchus oleraceus* | 312 | 1 | 1 1 | 1 | 1 | 41 | | 2 | | | 132 | 1 | | | 2 | | |
| *Stellaria media* | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| *Thlaspi arvense* | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | | | |
| *Cardamine hirsuta* | | | | | | 2 | 3 | 1 | 4 | 2 | | | | | | | |
| *Crepis capillaris* | | | | | | 41 | 1 | 11 | 31 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | |
| *Capsella bursa-pastoris* | 1 | | 1 | | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | | |
| *Triticum vulgare* | 1 | 2 | | | 1 | | | | | | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | | |
| *Secale cereale* | | | | | 1 | | | | | | 11 | | 1 | 1 | | | |
| *Trifolium hybridum* | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | 11 | 11 | | |
| *Thlaspi perfoliatum* | | | | | | 2 | 4 | 2 | 2 | | | 1 | | | | | |
| *Myosotis arvensis* | | | 1 | | | | | | | | 111 | | | | | | 445 |
| *Medicago lupulina* | 323 | 553 | 553 | 555 | 232 | 21 | 55 | 551 | | 1 | 121 | 552 | 552 | 453 | 11 | 3324 | 44 |
| *Daucus carota* | 1 | | | | 1 | 1 | | | 12 | 11 | | | | | | 53 5 | 4 |
| Hemikryptophyten | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Stachys recta* | 111 | | | | | 111 | 21 | | | | 2 | | | | 1 | 2 | |
| *Hypericum perforatum* | 111 | | | | | 2 | | 2 | | | 11 | | | | | 4 2 | |
| *Festuca ovina* | 345 | 555 | 555 | 555 | 555 | 23 | 355 | 455 | 555 | 455 | 333 | 555 | 555 | 554 | 553 | 45 4 | |
| *Buphthalmum salicifolium* | | | 11 | 1 1 | 1 | | | 21 | 1 | 1 | 2 1 | | | | 1 | 1 5 | |
| *Anthyllis vulneraria* | 113 | 554 | 452 | 333 | 231 | 1 | 554 | 555 | | | 112 | 554 | 553 | 452 | 1 | 4534 | |
| *Pimpinella peregrina Link.* | 1 1 | 1 | 11 | 1 | 11 | | 11 | 12 | 42 | 41 | | 1 | 1 | 11 | 21 | 2532 | |
| *Trifolium medium* | | | | 1 | | | | | | | | | | | 2 | 12 | |
| *Galium pumilum* | | | | | | 1 | 411 | 211 | 321 | 21 | | | | 1 | | 4 | |
| *Bromus erectus* | 455 | 555 | 555 | 554 | 555 | 1 | 555 | 545 | 555 | 555 | 223 | 555 | 555 | 555 | 555 | 555 | 2 |
| *Salvia pratensis* | 1 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | 1 | 525 | 5 |
| *Lotus corniculatus* | 345 | 555 | 555 | 555 | 555 | 21 | 455 | 355 | 355 | 455 | 122 | 555 | 555 | 555 | 555 | 4555 | 4 |
| *Sanguisorba minor* | 445 | 555 | 555 | 555 | 555 | 12 | 555 | 535 | 555 | 555 | 223 | 555 | 555 | 555 | 555 | 5555 | 1 |
| *Onobrychis viciifolia* | 11 | 1 | 1 | 454 | 555 | 2 | | | 452 | 454 | 111 | | 111 | 344 | 444 | 3535 | 1 |
| *Campanula rotundifolia* | 1 | 1 | | 1 | 2 | | 1 | 3 | | 3 | | 1 | 1 | 3 | 31 | 211 | 1 |

Tab. 11. (Forsetzung)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Scabiosa columbaria* | | | 1 | 1 | 311 | | | | | 1 | | | | | 1 | | 5543 | 1 |
| *Achillea millefolium* | 235 | 555 | 555 | 555 | 244 | 12 | 55 | 155 | 143 | 32 | 111 | 555 | 555 | 555 | 11 | | 4222 | 1 |
| *Chrysanthemum leucanthemum* | 112 | 435 | 454 | 422 | 221 | 12 | 55 | 155 | 55 | 31 | 221 | 552 | 532 | 532 | 421 | | 5525 | 555 |
| *Plantago lanceolata* | 244 | 555 | 555 | 555 | 555 | 443 | 443 | 434 | 355 | 12 | 1 | 2 | 555 | 545 | 555 | 555 | 4525 | 555 |
| *Dactylis glomerata* | 233 | 445 | 555 | 125 | 123 | 34 | 155 | 255 | 11 | 11 | 223 | 555 | 555 | 444 | 123 | | 3423 | 555 |
| *Trifolium repens* | 133 | 153 | 441 | 41 | 13 | 3 | | 2 | | | 11 | 511 | 311 | 24 | 231 | | 1 4 | 555 |
| *Trisetum flavescens* | 122 | 114 | 124 | 25 | 13 | 1 | 5 | 44 | 2 | 2 | 12 | 34 | 145 | 24 | 21 | | 124 | 555 |
| *Knautia arvensis* | | | | | 2 1 | | | | 11 | | | | | | | | 5445 | 555 |
| *Centaurea jacea* | | | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | 4334 | 555 |
| *Helictotrichon pubescens* | | | 1 | | 1 | | | | | 2 | | 1 | | | 1 | | 12 1 | 55 |
| *Festuca rubra* | 1 1 | 2 | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 555 |
| *Anthoxanthum odoratum* | 1 | | | | | | | 1 | | | 11 | | | | | | | 455 |
| *Holcus lanatus* | 334 | 454 | 455 | 145 | 223 | 33 | 42 | 155 | 32 | 11 | 124 | 444 | 553 | 331 | 21 | | | 555 |
| *Taraxacum officinale* | 444 | 2 2 | 121 | 322 | 323 | 14 | | 11 | 2 | | 13 | | | 11 | 1 | | | 555 |
| *Lolium perenne* | 455 | 555 | 555 | 555 | 554 | 31 | 452 | 33 | 55 | 23 | 333 | 454 | 22 | 451 | 221 | | | 555 |
| *Poa pratensis* | 332 | 413 | 422 | 122 | 212 | 12 | 234 | 443 | 2 | 1 | 12 | 525 | 534 | 3 3 | 111 | | | 555 |
| *Arrhenatherum elatius* | | | 1 1 | 1 | | 4 2 | 22 | 23 | 3 | 2 | 1 | | | 1 | 1 | | | 555 |
| *Ranunculus friesianus* | 1 | 1 | 1 | 1 1 | 1 | 11 | | | | | | | | | | | | 555 |
| *Trifolium pratense* | 12 | 12 | 31 | 142 | 32 | 44 | | 2 | 3 | 2 | 1 1 | | 23 | 12 | 33 | 32 | | 555 |
| *Festuca pratensis* | 22 | | 1 | | 11 | 1 | | | | | | | 1 | | | | | 444 |
| *Crepis biennis* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | 555 |
| *Rumex acetosa* | | | | | | | 1 | 11 | 1 | | | | | | | | | 555 |
| *Galium album** | | | | | | 11 | 44 | 15 | 13 | 52 | | | 1 1 | | 1 | | | 555 |
| *Lolium multiflorum* | 11 | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | 1 2 | 1 | | | 1 | 2 | | 31 |
| *Poa trivialis* | 11 | | 11 | | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 45 |
| *Glechoma hederaceum* | | | | | | 233 | 452 | 344 | 333 | 121 | 1 | | | | | | | 45 |
| *Festuca duriuscula* | 255 | 155 | 355 | 55 | 155 | 14 | 455 | 555 | 55 | 55 | 133 | 355 | 455 | 255 | 255 | | | |
| *Dianthus carthusianorum* | 11 | 111 | 11 | 2 | 1 1 | | 1 | 1 | 11 | 33 | 11 | 124 | 124 | 245 | 244 | | | |
| *Aster amellus* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | 1 | | 1 | | | | |
| *Coronilla varia* | 1 | 1 | 2 | 1 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | | | | 1 | 1 | | | |
| *Senecio erucifolius* | 12 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Poa compressa* | 344 | 1 4 | 113 | 13 | 2 3 | 12 | 421 | 2 | | | 454 | 213 | 113 | 3 | | 1 | | |
| *Silene vulgaris* | 111 | | 1 | | | 1 | 445 | 11 | 122 | 244 | 1 | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Ranunculus repens* | 11 | 11 | 11 | 1 | 11 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Medicago sativa* | 11 | 1 | 12 | 11 | 1 | | | | 11 | | | | | 1 | | 1 | | 1 | 11 | | | | |
| *Cichorium inthybus* | 1 | 2 | | 11 | 12 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| *Geranium pyrenaicum* | | | | | | 33 | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | |
| *Festuca gigantea* | | | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | 3 | | | | |
| *Agrostis gigantea* | 12 | | 1 | | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | |
| *Agrostis canina* | | | | | | 2 | 4 | 2 | 3 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | |
| *Plantago major* | 331 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Phleum pratense* | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | | |
| *Rumex crispus* | | | | | | 11 | | | 2 | 31 | | | | | | | | | | | | | |
| *Rumex obtusifolius* | | | | | | 112 | | 3 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| *Hordeum jubatum* | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 2 | | 1 | | | | |
| krautige Chamaephyten | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Thymus pulegioides* | 112 | 1 | | | 1 | | | | 12 | 24 | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 5553 | | |
| *Cerastium caespitosum* | | | | | | | 11 | 1 | 1 | 41 | | | | | | | | | 1 | | | 555 | |
| holzige Chamaephyten | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Teucrium chamaedrys* | 1 | 2 | | 2 | 1 | | | 1 | 1 | | | | | 2 | | 1 | | | 2 | | 4 | | |
| Geophyten | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Agropyron repens* | 123 | 1 | 1 | 2 | 11 | 1 | 1 | 255 | 14 | 121 | 21 | 142 | 1 | 3 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | |
| *Cirsium arvense* | 12 | | 11 | | 1 | 1 | | 1 | | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| *Convolvulus arvensis* | 11 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Equisetum arvense* | 11 | | | | | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Tussilago farfara* | 122 | 1 | | 111 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nanophyten | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Rubus sp.* | 112 | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Salix sp.* | 1 | | | | | | | | | | | | 11 | | | | | | | | | | |
| Moose | 235 | 25 | 15 | 15 | 115 | 45 | 35 | 25 | 45 | 25 | | 455 | 125 | 115 | | | 35 | | 125 | | | | |

Es erstaunt weiter nicht, dass zur Hauptsache Arten gefunden wurden, die entweder in Fettwiesen oder in Fett- und Magerwiesen vorkommen, liess sich doch nirgends in der näheren Umgebung der Böschungen eine eigentliche Magerwiese finden.

Die folgenden, in den *Mesobrometen* von ZOLLER und SCHERRER häufigen Arten waren in den Versuchsrasen selten oder nicht vorhanden:

*Ranunculus bulbosus*, *Carex verna*, *Primula veris*, *Scabiosa columbaria*, *Knautia arvensis*, *Centaurea Jacea*, *Brachypodium pinnatum*, *Carex montana*, *Hippocrepis comosa*, *Briza media*, *Hieracium pilosella*, *Salvia pratensis*, *Helictotrichon pubescens*, *Origanum vulgare*, *Viola hirta*, *Plantago media*, *Leontodon hispidus*, *Centaurea scabiosa*, *Arabis hirsuta*, *Tragopogon pratensis*, *Trifolium montanum*, *Euphorbia cyparissias*, *Sedum sexangulare*, *Asperula cynanchica*, *Polygala amarella*, *Linum catharticum*, *Campanula rotundifolia* und *Ononis repens* bzw. *spinosa* (vgl. S. 89 ff.)

# 4. Diskussion

Die meisten bis jetzt durchgeführten Untersuchungen zur Entwicklung von Rasen an Autobahnen und Strassenböschungen basierten auf relativ einfachen Versuchsanordnungen; meist wurde ohne Wiederholungen und Kontrollflächen vorgegangen. Es besteht daher die Gefahr, dass die Reslutate solcher Arbeiten stärker von edaphischen Faktoren beeinflusst sind und z.B. unterschiedliche Ergebnisse von Rasenmischungen ihren Grund eher darin haben als in der Mischung selbst. Durch die hier angewandte Versuchsanordnung können solche Einflüsse vermindert werden.

## *4.1. Sukzessionsverlauf in den Kontrollflächen*

Die drei untersuchten Böschungen boten jeweils verschiedene Voraussetzungen für Sukzessionen. Die Versuchsfläche Asp ermöglichte mit ihrem Roh-

boden eine primäre Sukzession, während die humusierte und die aufgeschüttete Fläche sekundäre Sukzessionen ermöglichten (ELLENBERG 1956). Die Gesamtdeckung auf den Kontrollflächen der Strassenböschungen stieg langsam an und erreichte im dritten Jahr durchschnittliche Werte von 22% (Mergelböschung), 41% (humusierte Böschung) und 48% (Aufschüttung). Die Blütenpflanzen setzten sich anfänglich vor allem aus Ackerunkräutern zusammen und wurden später von Wiesenpflanzen verdrängt. Viele dieser eingewanderten Arten waren in den danebenliegenden Flächen angesät worden; sie waren den Ein- bzw. Zweijährigen an Konkurrenzkraft überlegen oder vermochten das ihnen angebotene Keimbett besser zu nutzen. Diese Arten müssen kurz nach der Ansaat in die Kontrollflächen gelangt sein. Die Lebensformspektren zeigen, dass die Hemikryptophyten, die häufigste Lebensform der Pflanzen in der Umgebung der Böschungen, von Anfang an dominierten; besonders auf der humusierten Böschung entwickelten sich aber auch die Geophyten, d.h. insbesondere der Stickstoffzeiger *Agropyron repens*, ziemlich stark. Die Moose kamen nur sehr langsam auf und erreichten durchschnittlich weniger als 10% Deckungsanteil.

SCHMIDT (1981) hat während zehn Jahren sowohl ungestörte als auch gelenkte Sukzessionen auf verschieden vorbehandelten Bracheäckern untersucht. Er konnte feststellen, dass auf seinen Kontrollflächen, welche zu Beginn der Versuche entweder gepflügt, hitzesterilisiert oder herbizid-sterilisiert worden waren, Moose und Blütenpflanzen zumeist in den ersten drei Jahren stetig zunahmen; letztere erreichten auf den nur gepflügten Kontrollflächen bereits nach einem Jahr Gesamtdeckungswerte von über 70%. Danach gingen die Moose markant zurück, während nach dieser Zeitspanne Gehölzpflanzen einzudringen begannen. Die Kräuter in den nur gepflügten, sonst aber unbehandelten Flächen setzten sich anfänglich zur Hauptsache aus Ackerunkräutern zusammen, deren Verbreitungseinheiten bereits im Boden vorhanden waren. Ein grosser Anteil davon bestand aus Geophyten.

Die Bedingungen auf den Strassenböschungen waren von Anfang an anders als auf einem gepflügten Acker; der Boden war meist nicht durchgehend locker, sondern oftmals stark verdichtet. SCHMIDT (1981) glaubt, dass für den in seinen Versuchsflächen im dritten Versuchsjahr erfolgenden Rückgang der Moose Lichtmangel verantwortlich sei, welcher durch das Aufkommen von Kräutern verursacht wurde. Auf den Strassenböschungen könnte dagegen zu hohe

Strahlungsintensität als Folge geringer Gesamtdeckung verantwortlich sein für die langsame Entwicklung der Moose.

Die Entwicklung der verschiedenen Lebensformtypen auf den Kontrollflächen der drei Böschungen zeigt mehr Aehnlichkeit zu den hitzesterilisierten Kontrollflächen von SCHMIDT (1981) als zu dessen gepflügten Kontrollflächen. Ausserdem ist der Einfluss des Reservoirs an Verbreitungseinheiten von einjährigen Pflanzen in den Flächen von SCHMIDT viel grösser als in den hier untersuchten. Da diese Therophyten wohl mehrheitlich auf gepflügte Böden angewiesen sind, konnten sie sich hier nicht lange halten. Weiter mag dazu auch die Bodenbeschaffenheit beigetragen haben. So bot der Rohboden auf der Mergelböschung mit seinem z.T. sehr hohen Skelettgehalt sehr wenig Wurzelraum, was sich wohl in erster Linie auf den Wasserhaushalt, indirekt damit aber auch auf den Nährstoffhaushalt, auswirkte. Auch SYMONIDES (1979), welche die Besiedlung von Sanddühnen in Polen untersucht hat, fand in der ersten Vegetationsperiode nur sehr geringe Dekkungswerte und wenig Arten, welche imstande waren, die sehr trockenen Standorte zu besiedeln.

## *4.2. Bedeutung der Böden*

Die Böden der drei Böschungen sind deutlicher voneinander verschieden, als man aufgrund der Vegetation erwarten würde. Die humusierte Fläche lässt sich klar von den übrigen unterscheiden. Der untersuchte Oberboden weist dort Aehnlichkeit mit Ackerböden auf, der Gehalt an organischer Substanz (durchschnittlich 1.8%) ist jedoch im unteren Bereich der Werte, welche SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1982) für Deutsche Mineralböden, die ackerbaulich genutzt werden, angeben (1.5% bis 4%).

Die Nährstoffversorgung scheint, zumindest auf den nicht humusierten Böschungen, eher knapp zu sein. Der Gehalt an austauschbarem Phosphat liegt zwischen 2 und 7 mg/100g Feinerde; KLEIN (1980) fand auf den von ihm untersuchten Nationalstrassenböschungen mit der gleichen Methode 0.24 bis 11.52 mg/100g Feinerde. LEYER (1981) betrachtet Gehalte von 4 mg Phosphat, wie er sie z.T. auf den von ihm untersuchten Strassenböschungen in

Deutschland fand, als mangelhaft; leider macht er keine genauen Angaben über seine Untersuchungsmethoden. Die Humusierung allein scheint keinen Einfluss auf das austauschbare Phosphat zu haben.

Die Stickstoffversorgung der humusierten Böschung liegt mit 1.6‰ im Bereich der von KLEIN (1980) untersuchten Nationalstrassenböschungen in der Nordostschweiz (0.7‰ bis 2.8‰), die beiden anderen haben tiefere Werte (ca. 0.4‰). SCHMIDT (1981) fand auf den Kontrollflächen seiner Sukzessionsversuche Gesamtstickstoff-Werte von etwas weniger als 0.13‰ in den obersten 10 cm des Bodens. Im Verlauf der acht Jahre dauernden Beobachtungen änderten sich diese Werte nur wenig. Dass ein reichliches Stickstoffangebot die Konkurrenzfähigkeit von Leguminosen vermindert (KLAPP 1965), konnte auch hier festgestellt werden, liegt doch ihr Anteil auf der humusierten Böschung deutlich tiefer als auf den beiden anderen.

Dennoch scheint selbst dort das Stickstoffangebot keine weiterreichenden Folgen zu haben; eine Zunahme von Stickstoff- oder Nährstoffzeigern konnte auf keiner Fläche beobachtet werden, im Gegenteil, die Ruderal- bzw. Akkerunkrautpflanzen, welche anfänglich z.T. in beträchtlicher Anzahl vorhanden waren, gingen praktisch vollständig zurück.

Die Kaliumversorgung wurde nur auf der aufgeschütteten Böschung in Wagenhausen gemessen (JUCHLER 1981) und wies mit 0.4 bis 2.2 mg Kalium/100 g Boden deutlich tiefere Werte auf als die von LEYER (1981) auf seinen Böschungen gemessenen (ca. 5 bis 13 mg Kalium/100 g Boden). LEYER erachtet die Kaliumversorgung seiner Böden als genügend.

Die Karbonatgehalte der Böschungen streuen sehr stark. Während sie auf der humusierten Böschung unter 10% liegen, erreichen sie auf den anderen beiden z.T. Werte bis über 70% (Mergelböschung). ZOLLER (1954) fand in den von ihm untersuchten *Mesobrometen* der Nordostscheiz ebenfalls sehr unterschiedliche Werte. Er gibt Maxima von bis zu 70% an, wobei in der gedüngten Variante niedrigere Werte vorherrschen (ca. 10% bis 30%). Diese Beobachtung deckt sich mit den hier festgestellten, wonach in der humusierten Böschung die niedrigsten Werte gemessen wurden.

Nach ihrer durchschnittlichen Körnung können die Böden der drei Böschungen als Lehmböden bezeichnet werden. Auch LEYER (1981) fand auf seinen Autobahnböschungen Lehmböden. Allgemein weisen solche Böden bei mittlerem

Tongehalt eine hohe Ertragsfähigkeit auf (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1982), was für Magerrasen nicht erwünscht ist. Auf der Böschung Wagenhausen reichten Wurzeln bis in Tiefen von mindestens 50 cm (JUCHLER 1981). Ein tieferes Eindringen wird anscheinend durch den verdichteten Untergrund verhindert. Der Hauptwurzelraum ging in der Regel bis 15 cm tief. Der Mergelfels der Böschung Asp war vermutlich nur an den wenigsten Stellen bereits bis so tief hinunter verwittert. Man kann daher annehmen, dass die Durchwurzelungstiefe dort viel geringer war als in Wagenhausen.

Von humusierten Böschungen ist bekannt, dass der humusreiche Oberboden infolge des guten Nährstoffangebotes viel besser durchwurzelt wird als der darunterliegende Teil (KLEIN 1980). Solche unterschiedlichen Horizonte können ebenso erosionsfördernd wirken wie tiefer im Boden liegende verdichtete Stellen. In solchen Fällen, wo keine Bindung zwischen zwei aufeinanderliegenden Bodenschichten durch Pflanzenwurzeln erreicht werden kann, hilft auch keine Bepflanzung.

Tiefe und Art der Durchwurzelung sind auch wichtig für die ingenieurbiologische Stabilisierung von Hängen (SCHIECHTL 1973, 1981). Zur Sicherung von Hängen kommen Pflanzen in Frage, die mehrjährig sind und deren Wurzelwerk derartig ist, dass es bodenfestigend wirkt. SCHIECHTL unterscheidet zwischen Intensivwurzlern, d.h. Pflanzen, deren Wurzelwerk eher flach ist, aber einen dichten Filz bildet und so den Boden vor allem oberflächlich zusammenhält, und Extensivwurzlern, d.h. Pflanzen, welche ein tiefes oder weitreichendes Wurzelsystem ausbilden. Dazwischen gibt es natürlich auch Uebergänge.

Pflanzen, welche mit ihren Wurzeln tief in den Boden eindringen, findet man vor allem an Standorten, wo die Wasser- und Nährstoffversorgung eher ungenügend ist und die Wurzeln an der Bodenoberfläche damit nur mangelhaft versorgt würden. Der Mangel wird also so kompensiert, dass durch tiefes Eindringen der Wurzelraum nach unten erweitert wird; einzelne Pflanzen können bis zu vier Meter tief wurzeln (OBERDORFER 1979), SCHIECHTL (1973) gibt für *Pimpinella saxifraga* auf steinigem Löss sogar Tiefen von acht bis zehn Metern an! Derartige Böden und entsprechend angepasste Pflanzen finden sich häufig in *Mesobrometen*. Einzelne der an der Böschung Wagenhausen untersuchten Bodenprofile waren bezüglich Wasserhaushalt trocken; die Wurzeln gingen an solchen Stellen entsprechend tiefer.

KLEIN (1980) vergleicht die humusierten Böden seiner Flächen in ihren Eigenschaften mit Pararendzinen, die nicht humusierten spricht er als Regosole, d.h. Lockergesteins-Rohböden an. Ebenfalls Pararendzinen entstanden z.B. unter Ruderalvegetation auf Trümmerschutt des letzten Weltkrieges (MOLL 1959, 1964). Im allgemeinen können zwei Typen von Pararendzinen unterschieden werden, solche aus Löss oder Geschiebemergel, welche günstiger sind bezüglich Gründigkeit, Durchlüftung und Nährstoffgehalt und solche auf Trümmerschutt, die einen hohen Skelettgehalt und geringe Wasserkapazität aufweisen (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1982). Regosole haben, falls sie sandig sind, im allgemeinen niedere Wasser- und Austauschkapazitäten.

Die allgemein eher spärliche Wasserversorgung manifestierte sich teilweise deutlich in Form von Welkeerscheinungen an angesäten, nicht standortgemässen Arten. Vor allem an der humusierten Böschung, welche deutlich höhere Stickstoffgehalte aufwies, zeigte es sich, dass der Wasserfaktor primär darüber bestimmt, ob eine Pflanze am entsprechenden Standort wachsen kann (vgl. ELLENBERG 1978). Wäre die Wasserversorgung besser gewesen, hätte sich das Vegetationsbild wohl deutlich anders, d.h. üppiger und mit mehr Nährstoffzeigern, präsentiert; in diesem Fall hätte sich der Stickstoffaktor ausgewirkt. Trockenheit dagegen hemmt die Tätigkeit mineralisierender Mikroorganismen.

Daraus lässt sich folgern, das für das Gelingen einer Begrünung mit Magerrasen der Standort primär einen durchlässigen Boden aufweisen sollte; daneben ist aber auch darauf zu achten, dass er nährstoffarm ist.

*Mesobrometen* sind meistens so entstanden, dass der Mensch Wälder gerodet und die dabei entstandenen Flächen als Wiesen genutzt hat (ZOLLER 1954). Die Böden unter diesen ursprünglichen Buchen-, Eichen- oder Föhrenwäldern waren entweder Humuskarbonatböden bzw. Braunerden oder Rendzinen bzw. Pararendzinen. Dies sind alles entwickelte Böden, sie besitzen ausreichend Wurzelraum, weisen ein Gefüge auf, sind durch Mikrofauna und Mikroflora belebt und haben bereits Pflanzenwuchs ermöglicht. Den nicht humusierten Röhböden fehlen alle diese Eigenschaften. Auch künstlich aufgeschüttete Böden besitzen je nach Herkunft des Materials keine oder nur wenige der vorgenannten Eigenschaften. Dazu wird meist durch maschinelle

Bearbeitung oder Stabilisation mit ungelöschtem Kalk bzw. Zement das Porenvolumen vermindert. Der Boden wird hart und Pflanzen, welche mit ihren Wurzeln eindringen wollen, haben Mühe, die verhärtete Schicht zu durchstossen.

Die Ausgangsbedingungen an Strassenböschungen sind also, selbst wenn dasselbe Saatgut zur Verfügung stünde, völlig verschieden von denjenigen bei der Entstehung von *Mesobrometen*. Um dennoch eine *Mesobrometum*-artige Vegetation zu erhalten, sollten daher gewisse begünstigende Massnahmen, wie z.B. Lockerung des Boden oder schwache Humusierung auf nicht humusierten Böden, vorgenommen werden.

## 4.3. Bedeutung der Rasenmischungen

Vergleicht man die zustandegekommenen Vegetationstypen miteinander, so sind deren Unterschiede nicht so gross, wie man aufgrund der Artenzusammensetzung der Rasenmischungen annehmen könnte. Lässt man die wenig häufigen und z.T. wohl eher zufällig vorhandenen Arten weg, so zeichnet sich an allen drei Orten eine Entwicklung in dieselbe Richtung ab.

Die Gesamtdeckung der angesäten Pflanzen betrug in Wagenhausen zwischen ca. 75% und 85%, in Hemishofen zwischen ca. 70% und 80% und in Asp zwischen ca. 65% und 75%. Dies bedeutet, dass noch viele offene Stellen in der Vegetationsdecke vorhanden waren. Solche Lücken bieten zwar Unkraut- und Ruderalpflanzen die Möglichkeit, sich anzusiedeln (KLEIN 1980), erleichtern aber auch das Eindringen erwünschter Arten und sind deshalb nicht unbedingt negativ zu bewerten.

Die Verwendung von *Lolium perenne* als Schnellbegrüner scheint keinen grossen Einfluss auf die Vegetationsentwicklung und die Artenvielfalt ausgeübt zu haben. Ein nachhaltiger Einfluss auf die Entwicklung von standortgerechten Arten in den Flächen, wie LEYER (1981) fand, oder die Behinderung der Einwanderung von aussen her durch diese Art konnte nicht festgestellt werden. Dieses Gras wird offenbar, da völlig standortfremd, relativ rasch eliminiert, was auch von anderen Autoren gefunden wurde (RÜMLER 1978, TRAUTMANN und LOHMEYER 1978, LEYER 1981). Dasselbe konnte auch bei den hier z.T. verwendeten Arten *Papaver sp.* und *Bromus secalinus* beobach-

tet werden, welche anfänglich teilweise stärker dominierten, später aber völlig verschwanden. Bei der artenärmeren eigenen Mischung scheint sich *Lolium perenne* gar positiv auf die Diversität auszuwirken, ist diese doch in allen Fällen in Flächen mit *Lolium* grösser (13 bis 17 Arten/$m^2$) als in solchen ohne (10 bis 13 Arten/$m^2$).

Dagegen scheinen sich gewisse anfänglich sehr stark dominierende Arten, vor allem die Leguminosen *Anthyllis vulneraria* und *Medicago lupulina*, welche nach zwei Jahren stark zurückgeganen waren, aber auch *Lotus corniculatus* und z.T. *Onobrychis viciifolia* sich eher negativ auf die Entwicklung anderer Arten auszuwirken. Diese z.T. hochwüchsigen Pflanzen hemmen den Lichteinfall auf die untersten Vegetationsschichten. Gegen den Spätherbst hin verdorrt der grösste Teil dieser Pflanzen und erstickt möglicherweise darunterliegende Arten. Auch KLEIN (1980) sieht darin, aber ebenso in den übrigen in Standardmischungen vertretenen Zuchtsorten, eine Behinderung der Einwanderung von Arten aus der Umgebung.

Einen weitaus grösseren Einfluss auf die Einwanderung von Arten scheint jedoch die Artenvielfalt und -Garnitur der unmittelbaren Umgebung auszuüben. In einer früheren Arbeit (WEGELIN 1979) konnte gezeigt werden, dass sich auf nicht begrünten und z.T. auch auf begrünten Strassenböschungen, die unmittelbar an Magerrasen angrenzten, innert kurzer Zeit ein grosser Teil der dort vorkommenden Arten einfindet. Fehlen solche Vegetationseinheiten aber in der nahen Umgebung, so kann kaum damit gerechnet werden, dass standorttypische Arten von selbst einwandern. FISCHER (1979) beobachtete auf Rohböden im Kaiserstuhl (Süddeutschland) nur dann mengenmässig bedeutsame Einwanderung von Arten aus benachbarten Gesellschaften, wenn die Distanzen zu diesen nicht grösser als 30 bis 50 Meter waren. Grössere Distanzen könnten wohl höchstens von Arten mit Windverbreitung und eventuell auch von Arten, welche von Tieren verbreitet werden, überwunden werden (vgl. MüLLER 1983). Vom Wind verbreitet werden z.B. die meisten *Asteraceen*, *Pulsatilla vulgaris*, *Epilobium*-Arten und *Rumex*-Arten, von Tieren vor allem Pflanzen mit Beeren als Früchte bzw. *Thymus*- oder *Euphorbia*-Arten.

Der Einsatz von sehr artenarmen Rasenmischungen, welche fast nur Gräser enthalten (BOECKER 1970, PETERSEN 1974, TRAUTMANN und LOHMEYER 1975, HILLER 1976, RüMLER 1978) kann deshalb nur in solchen Gebieten empfohlen

werden, wo in unmittelbarer Nachbarschaft Magerbiotope mit einwanderungsfähigen Arten vorhanden sind. Eine Anwendung in anderen Gebieten muss gezwungenermassen zum Scheitern führen. Diese Folgerung wird durch die Untersuchung von Böschungen an Schweizer Nationalstrassen (KLEIN 1980) gestütz. Falls solche artenarme Mischungen zudem noch einen hohen Anteil von *Lolium perenne* enthalten, ist es möglich, dass nach dem Verschwinden dieser Art, falls die übrigen Arten sich nicht gut entwickeln, die Rasendecke grössere Lücken aufweist (LEYER 1981). Solche Rasenmischungen können nicht einmal die an sie gestellten ingenieurbiologischen Anforderungen erfüllen.

Eine mengenmässig beträchtliche Einwanderung aus benachbarten Teilflächen, wo diese Arten in den Rasenmischungen enthalten waren, in danebenliegende Teilflächen konnte bei *Dactylis glomerata*, *Festuca duriuscula*, *Trisetum flavescens*, *Achillea millefolium*, *Anthyllis vulneraria* und *Medicago lupulina* beobachtet werden.

Die Diversität der vom Kanton Zürich zusammengestellten KTZ80-Varianten (Rasenmischungen A und B) ist durchschnittlich um eine bis zwei Arten grösser als jene der artenärmeren eigenen Mischungen (C und D). Betrachtet man aber diejenigen Arten, welche in mindestens drei Quadraten (d.h. in 1/20 bis 1/10 der Probeflächen) auf jeder Böschung vorkommen, so findet man fast keine, deren Fehlen als Mangel empfunden würde, denn es sind meistens keine typischen Magerrasen-Arten. *Thymus pulegioides*, welcher nur auf einer Böschung häufiger gefunden wurde, kommt in den KTZ80-Flächen kaum vor. Man kann sich dagegen fragen, wieso Arten wie *Holcus lanatus* und *Poa compressa* in diese Mischungen aufgenommen wurden, sind doch beides keine typischen Magerrasen-Arten.

In Anbetracht ihrer Häufigkeit in *Mesobrometen* und ihrer bodenstabilisierenden Fähigkeiten sollten die eigenen Rasenmischungen (C und D) als weitere Art *Achillea millefolium* und einen höheren Anteil von *Chrysanthemum leucanthemum* besitzen. Weitere Gräser, wie z.B. *Festuca duriuscula*, *Dactylis glomerata* und *Poa pratensis* bzw. *Poa angustifolia* wären ebenfalls vorteilhaft. Die KTZ80-Mischungen sollten als weitere Arten *Onobrychis viciifolia*, *Scabiosa columbaria*, *Knautia arvensis*, *Thymus pulegioides* sowie *Salvia pratensis* enthalten.

Enttäuscht haben in diesen Versuchen die sogenannten seltenen Arten, von denen sich nur *Dianthus carthusianorum* auf allen drei Böschungen zufriedenstellend entwickelte. Ausserdem fand sich *Thymus pulegioides* noch in nennenswerter Häufigkeit auf der Mergelfelsböschung bei Asp. Viele der angesäten Arten wiesen schon eine relativ niedrige Keimfähigkeit auf. Weit mehr Bedeutung dürfte allerdings der Umstand haben, dass das Saatgut nicht aus der Schweiz stammte und daher standortfremd war. In verschiedenen Fällen enthielten die Mischungen Samen anderer Arten als angegeben. So entpuppten sich unter dem Namen *Pimpinella saxifraga* gelieferte Samen zur Blütezeit als - nomen est omen - *Pimpinella peregrina* L. . Es muss also angenommen werden, dass noch weitere seltene Arten falsch bestimmt waren, welche, da völlig standortfremd, gar nicht in Erscheinung traten oder aber zumindest nicht zum Blühen kamen, denn auch bei den häufigen Arten waren solche "Verwechslungen" festzustellen.

Geringere Bedeutung als der Standortfremdheit des Saatgutes kann der Licht- und eventuell auch der Wurzelkonkurrenz durch gut gedeihende Arten zugeschrieben werden, denn auf allen Flächen, vor allem aber auf der Mergelböschung waren genügend kahle, vegetationsfreie Stellen vorhanden. Die seltenen Arten waren der teuerste Anteil des Saatgutes. Die Verwendung einer entsprechenden Menge standortgemässen Saatgutes von einer Schweizer Magerwiese wäre vermutlich kaum teurer zu stehen gekommen, wenn man es in Form einer Heublumenansaat, z.B. einer Grundmischung beigemischt, verwendet hätte. Der Erfolg wäre wohl kaum ausgeblieben.

## 4.4. Schaffung von Ersatzbiotopen

Die Schaffung von Ersatzbiotopen stellt verschiedene Probleme. Sie sollte einerseits keine Alibiübung für weiteren ungebremsten Verbrauch von Landschaft und Kulturland sein, andererseits sieht man in Naturschutzkreisen darin vielfach die einzige Möglichkeit, bedrohte Arten zu erhalten oder eventuell wieder einzubürgern. Dabei wird jedoch häufig geradezu dilettantisch vorgegangen (SCHWAAR 1979, 1981).

Oft wird die Begrünung, welche in den Gesamtkosten von Strassen einen verschwindend kleinen Bruchteil ausmacht, nicht allzu ernst genommen und für deren genaue Planung - vor allem für die Evaluation der Rasenmischung und für deren Beschaffung - nicht genügend Zeit eingesetzt. Den mit der Schaffung solcher Biotope betrauten Personen fehlen oftmals die nötigen biologischen Kenntnisse. Es ist daher nicht weiter verwunderlich, wenn sie, z.B. nach geeigneten Rasenmischungen Umschau haltend, sich nach den Katalogen der Samenlieferanten richten und ausländisches und standortfremdes Saatgut bestellen, das sie dafür rasch, einfach und billig erhalten. Es wäre aber dringend nötig, diesem Detail mehr Beachtung zu schenken und es von Anfang an bei der Planung zu berücksichtigen. So könnte man auch frühzeitig für genügend einheimisches und standortgerechtes Saatgut sorgen.

Trockene Magerwiesen sind ertragsmässig uninteressant. Viele solcher unter Naturschutz gestellten Wiesen werden nicht mehr von Landwirten bewirtschaftet. Es müssen häufig eigens Leute dafür angestellt werden, welche die Pflege solcher Biotope übernehmen. Durch die Verwendung des Schnittgutes solcher Flächen für die Begrünung von neugeschaffenen Magerbiotopen würden diese landwirtschaftlich nutzlosen Magerwiesen zu Produktionsstätten von wertvollem Saatgut. Die erfolgreiche Anwendung von sogenannten Heublumenmischungen wurde z.B. von SCHIECHTL (1973, 1981) beschrieben. Solche Mischungen können auch ohne weiteres mit modernen Ansaatmethoden (Anspritzverfahren, Bindemittel, eventuell auch Startdüngerzusatz auf Gesteins-Rohböden) kombiniert werden.

Nebst den oben genannten Faktoren sprechen noch weitere Argumente gegen den Einsatz von standortfremdem bzw. ausländischem Saatgut. Viele Arten haben geographisch oder ökologisch differenzierte Kleinsippen entwickelt, welche eine streng voneinander getrennte Verbreitung haben (TURESSON 1922, GRANT and GRANT 1956, 1960, LANDOLT 1971). Wird nun anstelle einer einheimischen Rasse eine fremde angesiedelt, besteht die Gefahr einer Bastardierung mit einheimischen Sippen, welche in der Umgebung vorhanden sind. Dadurch wird aber die genetische Eigenart solcher Sippen gefährdet, es kann zu einer Florenverfälschung kommen (TRAUTMANN und LOHMEYER 1975).

Dieses Problem ist denn auch von Fachleuten erkannt worden und man hat darum Leitlinien für das Ausbringen von einheimischen Wildpflanzen ausgearbeitet (ANL 1980). Danach soll die auszubringende Art innerhalb ihres Verbreitungsgebietes möglichst nahe vom Ausbringungsort bezogen werden, man soll ihren Standortsansprüchen gerecht werden und die Ausbringung soll wissenschaftlich betreut und dokumentiert werden.

KLöTZLI (mündliche Mitteilung), welcher an der Ofenpass-Strasse im Schweizer Nationalpark Versuche mit Standard-Rasenmischungen und Heublumenmischungen gemacht hat, konnte allerdings keine Bastardierungen feststellen. Fremdarten, wie z.B. *Lolium perenne, Trifolium repens* und *Trifolium hybridum* waren schon nach kurzer Zeit verschwunden.

Eine wichtige Rolle für die Erhaltung artenreicher Magerwiesen spielt auch die Bewirtschaftung. In den hier beschriebenen Versuchen wurden alle angesäten Versuchsflächen einmal jährlich im Spätherbst gemäht. KRüSI (1981), der verschiedene Bewirtschaftungsarten an *Mesobrometen* im Schaffhauser Randen untersucht hatte, konnte zeigen, dass der Schnittzeitpunkt die Artengarnitur wesentlich beeinflusst. Schnitt im Juni erwies sich als günstig für *Bromus erectus* und *Ranunculus bulbosus*, als eher ungünstig für *Aster amellus*, *Buphthalmum salicifolium* und *Primula veris*. Schnitt im Oktober erschien dagegen förderlich für *Primula veris* und *Aster amellus*, während er sich auf *Bromus erectus* und *Ranunculus bulbosus* eher ungünstig auswirkte und *Buphthalmum salicifolium* gar schädigte.

Ob das praktisch vollständige Fehlen einiger der hier angesäten seltenen Arten auf diesen Faktor zurückzuführen ist, muss bezweifelt werden, denn auch *Aster amellus* und *Primula veris* konnten auf den Böschungen nicht gefunden werden. Immerhin sollte bei der Zusammenstellung von Rasenmischungen bereits auch schon die Art der Bewirtschaftung berücksichtigt werden.

Auch wenn an vielen Orten naturnahe Biotope auf Ersatzstandorten geschaffen werden, sind manche Pflanzen und Tiere immer noch gefährdet. Zwar können solche Flächen durchaus einigen Pflanzen und Tieren als Refugien dienen. Ob aber bedrohte Arten langfristig überleben können, hängt von weiteren Faktoren ab. Die Inseltheorie (MacARTHUR and WILSON 1967) besagt, dass die in einem isolierten Habitat zu erwartende Anzahl Tierarten abhängig ist von der Einwanderungsrate neuer Arten und von der Aussterbe-

rate der dort anwesenden Tiere. Die Einwanderungsrate nimmt mit der Distanz vom Inselhabitat zur nächsten Insel ab, während die Aussterberate mit zunehmender Grösse der Insel sinkt.

Vor allem für Tiere ergeben sich heute z.T. unüberwindliche Barrieren zwischen ihren einzelnen Lebensräumen, welche solchen Inseln gleichgesetzt werden können. Gerade Autobahnen und Strassen, aber auch Städte und Siedlungen stellen solche Hindernisse dar (MADER 1980, 1981, ELLENBERG et al. 1981). Ein Biotop an einer Strasse oder an einer Autobahn kann deshalb kein vollwertiger Ersatz für eine zerstörte Magerwiese in einer natürlichen Landschaft sein. Die Erhaltung sämtlicher der noch wenigen vorhandenen naturnahen Flächen muss deshalb mit allem Nachdruck gefordert werden. Trotzdem stellt in unserer an Vielfalt verarmten Landschaft heute jede artenreichere Oekozelle eine Bereicherung dar; in diesem Sinne mögen auch die vorliegenden Versuche gewertet werden; ausserdem mögen sie dazu anregen, ein Weiteres auf diesem Gebiet zu tun.

## 5. Schlussfolgerungen

Die folgenden Bemerkungen wollen als Empfehlung für die Anlage von Magerwiesen auf Strassenböschungen oder anderen Ersatzbiotopen verstanden sein.

Für die Anlage von Magerwiesen eignen sich hauptsächlich südexponierte Flächen, welche ausserhalb der Spritzwasserzonen von Strassen (Salz- und Staubbelastung der Vegetation) liegen. Die genaue Planung sollte von Anfang an parallel zu den übrigen Planungsarbeiten für solche Bauvorhaben laufen. Folgenden Details der Ansaat sollte besondere Beachtung geschenkt werden:

1. Das Saatgut muss standortgemäss und einheimisch sein.
2. Falls immer möglich, soll als Saatgut die Heuernte einer nahegelegenen Magerwiese mitverwendet werden. Es können dabei auch moderne Ansaatverfahren (Hydroseeder, Klebemittel) verwendet werden.

3. Die in einem Magerbiotop erwünschten Arten müssen, falls sie nicht unmittelbar neben der zu begrünenden Fläche vorkommen, in der Rasenmischung, welche für die Begrünung eingesetzt wird, enthalten sein.

4. Die Rasenmischung sollte keine zu hohen Leguminosen-Anteile enthalten.

5. Der Boden muss genügend durchlässig und eher nährstoffarm sein.

6. In der Regel ist eine schwache Humusierung ohne Düngung einem reinen Gesteins-Rohboden vorzuziehen. Bei den Bauarbeiten soll vermieden werden, dass die Bodenoberfläche oder eine darunterliegende Schicht verdichtet wird.

7. Ist die Neigung einer Fläche zu steil, sollten Sträucher angepflanzt werden; sie vermögen einen Hang eher zu stabilisieren als ein Rasen.

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden von 1980 bis 1982 vier Rasenmischungen (je zwei verschiedene Artenzusammensetzungen jeweils mit oder ohne *Lolium perenne* als Schnellbegrüner sowie mit einem Zusatz von 12 selteneren Magerrasen-Arten) auf ihre Eignung zur Schaffung von magerwiesenartigen Sekundärbiotopen hin untersucht. Als Versuchsflächen dienten drei neue Strassenböschungen (eine Aufschüttung, ein Anschnitt eines Mergelfelsens und ein humusierter Hang, mit Expositionen von SSE bis WSW und einer Neigung von 60%) in der Nordostschweiz, welche in randomisierte Blöcke aufgeteilt waren und auch Kontrollflächen ohne Ansaat enthielten.

Der Boden der humusierten Böschung unterschied sich klar von den beiden anderen und zeigte deutlich höhere Gehalte an organischer Substanz, Gesamtstickstoff, austauschbarem Calcium sowie einen tieferen Karbonatgehalt. Die Mergelböschung erwies sich als sehr heterogen und enthielt z.T. mehr als 45% Skelett. Die Durchschittswerte der Korngrössenverteilungen ergaben Lehmböden. Die Nährstoffversorgung der drei Flächen scheint, z.T. als Folge der spärlichen Wasserversorgung, eher knapp zu sein. Der Boden der aufgeschütteten Böschung war teilweise verdichtet, so dass der Wurzelraum stellenweise eingeengt war. Er erwies sich dort bezüglich Wasserhaushalt z.T. als trocken, was von den Pflanzen meist mit tieferer Durchwurzelung kompensiert wurde.

Die zur Schnellbegrünung verwendeten Arten gingen sehr rasch zurück und scheinen keinen negativen Einfluss auf die Entwicklung der übrigen Arten auszuüben.

Von den angesäten Arten entwickelten sich *Plantago lanceolata, Sanguisorba minor, Lotus corniculatus, Festuca duriuscula, Dactylis glomerata* und

*Achillea millefolium* überall positiv; *Festuca ovina und Bromus erectus,* welches zudem grössere Anteile von *Bromus cf. stenophyllus* Link. enthielt und *Poa pratensis* konnten ihren Anteil nur auf der humusierten Böschung steigern, während *Trisetum flavescens* und *Coronilla varia, Holcus lanatus* und *Chrysanthemum leucanthemum* vereinzelt zunahmen. *Poa compressa* fand sich vor allem auf den nicht humusierten Böschungen. Die selteneren Arten kamen kaum auf; nur *Dianthus carthusianorum* erreichte überall nennenswerte Anteile, während *Thymus pulegioides* sich praktisch auf die Mergelböschung beschränkte.

Ein pflanzensoziologischer Vergleich der Versuchsflächen mit *Mesobrometum*- und *Arrhenatheretum*-Arten zeigt einen ebenfalls grösseren Anteil der letzteren sowie von Arten, welche keiner dieser Gesellschaften zugerechnet werden können. Aus der Umgebung wanderten nur wenige, zumeist Fettwiesen-Arten oder Ubiquisten ein. Für die Praxis ergibt sich deshalb, dass dort, wo bei neu zu begrünenden Flächen keine entsprechenden Artengarnituren in unmittelbarer Nähe vorhanden sind, alle erwünschten Arten in der verwendeten Rasenmischung vorhanden sein müssen.

Die Vegetation entwickelte sich trotz unterschiedlicher Artenzusammensetzung der Rasenmischungen und Heterogenität der Versuchsflächen ähnlich. Die Gesamtdeckung hatte im dritten Versuchjahr auf den angesäten Flächen Werte von durchschnittlich 65% bis 85% erreicht, auf den Kontrollflächen lag sie unter 50%, die Mergelböschung wies die niedrigsten Werte auf. Die Moosdeckung erreichte höchstens 10%. Die Diversität lag im dritten Jahr allgemein über 15 Arten/m , bei einer Rasenmischung war sie deutlich tiefer, innerhalb der drei Flächen wies die Mergelböschung die niedrigsten, die humusierte Böschung die höchsten Artenzahlen auf, bei letzterer spielten die im Boden vorhandenen Samen eine wichtige Rolle.

Die Lebensformspektren zeigten von Anfang an eine Dominanz der Hemikryptophyten, Sommerannuelle traten auf den nicht humusierten Flächen praktisch nur im ersten Versuchsjahr auf, von der humusierten Böschung waren sie im dritten Jahr ebenfalls fast völlig verschwunden. Die Winterannuellen waren im dritten Versuchsjahr ebenfalls sehr stark zurückgegangen.

Der Anteil der Gräser an der Gesamtdeckung lag bei allen Vegetationstypen im dritten Versuchsjahr zwischen 30% und 45%, der Anteil der Kräuter bewegte sich zwischen ca. 15% und 28%, er erreichte aber in den Kontrollflächen der humusierten Böschung nur ca. 2% bzw. auf der Mergelböschung ca. 6%. Der Leguminosen-Anteil wies die grössten Unterschiede auf, die humusierte Fläche hatte deutlich weniger Leguminosen als die beiden anderen, gesamthaft lagen die Werte zwischen ca. 10% und 40%. Die Leguminosen entwickelten sich vor allem gegen den Herbst hin auf einigen Teilflächen sehr stark, so dass sie möglicherweise das Gedeihen anderer Arten beeinträchtigten.

Ein pflanzensoziologischer Vergleich der Versuchsflächen mit *Mesobrometum*- und *Arrhenatheretum*-Arten zeigt einen grösseren Anteil der letzteren sowie von Arten, welche keiner dieser Gesellschaften zugerechnet werden können. Aus der Umgebung wanderten nur wenige, zumeist Fettwiesen-Arten oder Ubiquisten, ein. Für die Praxis ergibt sich deshalb, dass dort, wo bei neu zu begrünenden Flächen keine entsprechenden Artengarnituren in unmittelbarer Nähe vorhanden sind, alle erwünschten Arten in der verwendeten Rasenmischung enthalten sein müssen.

Viele der in den Rasenmischungen enthaltenen Arten waren sehr wahrscheinlich standortfremd und ausländisch, z.T. waren auch andere Arten als angegeben dabei. Der Einfluss von solchem Saatgut auf die Entwicklung von Magerbiotopen sowie die Gefahr einer Florenverfälschung werden diskutiert. Es wird vorgeschlagen, anstelle solcher standortfremder Arten das Schnittgut einheimischer Magerwiesen in Rasenmischungen mitzuverwenden.

Die Erkenntnisse, welche sich aus dieser Arbeit für die Praxis ergeben, sind in den Schlussfolgerungen zusammengefasst.

## Summary

This study, carried out from 1980 until 1982, deals with the possibility of inducing the formation of *Mesobrometum*-like grassland (i.e. semidry, unfertilized meadows) on road embankments. Four seed mixes composed of two basically different mixes were utilized, both with and without *Lolium perenne*, a species known to cover open soil very quickly. All four mixes, however, had seeds of 12 rarer species characteristic of *Mesobrometum*-type grasslands in common. Three study areas in northern Switzerland were chosen: the first one on the slope of an embankment, the second one where the road cut through a limestone ridge, and the third one on a slope where a layer of topsoil rich in organic matter had been added. All three study areas had a slope of 60% and an aspect between SSE and WSW. Each study area was subdivided into random blocks on which the different seed mixes were sown.

The soil of the one study area where topsoil rich in organic material had been added was distinctly different from that of the other two areas. Here we found a markedly higher content of organic matter, nitrogen and exchangeable calcium; the carbonate content, on the other hand, was considerably lower. The soils found at the limestone ridge showed great variability; some contained stones and rocks in percentages up to 45%. The average distribution in particle size in all three study areas, however, was very close to that observed in typical clay soils. It seemed that the water and nutrient supply tended to be limiting in some areas. On the embankment, the soil in places was compacted to such an extent that it became difficult for the roots to penetrate, which, in turn, limited the water supply intake for the plants.

The development of vegetation was surprisingly uniform with all the different treatments and in all three areas studied. During the third year of the experiment, the vegetation cover reached 65% and 85% on plots where seed was sown; on the other hand, the cover values recorded in control plots where no seed was sown were usually below 50% and particularly low within the range of the limestone ridge. The moss cover never exceeded 10%. Regarding species diversity, the number of species per 1 $m^2$ found during the third vegetation period was on the average over 15; within the three study areas the species number per 1 $m^2$ observed was lowest on the limestone slope and highest on the slope with added humus. In the case of

the soil with added humus-rich topsoil, however, the significance of the seed pool should not be underestimated. An analysis of the species found according to their life forms showed that hemicryptophytes were prevalent from the very beginning. Summer therophytes, on the other hand, were found to some extent only during the first vegetation period on areas without added humus and had disappeared almost completely on plots with added humus by the end of the third vegetation period. In the third year of the experiment, the number of winter therophytes was considerably reduced as well.

Grasses covered between 30% and 40% of the study areas by the end of the third year of the experiment, while forbs covered between 15% and 28%, except in the control plots on the limestone slope and the one with the additional humus layer, where the recorded cover values for forbs were 6% and 2%, respectively. It was in the legumes cover that we recorded the most significant differences between the three study areas; on the average, legumes covered between 10% and 40% but were markedly less abundant in the study area with added topsoil than in the two other areas. In some areas, extremely large covers of legumes were observed, particularly towards the end of the vegetation period, which possibly resulted in the suppression of other species. The cover percentage of *Lolium perenne*, which was added to the mixture in order to obtain a satisfactory cover quickly during the first vegetation period, diminished rapidly in the course of the second and third years. Apparently *Lolium perenne* had no adverse effect on the development of other species.

Among the species whose seeds were present in the mixes sown, *Plantago lanceolata, Sanguisorba minor, Lotus corniculatus, Festuca duriuscula, Dactylis glomerata* and *Achillea millefolium* thrived on all the plots. *Festuca ovina, Bromus erectus* (containing a considerable percentage of *Bromus cf. stenophyllus* Link.) and *Poa pratensis* grew well only on plots rich in humus, whereas *Poa compressa* occured mainly in the two study areas poor in humus. *Trisetum flavescens, Coronilla varia, Holcus lanatus* and *Chrysanthemum leucanthemum* showed no clear patterns. Only two of the rarer species that the seed mixtures contained were able to become established to any extent: *Dianthus carthusianorum* was found within all three study areas, whereas *Thymus pulegioides* ocurred only on areas poor in humus.

Immigration into the areas studied from the surroundings was found to be very limited; the few outside species that did germinate originated mainly from fertilized grasslands or are known to be ubiquitous. An analysis of the species found in the study areas according to their sociological affinity to *Mesobrometum* and *Arrhenatheretum* type grasslands, respectively, showed higher percentages for ubiquitous species and for species characteristic to *Arrhenatheretum* type grassland than for those linked closely to *Mesobrometum* type grassland. Based on these observations, we can therefore conclude that the seeds of all of the desirable species must be contained within the seed mixes utilized; the only exception to the use of these mixes would be in situations where the desirable species grow in the immediate surroundings of the area to be sown.

It was found that commercially available seed mixtures very often contain seeds of stands with conditions quite different from the ones in the area where they will be sown (different ecotypes) and sometimes these mixes

contain seeds of completely foreign species. The inherent danger in the use of such mixes containing seeds of unadaptable ecotypes and of possibly foreign species is discussed. It is suggested that hay made regionally on existing *Mesobrometum* type grassland and an appropriate mixture of locally grown seed be used to induce the formation of this vegetation type on road embankments more successfully.

Conclusions drawn for practical applications are summed up under "Schlussfolgerungen".

## Literatur


ANL (Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege), 1982: Leitlinien zur Ausbringung heimischer Wildpflanzen. Ber. ANL *6*, 279-282.

BAHRENBERG G. und GIESE E., 1975: Statistische Methoden und ihre Anwendung in der Geographie. Teubner, Stuttgart. 308 S.

BENZECRI J.-P., 1973: L'analyse des données: II L'analyse des correspondances. Dunod, Paris. 632 S.

BEUTEL P. und SCHUBÖ W., 1983: Statistik-Programm-System für die Sozialwissenschaften: SPSS 9; eine Beschreibung der Programmversionen 8 und 9. Nach Norman H. Nie und C. Hadlai Hull. 4. Aufl. Fischer, Stuttgart. 323 S.

BOECKER P., 1966: Einfache oder sehr vielseitige Mischung im Strassenbau. Neue Landschaft *11* (5), 260-263.

- 1970a: Böschungsbegrünung mit verschiedenen Mischungen. Rasen-Turf-Gazon *1* (1), 8-11.

- 1970b: Extensivrasen an Strassen und Böschungen. Schriftenreihe: Die Grüne Saat. Deutsche Saatveredlung Lippstadt-Bremen GmbH, Lippstadt, *3*, 5-8.

BRAUN-BLANQUET J., 1964: Pflanzensoziologie. 3. Aufl. Springer, Wien. 865 S.

BROWN J. und BERG R.L., 1980: Environmental engineering and ecological baseline investigations along the Yukon river-Prudhoe bay haul road. US Department of Transportation, Federal Highway Administration Washington D.C., USA. 203 S.

COCHRAN W. und COX G.M., 1957: Experimental design. 2. Aufl. Wiley, New York. 617 S.

McCOY D. Earl, 1983: The application of island-biogeographic theory to patches of habitat: How much land is enough? Biol. Conservation *25*, 53-61.

DUELL R.W., 1969: Highway vegetation: for utility, safety, economy and beauty. N.J.Agric.Exp.Stn.Bull. *882*. 30 S.

ELLENBERG H., 1956: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: WALTER H. (Hrsg.), Einführung in die Phytologie IV/1. 136 S.

- 1978: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Ulmer, Stuttgart. 981 S.

- , MüLLER K. und STOTTELE T., 1981: Strassen-Oekologie. Auswirkungen von Autobahnen und Strassen auf Oekosysteme deutscher Landschaften. Broschürenreihe der Deutschen Strassenliga, Bonn, 19-122.

EWALD K., 1978: Der Landschaftswandel. Zur Veränderung Schweizerischer Kulturlandschaften im 20. Jahrhundert. Ber.Eidg.Anst.forstl. Versuchswesen *191*. 253 S.

FISCHER A, 1979: Erste Ergebnisse von Sukzessionsuntersuchungen an der Vegetation künstlich begrünter Lössböschungen in Grossumlegungsgebieten des Kaiserstuhls. Natur und Landschaft *54* (7,8), 227-232.

GAUCH H.G., 1982: Multivariate analysis in community ecology. University Press, Cambridge. 298 S.

GRANT A. und GRANT V., 1956: Genetic and taxonomic studies in *Gilia*. VIII. The Cobwebby *Gilias*. Aliso *3*, 203-287.

GRANT V. und GRANT A., 1960: Genetic and taxonomic studies in *Gilia*. XI. Fertility relationships of the diploid Cobwebby *Gilias*. Aliso *3*, 59-91.

GREEN R.H., 1979: Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley, New York. 257 S.

GREENACRE M.J., 1980: Practical correspondence analysis. In: BARNETT V. (Hrsg.), Interpreting multivariate data. Wiley, New York. 374 S.

GREIGH-SMITH P., 1983: Quantitative plant ecology. 3. Aufl. Blackwell, Oxford. 288 S.

HESS H.E., LANDOLT E. und HIRZEL R., 1967-1972: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Birkhäuser, Basel. 3 Bde. 858, 956, 876 S.

HILLER H., 1973: Trockenrasen an Strassenrändern: Untersuchungen zur Ermittlung pflegeextensiver Ansaatmischungen. Rasen-Turf-Gazon *4* (2), 31-36.

- 1976: Rasen im Landschaftsbau. Habilitationsschrift, Berlin. 220 S.

HOOGERKAMP M., 1971: Probleme bei Ansaaten an Strassenrändern. Rasen-Turf-Gazon *3*, 85-86.

- 1973: Versuche zur Begrünung an Strassen und Autobahnen in den Niederlanden. Rasen-Turf-Gazon *4* (3), 56-59.

JACKSON M.L., 1958: Soil chemical analysis. Prentence-Hall, Englewood Cliffs N.Y. USA. 498 S.

JOHNSON L.A., 1981: Revegetation and selected terrain disturbances along the trans-Alaska pipeline, 1975-1978. Directorate of civil works, office of the chief engineers, Washington D.C. 124 S.

JUCHLER St., 1981: Junge Böden an Strassenböschungen. Eine Untersuchung von jungen geschütteten Böden in der Nordschweiz unter Berücksichtigung der Vegetation. Diplomarbeit Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich. 84 S. (Manuskript).

KLAPP E., 1965: Grünlandvegetation und Standort. Parey, Berlin. 384 S.

KLEIN A., 1977: Zum Inventar der Trockenstandorte im Kanton Zürich. Viertelj.-schr.Natf.Ges. Zürich *122* (3), 349-355.

- 1980: Die Vegetation an Nationalstrassenböschungen der Nordschweiz und ihre Eignung für den Naturschutz. Veröff.Geobot.Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *72*. 75 S.

KLÖTZLI F., 1981a: Zur Frage der Neuschaffung von Mangelbiotopen. In: TüXEN R., 1981: Vegetation als anthropo-ökologischer Gegenstand. / Gefährdete Vegetation und ihre Erhaltung. BerInt.Symp. Rinteln 1971/1972: 601-606.

- 1981b: Zur Reaktion verpflanzter Oekosysteme der Feuchtgebiete. Dat.Dok.Umweltsch., Stuttgart (Universität Hohenheim). 107-117.

KRAUSE A., 1978: Ueber Aufgaben und Ergebnisse der von der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn-Bad Godesberg, bearbeiteten vegetationskundlichen Dauerflächen. Vegetatio *36* (2), 119-122.

KRüSI B., 1981: Phenological methods in permanent plot research. Veröff. Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *75*. 115 S.

LANDOLT E., 1971: Oekologische Differenzierungsmuster bei Artengruppen im Gebiet der Schweizerflora. Boissiera *19*, 129-148.

- 1977: Oekologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *64*. 208 S.

LEYER C., 1981: Entwicklung von oberbodenlosen Begrünungssaaten auf verschieden lokalisierten Einschnittböschungen an Bundesautobahnen. I. Versuchsgrundlagen und Bodenbildung. II. Deckungsgrad und botanische Entwicklung der Ansaaten. Z. Vegetationst. *5*, 1-20.

LONDO G., 1975: Dezimalskala für die vegetationskundliche Aufnahme von Dauerquadraten. In: SCHMIDT W. (Hrsg.), Sukzessionsforschung. Ber.Int.Symp. Rinteln 1973, 613-617.

VAN DER MAAREL E. (Hrsg.), 1980: Symposium on advances in vegetation science, Nijmegen, The Netherlands, May 1979. Classification and ordination. Vegetatio *42*, 1-188.

- , ORLOCI L. und PIGNATTI S. (Hrsg.), 1980: Data processing in phytosociology. Adv.Veget.Sci. *1*. Junk, The Hague. 226 S. (Reprinted from Vegetatio vols. 1976-1979).

MacARTHUR R. und WILSON E.O., 1967: The theory of island biogeography. University Press, Princeton N.Y. 203 S.

MADER H.-J., 1980: Die Verinselung der Landschaft aus tierökologischer Sicht. Natur und Landschaft *55* (3), 91-96.

- 1981: Untersuchungen zum Einfluss der Flächengrösse von Inselbiotopen auf deren Funktion als Trittstein oder Refugium. Natur und Landschaft *56* (7,8), 235-242.

MAHLER U., RÖBEN P. und VOGT D., 1980: Zufluchtsinseln für bedrohte Tier-und Pflanzenarten. Ueber den ökologischen Wert von Sekundärbiotopen in anthropogen stark veränderten Landschaften, z.B. des Nordbadischen Ballungsraumes Mannheim-Heidelberg. Jahrb.Ver.z. Schutze d. Bergwelt *45*, 135-154.

MAKI Y., 1976: Utilization, research activities and problems of turfgrass in Japan. Rasen-Turf-Gazon *7* (2), 24-28.

MOLL W., 1959: Bodentypen im Kreis Freiburg i.Br.. Ber.Naturf.Ges Freiburg i.Br. *49*, 5-58.

- 1964: Uebersichtskarte der Bodentypen im südlichen Oberrheingebiet mit Erläuterungen. I. Abschnitt Basel-Staufen. Ber.Naturf. Ges.Freiburg i.Br. *54*, 135-156.

MORRISON D.F., 1976: Multivariate statistical methods. 2. Aufl. McGraw-Hill, New York. 415 S.

MORRISON W.R. und SIMMONS L.R., 1977: Chemical and vegetative stabilization of soils. Engineering and research center, bureau of reclamation, Denver (Colorado). 161 S.

MüHLENBERG M. und WERRES W., 1983: Lebensraumverkleinerung und ihre Folgen für einzelne Tiergemeinschaften. Experimentelle Untersuchungen auf einer Wiesenfläche. Natur und Landschaft *58* (2), 43-50.

MüLLER P., 1983: Verbreitungsbiologie (Diasporologie) der Blütenpflanzen. 3. Aufl. Veröff.Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich *61*. 226 S.

MüLLER-DOMBOIS D. und ELLENBERG H., 1974: Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, New York. 547 S.
NIE N.H. und HULL C.H., 1981: SPSS-UPDATE 7-9: New procedures and facilities for releases 7-9. McGraw-Hill, New York. 402 S.
OBERDORFER E., 1979: Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 4. Aufl. Ulmer, Hamburg. 997 S.
ORLOCI L., 1978: Multivariate analysis in vegetation research. 2. Aufl. Junk, The Hague. 451 S.
PETERSEN M., 1974: Vegetationsbeeinflussende Faktoren auf Böschungen, Banketten und anderen Extensivflächen. I. Der Boden. Rasen-Turf-Gazon *5* (1), 4-8.
RAININKO K., 1972: Anlage, Düngung und Pflege von Rasen in Finnland. Rasen-Turf-Gazon *3* (3), 68-69.
RüMLER R., 1974: Zur Entwicklung von Rasenansaaten und ihre Bedeutung für die ingenieurbiologische Sicherung von Strassenböschungen. Diss. TH Aachen. 155 S.
- 1977: Zur Entwicklung von Rasenansaaten und ihre Bedeutung für die ingenieurbiologische Sicherung von Strassenböschungen. I. Rasenflächen und ihre Entwicklung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Standortfaktoren. Rasen-Turf-Gazon *8* (4), 117-126.
- 1978: Zur Entwicklung von Rasensaaten und ihre Bedeutung für die ingenieurbiologische Sicherung von Strassenböschungen. II. Einzelne Pflanzenarten, ihr Verhalten in den Ansaatflächen und ihre Bedeutung für die Ansaatmischungen. Rasen-Turf-Gazon *9* (1), 9-21.
- 1982: Begrünung mit Rasen im Strassenbau. Rasen-Turf-Gazon *13* (4), 86-90.
SCHEFFE H., 1959: The analysis of variance. Wiley, New York. 477 S.
SCHEFFER F. und SCHACHTSCHABEL P., 1982: Lehrbuch der Bodenkunde. 11. Aufl. Enke, Stuttgart. 442 S.
SCHERRER M., 1925: Vegetationsstudien im Limmattal. Veröff.Geobot.Inst. Rübel, Zürich *2*. 115 S.
SCHIECHTL H.M., 1973: Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. Callway, München. 244 S.
- 1981: Bioengineering for land reclamation and conservation. University press, Edmonton, Alberta (Kanada). 404 S.
SCHLICHTING E. und BLUME H.-P., 1966: Bodenkundliches Praktikum. Parey, Hamburg. 209 S.
SCHMIDT W., 1981: Ungestörte und gelenkte Sukzession auf Bracheäckern. Scripta Geobotanica *15*. 199 S.
SCHNEIDER J., 1954: Ein Beitrag zur Kenntnis des *Arrhenatheretum elatioris* in pflanzensoziologischer und agronomischer Betrachtungsweise. Beitr.z.Geobot.Landesaufnahme d.Schweiz *34*. 102 S.
SCHWAAR J., 1979: Schaffung von Artenasylen für bedrohte Pflanzensippen - Notwendigkeit oder Florenverfälschung; Verh.Ges.f.Oekologie (Münster 1978) *7*, 279-282.
- 1981: Wiedereinbürgerung: Florenverfälschung oder Raritätenkabinett; Umschau *81* (4), 114-115.
SCHWEIZER E.W., 1970: Unterhaltsarme Strassen-Randzonen. Strasse und Verkehr *10*, 588-591.
- 1973: 10 Jahre Erfahrungen mit langsam- und kurzwachsenden Hydrosaat-Mischungen an Autobahn-Randzonen. Rasen-Turf-Gazon *4* (3), 60-61.

SEARLE S.R., 1971: Linear models. Wiley, New York. 532 S.
SKIRDE W., 1974: Rasen im Grünflächen- und Landschaftsbau. Rasen-Turf-Gazon *5* (2), 30-34.
SMZA (Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt), 1980: Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt *117*. 154 S.
SNV (Schweizerische Normenvereinigung), 1973: Unterhalt und Bepflanzung. Normblatt 640725, Vereinigung Schweiz. Strassenfachmänner (VSS). 4 S.
- 1974: Bepflanzung, Ausführung. Normblatt 64672a, Vereinigung Schweiz. Strassenfachmänner (VSS). 4 S.
STICHER H., SCHMIDT H.W.H. und GEISSMANN T., 1971: Agrikulturchemisches Praktikum für Landwirte und Förster. 2. Aufl. Verlag der Fachvereine an der ETH, Zürich. 81 S.
SYMONIDES E., 1979: The structure and population dynamics of psammophytes on inland dunes. IV. Population phenomena as a phytocenose-forming factor (a summing up discussion). Ekol.pol. *27*, 259-281.
TRAUTMANN W., 1972: Erste Ergebnisse von Rasenuntersuchungen an Dauerflächen der Bundesautobahnen. Natur und Landschaft *47* (1), 70-76.
- 1973: Vegetation als lebender Bau- und Gestaltungsstoff an Verkehrswegen. Strasse und Autobahn *8*, 348-353.
- und LOHMEYER W., 1975: Zur Entwicklung von Rasenansaaten an Autobahnböschungen. Natur und Landschaft *50* (2), 45-48.
- und LOHMEYER W., 1978: Untersuchungen zur Entwicklung von Rasenansaaten an Autobahnböschungen. Rasen-Turf-Gazon *7*, 22-24.
TURESSON G;, 1922: The genotypical response of the plant species to the habitat. Hereditas *3*, 211-350.
WALTER H. und LIETH H., 1960-1967: Klimadiagramm-Weltatlas. Fischer, Jena.
WAY J.M., 1973: Road verges and rural roads. Monkswood experimental station, Huntingdon. 67 S.
- 1974: Co-operation for conservation of rural road verges. Monkswood experimental station, Huntingdon. 179 S.
- 1977: Roadside verges and conservation in Britain: A review. Biological cons. *12* (1), 65-74.
WEBER E;, 1980: Grundriss der biologischen Statistik. 8. Aufl. Fischer, Stuttgart. 652 S.
WEGELIN T., 1979: Sukzession auf offenen Böden im Schaffhauser Jura. Diplomarbeit Geobot.Inst.ETH, Stiftung Rübel, Zürich. 113 S. (Manuskript).
WEISS H., 1981: Die friedliche Zerstörung der Landschaft und Ansätze zu ihrer Rettung in der Schweiz. Orell Füssli, Zürich. 231 S.
WETZEL H., 1981: Langjährige Erfahrungen mit begrünten Torkretierungsflächen. Z. Vegetationstechnik *5* (1), 29-32.
WIENHAUS H;, 1981: Probleme der Böschungsbegrünung am Kaiserstuhl. II. Angewandte Verfahren zur Rasenansaat und Möglichkeiten zur Beschleunigung der zum *Mesobrometum* führenden Sukzession. Z. Vegetationstechnik *5* (1), 21-29.
WILDERMUTH H., 1974: Naturschutz im Zürcher Oberland. 2. Aufl., Schweiz. Bund für Naturschutz, Basel. 211 S.
- 1978: Natur als Aufgabe. Schweiz. Bund für Naturschutz, Basel. 298 S.
WILDI O. und ORLOCI L., 1980: Management and multivariate analysis of vegetation data. Ber.Eidg.Anst.Forstl.Vers'wesen *215*, 68S.

ZIELONKOWSKI W., 1979: Eingriffe in die Landschaft und Schaffung von schutzwürdigen Biotopen. Z.f.Kulturtechn.Flurbereinigung *20*, 382-390.

ZOLLER H., 1954: Die Typen der *Bromus erectus*-Wiesen des Schweizer Juras. Beitr.z.Geobot.Landesaufnahme d.Schweiz *33*. 309 S.

Adresse des Autors: Thomas WEGELIN, dipl. Natw. ETH
Geobotanisches Institut ETH
Stiftung Rübel
Zürichbergstr. 38
CH-8044 Zürich