

RASEN

TURF | GAZON

GRÜNFLÄCHEN BEGRÜNNUNGEN

1

78

Internationale Zeitschrift für Vegetationstechnik
im Garten-, Landschafts- und Sportstättenbau
für Forschung und Praxis



Neu! Jacobsen Out Front Commercial

Der brandneue Grossflächenmäherschliesst eine Lücke im Jacobsen Programm. Diese Maschine wird u. a. von Kommunalbetrieben und Landschaftsgärtnern speziell auf Grünanlagen mit extensivem Pflegecharakter eingesetzt. Dank der enormen Leistung, ungefähr 15000 m² pro Stunde, findet dieser Sichelmäher auch Verwendung auf Golfplätzen und Rennbahnen.

Der Jacobsen Out Front Commercial ist aussergewöhnlich wendig. Der Radius der Mäheinheit beträgt

0 cm. Zu diesem vielseitigen Grossflächenmäher sind verschiedene Anbaugeräte für den Sommer- und Winterdienst lieferbar.

ORAG INTER LTD

Europäische Verkaufsorganisation
für Rasenpflegemaschinen

CH-5401 Baden, Telefon 056/83 21 77, Telex 53734



Belgien

A. Verbeke & Sons Ltd
Tavernierlaan
Industriepark-Noord
8880 Tielt
Tel. 051/40 24 41

Dänemark

A. Hansens Maskinimport
Krogager 9, Agerup
P. O. Box 45
4000 Roskilde
Tel. 03/387211

Deutschland

Christian Metzger
Heiligenwiesen 6
7000 Stuttgart-60-Wangen
Tel. 0711/ 33 78 71

Gebrüder Rau

Königswintererstrasse 524
53 Bonn-Oberkassel
Tel. 02221/44 10 11

Carl Friedrich Meier
Bankplatz 2

33 Braunschweig
Tel. 0531/44 66 1

Georg Mamerow
Berliner Str. 9
1000 Berlin 37
Tel. 0311/811 20 66

England:

Marshall Concessionaires Ltd
Winchester Hill
Romsey, Hampshire
Tel. 513185

Finnland

Oy Labor AB
Postbox 70024
Traktorvägen 2-4
Helsinki 70
Tel. 35 43 44

Frankreich:

MARLY ORAG S.A.
117 RN 20 Saint Germain
F-91290 Arpajon
Tel. 490 25 90

Holland

H. van der Lienden N. V.
Weltvreeden 24
De Bilt
Tel. Utrecht 76 36 11

Irland

Th. Lenehan & Co. Ltd.
Capel Street 124
Dublin 1
Tel. 4 58 41

Italien:

Fratelli Franchi S.p.A.
Via San Bernardino 120
I-24100 Bergamo
Tel. 24 20 23

Norwegen

Reinhardt Maskin A/S
Postbox 219
4601 Kristiansand S.
Tel. 2 55 40

Österreich

Franz Zimmer
Gumpendorferstrasse 16
1061 Wien 6
Tel. 57 35 61

Portugal

Silvia Sociedad Ltd.
Avda. Infante Santo 53
R/C Esq., Lisbon 3
Tel. 674-132

Schweden

Vilhelmsen & CO AB
Parmmätargatan 7
Box 22026
S-104 22 Stockholm 22
Tel. 8 52 01 10

Schweiz

Otto Richei AG
Postfach
5401 Baden
Tel. 056/83 14 44

Spanien

Coprima Ltda.
Zurbano 56
Madrid 10
Tel. 419-8350

RASEN TURF | GAZON

GRÜNFLÄCHEN BEGRÜNUNGEN

März 1978 - Heft 1 - Jahrgang 9
Hortus Verlag GmbH · 5300 Bonn 2

Herausgeber: Professor Dr. P. Boeker, Bonn

Veröffentlichungsorgan für:

Deutsche Rasengesellschaft e. V., Godesberger Allee
42-148, 5300 Bonn 2

Proefstation, Sportaccomodaties van de Nederlandse
Sportfederatie, Arnhem, Nederland

Institut für Grünraumgestaltung und Gartenbau an der
Hochschule für Bodenkultur, Peter Jordan-Str. 82, Wien

The Sports Turf Research Institute
Bingley - Yorkshire / Großbritannien

Institut für Pflanzenbau der Rhein. Friedrich-Wilhelms-
Universität - Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau,
Katzenburgweg 5, Bonn

Institut für Landschaftsbau der TU Berlin, Lentzeallee
76, Berlin 33 (Dahlem)

Landesanstalt für Pflanzenzucht und Samenprüfung,
Rinn bei Innsbruck/Österreich

Institut für Landschaftsbau der Forschungsanstalt Gei-
senheim, Geisenheim, Schloß Monrepos

Société Nationale d'Horticulture de France Section
"Gazons", 84 Rue de Grenelle, 75007 Paris

Aus dem Inhalt:

**2 Biologische Aktivität in Rasentragschicht-
gemischen**

E. Habegger, Liebfeld

**3 Die Veränderung der gesättigten Wasser-
leitfähigkeit künstlicher Sand-Schluff-
Gemische in Abhängigkeit vom
hydraulischen Gradienten**

R. Horn, Berlin und K. H. Hartge, Hannover

**9 Zur Entwicklung von Rasenansaatn und
ihre Bedeutung für die ingenieurbioologische
Sicherung von Straßenböschungen**

II. Einzelne Pflanzenarten, ihr Verhalten in den
Ansaatflächen und ihre Bedeutung für die
Ansaatmischungen

R. Rümmler, Köln

**22 Untersuchungen zur Entwicklung von
Rasenansaatn an Autobahnen**

W. Trautmann und W. Lohmeyer, Bonn

**24 Stellungnahme zur Veröffentlichung von Dr.
Schulz, „Die botanische Zusammensetzung
der Wiesen- und Rasenflächen auf dem
Gelände der Bundesgartenschau Stuttgart
1977“, in RASEN - TURF - GAZON
Grünflächen Begrünungen 4/77**

Ilse Kaiser, Stuttgart

**26 Ergänzung zu Heft 4/77
Qualitätszeichen für Rasenmischungen**

Diese Zeitschrift nimmt fachwissenschaftliche Beiträge in
deutscher, englischer oder französischer Sprache sowie
mit deutscher, englischer und französischer Zusammen-
fassung auf.

Verlag, Vertrieb und Anzeigenverwaltung: HORTUS
VERLAG GMBH, Postfach 20 05 50, Rheinallee 4 b,
5300 Bonn 2, Telefon (0 22 21) 35 30 30. Verlagsleitung
und Redaktion: R. Dörmann, Anzeigen: Josef A. Zaindl.
Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 4 vom 1. 2. 1976.
Erscheinungsweise: jährlich vier Ausgaben.

Bezugspreis: Einzelheft DM 8,50, im Jahresabonnement
DM 32,- zuzüglich Porto, incl. 6% MwSt.

Druck: Rheinische Verlagsanstalt, 53 Bonn-Bad Godes-
berg. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nach-
drucks, der fotomechanischen Wiedergabe und der
Übersetzung, vorbehalten. Aus der Erwähnung oder
Abbildung von Warenzeichen in dieser Zeitschrift kön-
nen keinerlei Rechte abgeleitet werden. Artikel, die mit
dem Namen oder den Initialen des Verfassers gekenn-
zeichnet sind, geben nicht unbedingt die Meinung der
Schriftleitung wieder.

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wird die biologische Aktivität von verschiedenen Böden und Rasentragschichtgemischen mittels der Katalasebestimmung untersucht. Ein gutes Bodengefüge entsteht nur in einem Boden, der organische Substanz enthält und eine hohe biologische Aktivität aufweist. Die Lebensbedingungen für Bodenorganismen werden weitgehend durch die Faktoren Wasser- und Luftgehalt sowie Bodentemperatur, Mineralstoffgehalt und Bodenreaktion maßgebend beeinflusst. Die Bestimmung der Katalaseaktivität bietet eine willkommene Möglichkeit, bestimmte Teilreaktionen des Bodenlebens auf einfache Art festzustellen. Die Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Katalaseaktivitäten in verschiedenen charakteristischen, reinen Oberböden der Schweiz ergeben unterschiedliche Werte, die jedoch größtenteils noch im Normalbereich liegen.
2. Die biologische Aktivität von Rasentragschichtgemischen mit einem durchschnittlichen Oberbodenanteil von ca. 20 Vol.-% sinkt unter in der Landwirtschaft als „sehr schwach“ bis „schwach“ bezeichneten Grenze.
3. Tragschichtgemische, die mit organischen Hilfsstoffen behandelt wurden, zeigten gegenüber unbehandelten nach 18 Monaten eine mehrfach höhere K-Zahl.
4. In Gemischen mit hohen biologischen Aktivitäten konnten intensivere Tiefenwurzeln und gehemmte Entwicklungen der Rohhumusschichten sowie günstige Änderungen der chemischen und physikalischen Eigenschaften beobachtet werden.

Summary

An investigation was made on the biological activity of various soils and rootzone mixtures by means of a catalase test.

Good soil structure will only develop in a soil which contains organic matter and shows high biological activity. Conditions for the life of soil organisms are mainly influenced by factors such as amount of water and air in the soil, soil temperature, mineral content and soil reaction. The catalase activity test shows encouraging possibilities of determining, in a simple manner, certain reactions of living organisms in the soil. The experimental results can be summarized as follows:-

1. Catalase activity in various typical natural Swiss topsoils showed a range of values, most of which could be considered normal.
2. The biological activity of rootzone mixtures with an average topsoil content of 20% by volume fell below the level of what is considered "poor" or "very poor" in agriculture.
3. In rootzone mixtures to which organic materials had been added the K value was several times higher, after a period of 18 months, than in mixtures without such additions.
4. In mixture with high biological activity there was much more development of deep roots, less formation of raw fibre layers, and an improvement in chemical and physical properties.

Résumé

Cet article traite d'études faites à partir du dosage du taux de catalase si l'activité biologique de différents sols et de mélanges destinés à la couche nourricière de gazons.

Une bonne structure du sol ne s'obtient que dans un sol qui contient de matières organiques et qui présente une activité biologique élevée. Les facteurs teneur en eau et en air ainsi que température du sol, teneur en éléments minéraux et réaction du sol ont une influence décisive sur les conditions de vie des micro-organismes du sol.

Le dosage de l'activité de la catalase offre une possibilité de caractériser facilement certaines réactions partielles de la vie microbienne du sol. Les résultats des expériences peuvent se résumer comme suit:

1. Les activités de la catalase mesurées dans les couches superficielles de différents sols caractéristiques de la Suisse donnent des valeurs différentes, qui cependant restent encore en grande partie dans la normale.
2. L'activité biologique des mélanges de couches portantes du gazon dont le volume est constitué en moyenne d'environ 20% de couche superficielle, diminue jusqu'au-dessous de la limite considérée dans l'agriculture comme "faible" à "très faible".
3. Les mélanges de couche portante qui ont été enrichis de matière organique auxiliaires présentent après 18 mois un coefficient K (= catalase) multiple de celui des mélanges non traités.
4. On a pu observer dans les mélanges avec une activité biologique élevée un enracinement en profondeur plus intense et un ralentissement du développement des couches d'humus brut ainsi que des modifications favorables des propriétés chimiques et physiques.

1. Einleitung

Bei der Weiterentwicklung und Optimierung von Rasentragschichtgemischen für INTERGREEN-Rasensportplätze, und bei Routineuntersuchungen an in Nutzung stehenden Rasenflächen, wird neben den chemischen und physikalischen Standarduntersuchungen seit einiger Zeit auch die bodenbiologische Aktivität gemessen. Ergebnisse von zweijährigen Vergleichsuntersuchungen an Neuanlagen mit stark abgemagerten Rasentragschichtgemischen und unterschiedlichen Hauptkomponenten, Zuschlag- und Hilfsstoffen, bestätigen eine Wechselbeziehung zwischen bodenbiologischer Aktivität und den chemisch/physikalischen Gemischeigenschaften sowie dem Wurzelwachstum. Aufgrund mangelnder Versuchsergebnisse können heute noch keine Aussagen über die direkten Auswirkungen der bodenbiologischen Aktivität auf den Gräserbestand, die Strapazier- und Regenerationsfähigkeit gemacht werden. Ergebnisse von Laboruntersuchungen an Rasentragschichtgemischen, die mit verschiedenen Hilfsstoffen angereichert und unter

optimalen Bedingungen für die Entwicklung von Bodenorganismen bebrütet wurden, zeigen sehr unterschiedliche Meßwerte der biologischen Aktivität pro Zeiteinheit.

Aufgrund der in jüngster Zeit über die Rasentragschichtgemisch-Biologie erworbenen Erkenntnisse, scheint es, daß diesem Problem bis heute in der allgemeinen Rasenforschung zu wenig Beachtung geschenkt wurde.

2. Definition der bodenbiologischen Aktivität

Zwischen der Tätigkeit der zahlreichen kleinen und kleinsten Bodenorganismen und der Bodenfruchtbarkeit bestehen vielfältige Beziehungen. Die bodenbiologische Aktivität stellt nicht eine in sich geschlossene, wohldefinierte Eigenschaft des Bodens dar, sondern ist als die Summe zahlreicher Einzelaktivitäten aufzufassen, die in bestimmten Relationen zu den chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften stehen. Prüft man z. B. die Entstehung und Entwicklung der Böden, so stellt man fest, daß ein Teil der Prozesse ausgesprochen auf

biologische Vorgänge zurückzuführen ist oder zumindest mit der Tätigkeit der Bodenorganismen in Verbindung steht. Erwähnt seien: die biologische Verwitterung, die Anhäufung von Humussubstanzen, die Vermischung der verschiedenen Bodenteilchen durch die Wühl-tätigkeit gewisser Bodentiere, die Krümelbildung und Krümelstabilisierung.

3. Die Wechselbeziehung zwischen den Bodenorganismen und dem Boden

3.1 Das Bodengefüge

Bei stark abgemagerten und homogen vermischten Tragschichtgemischen ist das Krümelgefüge zerstört. Die Gemischzusammensetzungen erfüllen in den meisten Fällen die Anforderungen nicht, die für den Aufbau einer „gesunden“ Bodenstruktur erforderlich sind. Die Voraussetzungen müssen somit künstlich geschaffen werden, indem fehlende Stoffe zugesetzt werden. Ein Boden mit einem guten Krümelgefüge ist locker, gut durchlüftet und weist ein gutes Wasserhaltevermögen auf.

Ein Krümelgefüge entsteht nur in einem Boden, der organische Substanz enthält und eine hohe biologische Aktivität aufweist. Mineralische Feinerdteilchen verschiedener Größe und organische Substanzen werden durch mineralische und organische Kolloide miteinander verklebt und verkittet. Von großer Bedeutung für die Stabilität dieser Aggregate sind die Komplexe von Tonmineralen und mikrobiell gebildeten Schleimstoffen. Die von Mikroorganismen verursachte Krümelstabilisierung wird als Lebendverbauung bezeichnet. Dazu trägt auch das Hyphengeflecht der Pilze bei, das den Aggregaten einen zusätzlichen mechanischen Zusammenhalt verleiht (O. FURRER, F. JAEGGLI, W. JAEGGI, 1975).

3.2 Die Abhängigkeit der Bodenlebewesen von den Lebensbedingungen im Boden

Das Bodenwasser

Wie für andere Lebewesen ist auch für die Bodenorganismen eine genügende Wasserversorgung lebensnotwendig, und wie für die höheren Pflanzen ist auch für die Bodenorganismen ein Wassergehalt des Bodens von ungefähr 60% der maximalen Wasserkapazität optimal. Ist der Wassergehalt des Bodens geringer, so kann sich neben einem direkten Mangel an aufnehmbarem Wasser, das für den Stoffwechsel gebraucht wird, auch die erhöhte Salzkonzentration der Bodenlösung schädlich auf die Bodenlebewesen auswirken. Bei stauender Nässe oder Überflutung nimmt die Zahl der aeroben Organismen schnell ab. Nimmt der wiederholte Wechsel von Trockenheit und Feuchtigkeit keine zu extremen Ausmaße an, so wirkt sich dieser auf die Bodenmikroorganismen stimulierend aus, indem bei jeder Wiederbefeuchtung des Bodens in vermehrtem Maße leicht lösliche Stoffe, wie Zucker und Aminosäuren, auftreten, so daß die Aktivität der Atmung, N-Mineralisierung, Nitrifikation usw. ansteigt.

Die Bodenluft

Die vorwiegend nützlichen Bodenlebewesen sind zur Hauptsache aerobe Organismen. Zuzufolge ihrer Atmungs-tätigkeit und der Wurzelatmung nimmt mit zunehmender Bodentiefe der O₂-Gehalt der Bodenluft ab und der CO₂-Gehalt zu, der je nach Tiefe bis zu 10–100 mal höher sein kann als in der gewöhnlichen Luft. Diese Veränderung der Luftzusammensetzung dürfte unter anderem ein Grund dafür sein, daß die Organismendichte mit zunehmender Bodentiefe abnimmt. Je mehr Wasser ein Boden enthält, umso mehr ist die Gasdiffusion erschwert, und auch Bodenverdichtungen behindern den

Gasaustausch mit der Atmosphäre. Deshalb dürften auch in diesen Fällen das mangelnde Sauerstoffangebot und die ungenügende CO₂-Abfuhr (erhöhte CO₂-Konzentrationen wirken hemmend) eine Erklärung für den geringen Organismenbesatz sein.

Die Bodentemperatur

In der Regel nimmt die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen mit steigender Temperatur zu. Dies gilt auch für die biologischen Umsetzungen im Boden. Im lebenden Organismus steigt die Reaktionsgeschwindigkeit aber nur bis zu einem bestimmten Maximum an und fällt dann wieder ab, wenn die Temperatur noch höher steigt. Diese Erscheinung hängt mit der Wirkungsweise der Enzyme, die sehr temperaturempfindlich sind, zusammen. Die kurzfristigen und jahreszeitlichen Schwankungen des Organismengehalts der Böden führte man früher vielfach allein darauf zurück, daß die Bodentemperatur von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung des Bodenlebens sei. Heute wird dagegen ebenfalls in den Feuchtigkeitsveränderungen des Standorts eine wesentliche Ursache für die Veränderung des Organismengehalts gesehen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Erwärmung eines Bodens von dessen Wassergehalt beeinflußt wird, und zwar verhalten sich Wassergehalt und Wärmeaufnahme bzw. Wärmeabgabe zu einander umgekehrt proportional.

Der Mineralstoffgehalt des Bodens

Für die Nährstoffversorgung der Bodenmikroorganismen ist die Anwesenheit von anorganischen Salzen und Spurenelementen in ausreichender Menge von großer Bedeutung. Die Zusammensetzung der Bodenlösung an Mineralstoffen hängt in erster Linie vom Ausgangsgestein ab, aus dem sich der Boden gebildet hat. Die Konzentration der Mineralstoffe in der Bodenlösung wird dagegen im wesentlichen vom jeweiligen Wassergehalt des Bodens bestimmt. Im allgemeinen stellen die Bodenmikroorganismen die gleichen Anforderungen an den Mineralstoffgehalt wie die höheren Pflanzen. Einige Mineralstoffe sind wesentliche Bestandteile der Enzyme, während andere, wie z. B. Phosphor, in einer großen Zahl intermediärer Stoffwechselprodukte gefunden werden.

Die Bodenreaktion

Die Stoffumsetzungen in lebenden Zellen werden von Enzymen gesteuert. Da die Wirksamkeit der Enzyme vom pH abhängig ist, haben pH-Veränderungen in der Umgebung der Zellen vielfältige Folgen für das Stoffwechselgeschehen. Für jedes Enzym gibt es einen bestimmten optimalen pH-Bereich. Liegt das pH außerhalb dieses Bereiches, so ist die Enzymaktivität geringer. Dazu kommt noch, daß gewisse Enzyme nur bei bestimmten pH-Werten gebildet werden. Nicht alle Bodenorganismen haben dasselbe pH-Optimum. Daher variieren die biologischen Eigenschaften der Böden bei verschiedenen pH-Werten. Das pH-Optimum liegt für die meisten Bodenmikroorganismen im Neutralbereich. Ein saures Milieu bevorzugen nur gewisse Fadenpilze und Hefen sowie Bakterien, die am Schwefelkreislauf beteiligt sind, während nitrifizierende Bakterien und viele Actinomyceten eine leicht alkalische Reaktion bevorzugen. (O. FURRER, F. JAEGGLI, W. JAEGGI, 1975).

4. Die Messung der biologischen Aktivität (Katalaseaktivität) in Rasentragschichtgemischen

4.1 Einleitung

Die Messung der Aktivität einzelner, im wesentlichen von Mikroorganismen gebildeter Enzyme im Boden bietet bekanntlich eine willkommene Möglichkeit, be-

stimmte Teilreaktionen der Tätigkeit des Bodenlebens festzustellen. Seit den grundlegenden Arbeiten von Hofmann und Mitarbeitern (HOFMANN E., 1963) ist bekannt, daß die Adsorption ausgeschiedener Enzyme an Bodenkolloide die Ausbildung eines von kurzfristigen Umwelteinflüssen weitgehend unabhängigen, konstanten Enzymspiegels bewirkt.

Die bisher beschriebenen Verfahren zur Messung der Aktivität von Bodenenzymen umfassen in erster Linie Hydrolasen und in geringerer Zahl Oxydoreduktasen. Bodenenzymatische Untersuchungen haben bisher vor allem dann zu einer gesicherten Korrelation mit wichtigen Faktoren der Bodenfruchtbarkeit geführt, wenn Oxydoreduktasen, wie besonders die Dehydrogenasen, als Indikatoren der biologischen Bodenaktivität verwendet wurden (TH. BECK, 1971).

Bei unseren Untersuchungen wurde vorwiegend mit der Messung der Katalase gearbeitet. Die spezifische Reaktion der Katalase beruht auf einer Spaltung des H_2O_2 -Moleküls in Wasser und Sauerstoff. Geringe Mengen Wasserstoffsuperoxid entstehen beim Atmungsstoffwechsel der Zellen, und die Katalase hat die Aufgabe, dieses Zellgift zu zersetzen. Ausgesprochen anaerob lebende Mikroorganismen besitzen keine Katalase. Da der weitaus überwiegende Anteil aller im Boden tätigen Mikroorganismen aerobes Verhalten zeigt, ist zu erwarten, daß die Katalase zur Kennzeichnung der Mikrobenverhältnisse gut geeignet ist.

In Vorversuchen hatte sich herausgestellt, daß neben einer verhältnismäßig einfachen Durchführung des Enzymtestes, der sich gut für Serienuntersuchungen eignet, die Reproduzierbarkeit besser als bei den meisten übrigen bodenenzymatischen Untersuchungen ist. Die Katalase im Boden zeichnet sich daneben durch eine ausgeprägte Beständigkeit aus. Eine Einschränkung im Aussagewert ist allerdings bei Substraten notwendig, bei denen durch die Anwesenheit frischer Pflanzenmaterialien im Boden (Wurzelreste, Bestandesabfall) höhere Anteile pflanzeigener Katalase den Nachweis von mikrobienbürtiger Katalase stören (TH. BECK, 1971).

4.2 Die Methodik der Katalaseaktivitätsvermessung

Von einer Bodensuspension in einer Pufferlösung wird die nach Zugabe einer H_2O_2 -Lösung in der Zeiteinheit abgespaltene Sauerstoffmenge ohne und in Gegenwart des Katalasehemmstoffes Natriumazid gasvolumetrisch gemessen und nach Abzug des Azidwertes als Prozentsatz der maximal aus der vorgelegten H_2O_2 -Lösung entwickelbaren H_2 -Menge berechnet.

4.3 Angabe der Ergebnisse

Als Maß für die Geschwindigkeit der H_2O_2 -Zersetzung in der Zeiteinheit werden abgespaltene ml O_2 nicht direkt gewertet, sondern der prozentuale Anteil der bei vorliegender Messanordnung jeweils maximal aus der zugesetzten H_2O_2 -Lösung entwickelbaren O_2 -Menge. zugesetzten H_2O_2 -Lösung entwickelbaren O_2 -Menge. Dazu wird pro Meßreihe in 3 Null-Ansätzen die gesamte vorgelegte H_2O_2 -Lösung durch eine Suspension von ca. 0,5 g Mangan-IV-oxid (Braunstein) in 20 ml einer 10 %-igen Natriumcarbonatlösung zersetzt und die O_2 -Entwicklung daraus gleich 10 % gesetzt. Es empfiehlt sich, zur Vermeidung der Gefahr einer Übertragung geringer MnO_2 -Reste in andere Gefäße diese Nulleichung am Ende einer Meßreihe vorzunehmen.

Die Katalaseaktivität ergibt sich aus

$$Ka = \frac{D_0 - D_A}{D_{MnO_2}} = 100,$$

wobei D_0 , D_A und D_{MnO_2} die freigesetzten O_2 -Mengen (ml) ohne bzw. mit $NaNO_3$ bzw. bei Verwendung von MnO_2 bedeuten.

Gemäß den Vorschriften des Analysenganges bezieht sich die Katalasezahl als Maß für die Katalaseaktivität auf die von 5 g Boden bei Verwendung von 10 ml einer 3 %-igen H_2O_2 -Lösung in 3 Minuten bei 20° C bewirkte prozentuale Spaltung des Substrates.

Katalaseaktivitätsmessungen bei unterschiedlicher Temperatur des Enzymansatzes ergaben, daß Abweichungen um 1° C von der für die Aktivitätsangabe festgelegten Standardtemperatur von 20° C Verschiebungen von $\pm 3\%$ der Katalasezahl bedingen (TH. BECK, 1971).

Nach den bisherigen Erfahrungen kann eine Beurteilung nach folgendem Bonitieringsschlüssel gegeben werden:

Katalaseaktivitätswerte (= Katalasezahl)	Aktivität
0–10	sehr schwach – schwach
10–20	mittel bzw. durchschnittlich
20–25	überdurchschnittlich bis hoch
> 25	sehr hoch

5. Material und Methoden

Die Bestimmung der Katalaseaktivität erfolgt im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Grundlagenarbeit, aber auch bereits routinemäßig an Rasentragschichtgemischen für den Sportplatzbau.

Zur Messung der Katalaseaktivität wird jeweils die, bei 40° C getrocknete 2 mm-Fraktion, verwendet. Dieses Probenmaterial wird auch praktisch für alle übrigen chemischen und physikalischen Untersuchungen verwendet, und stammt bei der Entnahme der Probe von einem Spielfeld mit Normalgröße, von 30, zufällig entnommenen Einzelproben. Die Katalasebestimmung erfolgt in dreifacher Wiederholung.

Die bis dahin durchgeführten Untersuchungen erfolgten vorwiegend an Oberboden / Sand / Lava / Torfgemischen, deren Korngrößenverteilungen meistens im Bereiche der Grenzen nach DIN 18 035 liegen, und mit verschiedenen organischen und mineralischen Hilfsstoffgemischen angereichert werden. Bei diesen Großversuchen geht die Zielsetzung vorläufig dahin, innert kürzester Zeit eine möglichst hohe Katalaseaktivität zu erreichen.

Tabelle 1 Katalaseaktivitäten von verschiedenen Böden und Tragschichtgemischen

Nr.	Bezeichnung der Probe	Bodenart	pH-Wert (-)	org. Substanz (Gw.%)	Katalaseaktivität (K-Zahl)
1	Oberboden-Material	schwach sandiger Lehmbo-den	7,3	3,2	13,2
	Komposterde (2-jährig)	lehmiger Sandboden	7,2	6,7	17,0
3	Schlamm-sand	Sandboden	7,8	1,9	4,3
4	Rasentragschicht-gemisch	20% Oberboden 80% Sand ϕ 0/4 mm	7,4	1,2	1,6
5	Rasentragschicht-gemisch	20% Oberboden 65% Sand ϕ 0/4 mm 15% Torf	7,2	4,5	3,7
6	Rasentragschicht-gemisch	ca. 10-jähriger Sportplatz, kon-ventioneller Bauart	7,1	3,8	12,3

Das in Tabelle 1 aufgeführte Probematerial ist sehr unterschiedlicher Herkunft und wurde unmittelbar nach der Entnahme bzw. Herstellung verarbeitet und gemessen.

1: Die Entwicklung der Katalaseaktivität in Rasentragschichtgemischen mit und ohne Hilfsstoffbehandlungen.

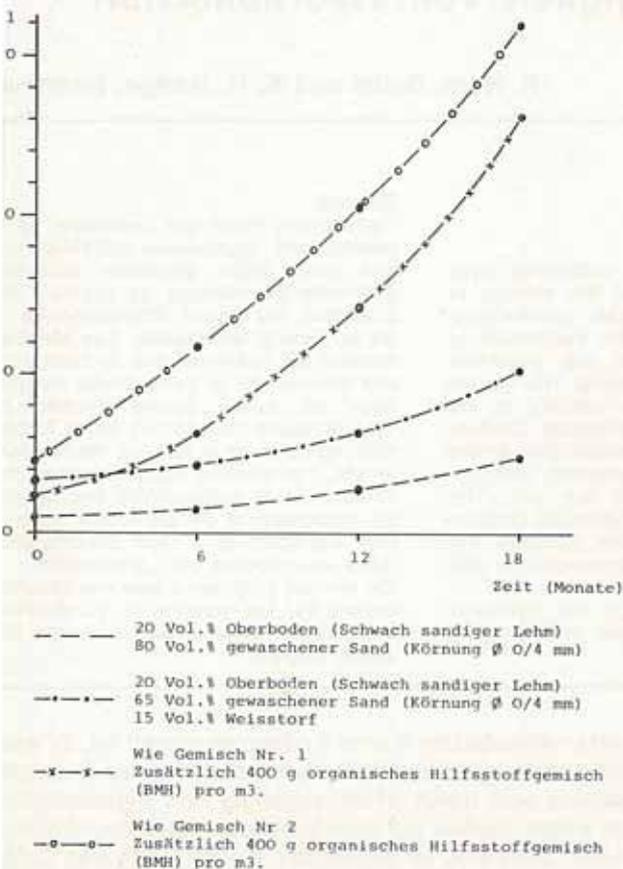


Abbildung 1 zeigt die Katalaseaktivitätsentwicklung bis 18 Monate nach erfolgtem Einbau verschiedenartiger Rasentragschichtgemische. Alle Objekte wurden mit einem rasch wirkenden mineralischen Rasenvolldünger (15-5-5) gedüngt (25 g ein-N/Jahr).

Ergebnisse

Die Messung der Katalaseaktivitäten in verschiedenen charakteristischen, reinen Oberböden der Schweiz, ergeben zum Teil sehr unterschiedliche Werte (Tab. 1). Erfolgt die Interpretation der Ergebnisse nach dem von der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökonomie, CH-3097 Liebefeld verwendeten Bonitierungsschlüssel, so entsprechen diese Werte durchschnittlichen Aktivitäten. Die Katalaseaktivitäten von stark abgemagerten Rasentragschichtgemischen, mit einem durchschnittlichen Oberbodenanteil von ca. 20 Vol.%, sinken unter die in der Landwirtschaft als „sehr schwach“ bis „schwach“ bezeichnete Grenze.

Rasentragschichtgemische von älteren Sportplätzen konventioneller Bauart weisen K-Zahlen auf, die durchschnittlichen Oberböden entsprechen.

In Abbildung 1 sind Ergebnisse dargestellt, die den Entwicklungsverlauf der Katalaseaktivität von Rasentragschichtgemischen mit und ohne Hilfsstoffbehandlungen zeigen (1), (2) bzw. (3), (4). Aus den Ergebnissen geht deutlich hervor, daß Tragschichtgemische, die mit organischen Stoffen behandelt wurden, gegenüber unbehandelten Gemischen wesentlich höhere Aktivitäten erreichen. Nebst der höheren biologischen Aktivität in den Gemischen (2) und (3) konnte eine wesentlich kräftigere Tiefenwurzelung und eine geringere Rohhumuschichtbildung (Rasenfilz) beobachtet werden. Ergebnisse von parallel zu den Katalaseaktivitäts-Messungen

durchgeführten chemischen und physikalischen Untersuchungen deuten darauf hin, daß die chemischen und physikalischen Gemischeigenschaften bei erhöhten Aktivitäten günstig beeinflusst werden.

7. Diskussion

Die vorgestellten Untersuchungsergebnisse müssen als erste Ergebnisse einer umfangreichen Forschungsarbeit betrachtet werden. Somit wäre es verfrüht, bereits im heutigen Zeitpunkt für die Praxis verbindliche Rückschlüsse zu ziehen. Dennoch ist es möglich, aufgrund der vorliegenden Ergebnisse aus Labor- und Feldversuchen wertvolle Anhaltspunkte über die Bedeutung der biologischen Aktivität und deren Beeinflussung zu erhalten.

Unter Berücksichtigung der längst in der landwirtschaftlichen Forschung bekannten Wechselbeziehungen zwischen den Bodenorganismen und dem Bodengefüge, den Pflanzen und den Bodenorganismen unter sich, scheinen diese Faktoren besonders bei unnatürlichen Böden wie Rasentragschichtgemischen von großer Bedeutung zu sein. Liegen doch bereits eindeutige Hinweise vor, daß bei hoher biologischer Aktivität in Rasentragschichtgemischen eine kräftigere Tiefenwurzelung und eine schwächere Entwicklung der Rohhumusschicht erwartet werden können. Im weiteren zeigen die Ergebnisse, daß oberboden- und somit humusarme Gemische mit Hilfsstoffen aufbereitet werden müssen, damit die notwendigen Lebensbedingungen für Bodenorganismen geschaffen werden und somit die erforderliche Aktivität für die Bildung eines gesunden Bodengefüges aufgebaut werden kann. Bei der Veredelung von Tragschichtgemischen mit organisch/mineralischen Hilfsstoffen geht es im wesentlichen darum, ein möglichst optimales C/N-Verhältnis zu schaffen, das weitgehend zum Aufbau der idealen Lebensverhältnisse für Bodenorganismen verantwortlich ist.

LITERATUR

- BECK TH., 1968: Mikrobiologie des Bodens. Bayer, Landw. Verl., München, Basel, Wien
 FURRER O., JAEGGLI F., JAEGGI W., 1975: Bodenkunde. Provisorische Ausgabe. Lehrmittelzentrale, CH-3052 Zollikofen
 HOFMANN E., 1963: Die Analyse von Enzymen im Boden. In Liskens und Tracey: Moderne Methoden der Pflanzenanalyse, Vol. VI, 416-423, Verl. Springer, Berlin.

Verfasser: E. Habegger, INTERGREEN-LABOR AG, CH-3097 Liebefeld

Die Veränderung der gesättigten Wasserleitfähigkeit künstliche Sand-Schluff-Gemische in Abhängigkeit vom hydraulischen Gradienten*

R. Horn, Berlin und K. H. Hartge, Hannover

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Veränderung des Wertes der gesättigten Wasserleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Höhe des hydraulischen Gradienten, dem Ungleichförmigkeitsgrad und der Lagerungsdichte für 2 verschiedene künstliche Substrate untersucht. Aus den Ergebnissen wird deutlich, daß die Konstanz der Werte für die gesättigte Wasserleitfähigkeit in starkem Maße von dem Verhältnis aus wirksamer und neutraler Spannung im Boden abhängt. Als Ursache für diese Veränderung in den Wasserleitfähigkeitswerten ist die Loslösung, der Transport und die Einlagerung feiner Körner in tieferen Schichten anzusehen. Die Auswirkung auf die in der DIN 18 035, Blatt 4, geforderten Werte für die Wasserleitfähigkeit wird diskutiert.

Summary

Two different artificial substrates were examined to determine the change in the saturated hydraulic conductivity values in relation to the magnitude of the hydraulic gradient, the gradation index and the bulk density. The results show clearly that the stability of the values for saturated hydraulic conductivity depends to a considerable extent on the relationship between effective and neutral stress in the soil. The reason for changes in hydraulic conductivity values is that fine particles are separated out, and transported to and deposited in the lower layers. The effects of this on the hydraulic conductivity requirements of DIN 18035, part 4, are discussed.

Résumé

Cette étude traite des variations de conductivité hydraulique en milieu saturé pour deux substrats artificiels différents en fonction du gradient hydraulique, du degré d'hétérogénéité et de la densité structurale. Les résultats mettent en évidence que la constance des valeurs de la conductivité hydraulique en milieu saturé dépend en grande partie du rapport entre la tension effective et la tension neutre dans le sol. On attribue cette variation de valeurs de la conductivité hydraulique au détachement de particules fines, leur transport et à leur accumulation dans les couches plus profondes. On discute l'influence que ces résultats auront sur les valeurs de conductivité hydraulique exigées par la norme DIN 18035, page 4.

1. Einleitung

Bei der Anlage von Spiel- und Sportflächen müssen in starkem Maße sowohl die mechanischen als auch die hydrologischen Eigenschaften des Standortes und auch des verwendeten Baumaterials beachtet werden, um irreversible Schäden zu vermeiden.

Als solche sind durch Trittbelastung verursachte Sackungsverdichtungen ebenso wie die als Einlagerungsverdichtungen bezeichneten durch Wasserdruckunterschiede hervorgerufene Substanzverlagerungen in fester und gelöster Form zu verstehen.

Die Folgen derartiger Verdichtungen lassen sich in vermindertem Rasenwuchs ebenso wie in nach Regenfällen auf der Oberfläche stehenden Wasserpfützen erkennen. Die Phänomene können unter Umständen innerhalb kurzer Zeit nach Inbetriebnahme auftreten und die Funktionsfähigkeit der Spiel- und Sportflächen in starkem Maße einschränken.

Betrachtet man vor diesem Hintergrund die Ursachen für das Auftreten von Verlagerungen in fester und gelöster Form mit dem Wasserstrom im gesättigten ebenso wie im ungesättigten Boden, so sind in den letzten Jahren zu diesem Themenkomplex zahlreiche Untersuchungen durchgeführt worden, bei denen die unterschiedlichsten Fragestellungen abgehandelt wurden. Als Beispiel seien nur die Arbeiten von HARTGE und BECHER (1976) sowie BIGGAR und NIELSEN (1962, 1963) genannt, die die Verlagerung und deren theoretischen Hintergrund untersucht haben. Nun stellt sich aber vor dem oben beschriebenen Hintergrund auch die Frage nach der Aussagekraft bestimmter Meßverfahren, wie die Bestimmung der gesättigten Wasserleitfähigkeit als Berechnungsgrundlage für die Dränung von z. B. Rasenflächen, wie sie in der DIN 18 035, Blatt 4, angegeben ist. Denn bei der Messung der gesättigten Wasserleitfähigkeit k_f wird davon ausgegangen, daß der Pro-

portionalitätsfaktor k eine Bodeneigenschaft ist. Er wäre dann sozusagen eine Materialkonstante eines Bodenzustandes und damit allein abhängig von Eigenschaften der einen Einfluß auf den laminaren Fluß des Wasser haben. Dies sind all diejenigen, die mit Form und Größe der Fließpassagen zusammenhängen, vor allem als Körnung und Gefüge. Nun zeigen Messungen der gesättigten Wasserleitfähigkeit meistens, daß konstante Werte für k_f gar nicht oder nur nach sehr langen Zeitspannen ununterbrochenen Fließens erhalten werden (HARTGE, 1966). In der Arbeit wird dargelegt, daß diese beobachteten Veränderungen Folgen unzureichender Stabilität gegenüber der Beanspruchung sind, die unter dem Begriff „Strömungsdruck“ bekannt sind.

Denn bei jeder Art der Beanspruchung stellt sich die Frage nach der Stabilität der Kornpackung, d. h. nach dem Verhältnis zwischen dem aus dem Eigengewicht der Körner sowie Ko- und Adhäsionskräften resultierenden wirksamen Spannungen und den als Strömungsdruck gekennzeichneten neutralen Spannungen.

2. Material und Methoden

Als Substrate wurden 2 Sandböden mit folgender Körnungszusammensetzung verwendet (Abb. 1).

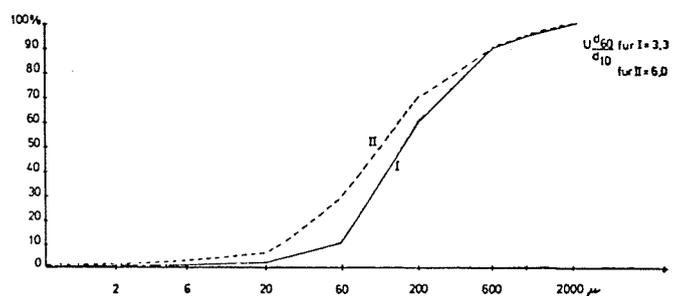


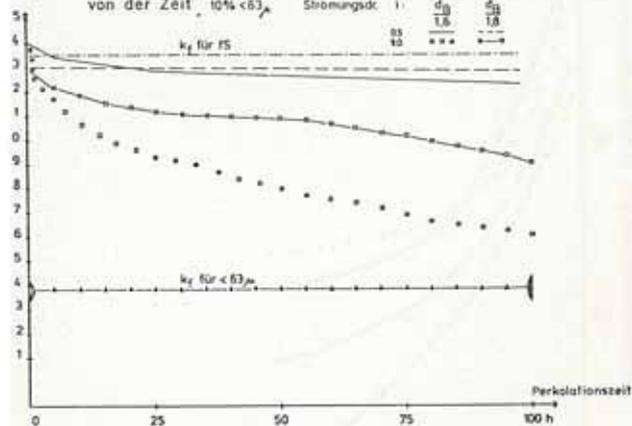
Abb. 1 Körnungssummenkurven der verwendeten Bodenmischungen

Diese Substrate wurden nach einer intensiven Homogenisierung in Stechzylinder mit Trockenrohdichten von 1.6 g/cm^3 bzw. 1.8 g/cm^3 eingebaut, an beiden Enden mit einem feinschichtigen Sieb ($\phi < 20 \mu$) verschlossen und mit abgekochtem Wasser kapillar aufgesättigt. Die Bestimmung der gesät-

* Nach einem Vortrag – verändert – gehalten vor der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bremen, September 1977 und im Originaltext veröffentlicht in Mitt. Dt. Bdkdl. Ges. 25, 45–55, 1977.

ten Wasserleitfähigkeit erfolgte unter stationären Bedingungen bei verschiedenen hydraulischen Gradienten mittels der Apparatur von Hanus und Kmoch (1965), bei der die Probe von unten nach oben durchströmt wird. Nach einer Perkolationsdauer von 100 Stunden wurde der Versuch abgebrochen, die Stechzylinder in 4 je 1 cm dicke Bohnscheiben unterteilt und an diesen die Korngrößenzusammensetzung mittels Sieb- und Pipettmethode bestimmt.

Abb. 2 Veränderung der gesättigten Wasserleitfähigkeit als Funktion des hydraulischen Gradienten i und der Dichte d_B in Abhängigkeit von der Zeit t ($10\% < 63 \mu$)



Ergebnisse

Abb. 2 ist die Veränderung der gesättigten Wasserleitfähigkeit mit der Zeit in Abhängigkeit von der Höhe des hydraulischen Gradienten und der Einbaudichte für einen Schluffanteil von 10% zusammengestellt. Aus der Abbildung wird der Einfluß der Ausgangsdichte in Abhängigkeit von den hydraulischen Gradienten auf die Veränderung der gesättigten Wasserleitfähigkeit deutlich. Je niedriger die Ausgangsdichte lag, desto intensiver folgt die Abnahme der gesättigten Wasserleitfähigkeit den gleichen hydraulischen Gradienten. Die absoluten Unterschiede werden deshalb mit zunehmender Perkolationsdauer und mit zunehmenden hydraulischen Gradienten ständig größer. Mit Ausnahme der Anfangswerte liegen sowohl bei hohen, als auch bei niedrigen Ausgangsdichten wie auch bei allen hydraulischen Gradienten die Werte der gesättigten Wasserleitfähigkeit nach 100 Std. niedriger, als es den k -Werten der vorrerschenden Fraktionen entsprechen würde.

Derselbe Effekt zeigte sich auch bei den Versuchsgliedern mit einem Anteil von $30\% < 63 \mu$ (Abb. 3). Die gesättigte Wasserleitfähigkeit nimmt auch in diesem Fall in bezug auf den Anfangswert der Wasserleitfähigkeit um so stärker ab, je geringer die Einbaudichten sind je höher der angelegte hydraulische Gradient ist. Im Gegensatz zu den Kurvenverläufen in der vorigen

Abb. 3 Veränderung der gesättigten Wasserleitfähigkeit (k_f) als Funktion des hydraulischen Gradienten (i) und der Dichte in Abhängigkeit von der Zeit (t) ($30\% < 63 \mu$)

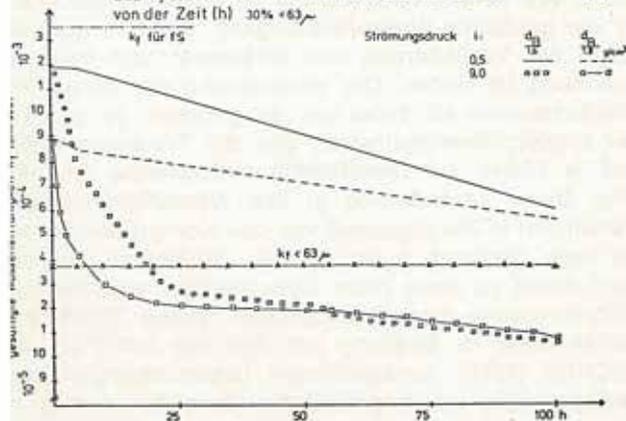


Abbildung treten bei einem Anteil von $30\% < 63 \mu$ vorwiegend bei geringen hydraulischen Gradienten Unterschiede in den k_f -Werten auf, während mit steigendem Strömungsdruck keine lagerungsbedingten Unterschiede mehr sichtbar sind.

Sämtliche Versuche ($30\% < 63 \mu$) mit hydraulischen Gradienten $i > 1$ zeigten nach einer Perkolationsdauer von 100 Stunden Werte für die Wasserleitfähigkeit, die niedriger liegen als den Werten reiner Schluffproben entsprechen.

Nun richtet sich der Wert der Wasserleitfähigkeit einer Bodenprobe aber überwiegend nach der Schicht mit der geringsten Durchlässigkeit, so daß schon geringfügige Umlagerungen zu deutlichen Abnahmen in der Perkolationsgeschwindigkeit führen.

Unterstellt man einmal homogene Verteilung des Substrates zu Versuchsbeginn, so kann die Verminderung der Werte für die gesättigte Wasserleitfähigkeit nur durch eine Feinmaterial- d. h. Schluffumlagerung induziert worden sein. Das Ausmaß dieser Schluffumlagerung ist für die verschiedenen Versuchsglieder in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt. Hierbei handelt es sich stets um Mittelwerte der entsprechenden Bodenschicht. In diesen beiden Abbildungen wird dabei zum einen die Abhängigkeit der Umlagerung von der Ausgangsdichte und zum anderen von der Höhe des hydraulischen Gradienten deutlich.

Bei dem Versuchsglied $10\% < 63 \mu$ und $d_B = 1.6 \text{ g/cm}^3$ kommt es bei kleinen hydraulischen Gradienten vorwiegend zu einer Anreicherung der obersten Bodenschicht (Schicht 4) auf Kosten einer gleichmäßigen Verringerung der darunterliegenden Horizonte. Mit zunehmendem Strömungsdruck ($i > 2$) wird diese Anreicherung auch auf die Bodenschicht 2-3 cm ausgedehnt bei gleichzeitiger intensiver Abnahme des Schluffgehaltes in den beiden unteren Horizonten. Diese Umlagerung erfolgt in geringerem Ausmaß auch in den mit

Abb. 4 Veränderung der Verteilung des Schluffanteiles in der Probe in Abhängigkeit vom Strömungsdruck i

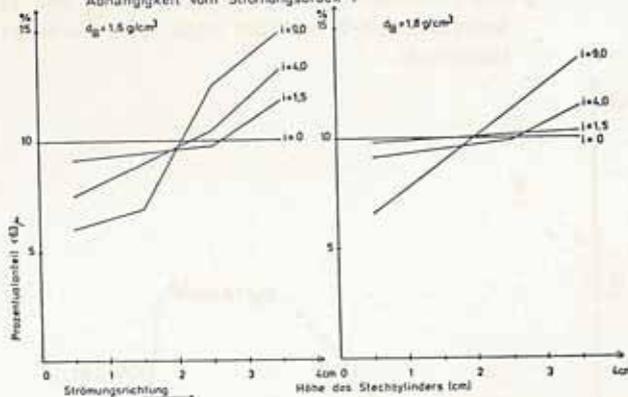
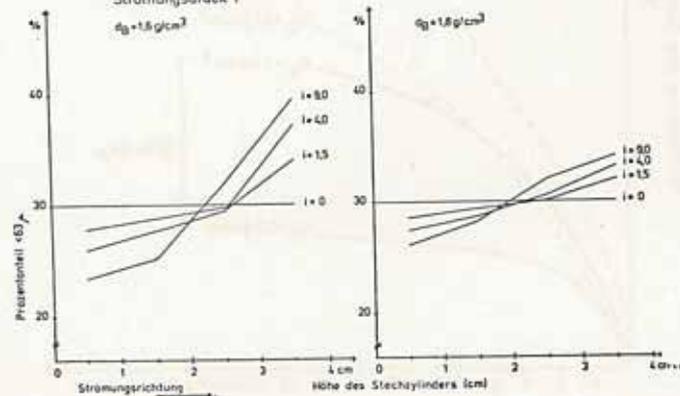


Abb. 5 Veränderung des Schluffanteiles in der Probe in Abhängigkeit vom Strömungsdruck i



einer höheren Dichte eingebauten Bodenproben, lediglich die zusätzliche Anreicherung der 2. Bodenschicht erfolgt erst bei höheren Gradienten ($i > 4$). Dieselbe Tendenz zeigt sich auch bei den Versuchsgliedern mit einem Schluffgehalt von 30%. Auch hierbei kommt es bei den mit geringerer Dichte eingebauten Bodenproben zu einer sehr intensiven Anreicherung des Schluffanteiles am oberen Ende der Probe auf Kosten der Gehalte in dem unteren Teil.

In Abb. 6 ist diese Umlagerung als Funktion der Lagerungsdichte d_B und des Strömungsdruckes für die beiden Substrate dargestellt. Sowohl die Abhängigkeit der Umlagerungsintensität von dem Anteil an Feinmaterial, von der Ausgangsdichte und vom Strömungsdruck spiegeln sich hier wider. Je geringer der Gehalt an Feinkörnern im Boden, d. h. je kleiner der Ungleichförmigkeitsgrad des Bodens bei gleicher Ausgangsdichte ist, desto leichter tritt die Um- bzw. Einlagerung auf. Außerdem erfolgt sie um so eher, je lockerer der Bodenverband ist.

Berechnet man nun die Veränderung des Gesamtporenvolumens in der Einspülschicht aus der Abnahme der gesättigten Wasserleitfähigkeit nach 100 Stunden Perkolationsdauer, so erhält man folgende Kurvenverläufe (Abb. 7).

Vergleicht man diese Werte mit den nach der Theorie von FURNAS (1931) aus der Korngrößenverteilung ermittelten Werten für das theoretisch minimal erreichbare Gesamtporenvolumen, so zeigt sich, daß z. B. für das Versuchsglied 30% < 63 μ m der rechnerisch ermittelte Wert von 16% Gesamtporenvolumen noch nicht erreicht worden ist.

4. Diskussion der Ergebnisse

Die Stabilität eines Kornverbandes ist die Resultierende mehrerer Kräfte. Solange dabei die wirksame Spannung

Abb. 6 Prozentuale Umlagerung des Schluffanteiles als Funktion der Lagerungsdichte d_B und des hydraulischen Gradienten nach 100h Perkolationsdauer

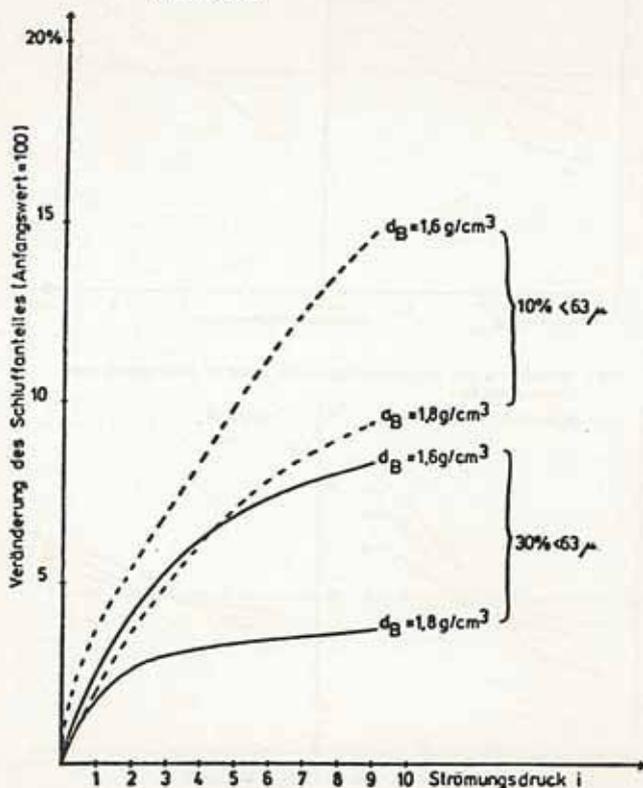
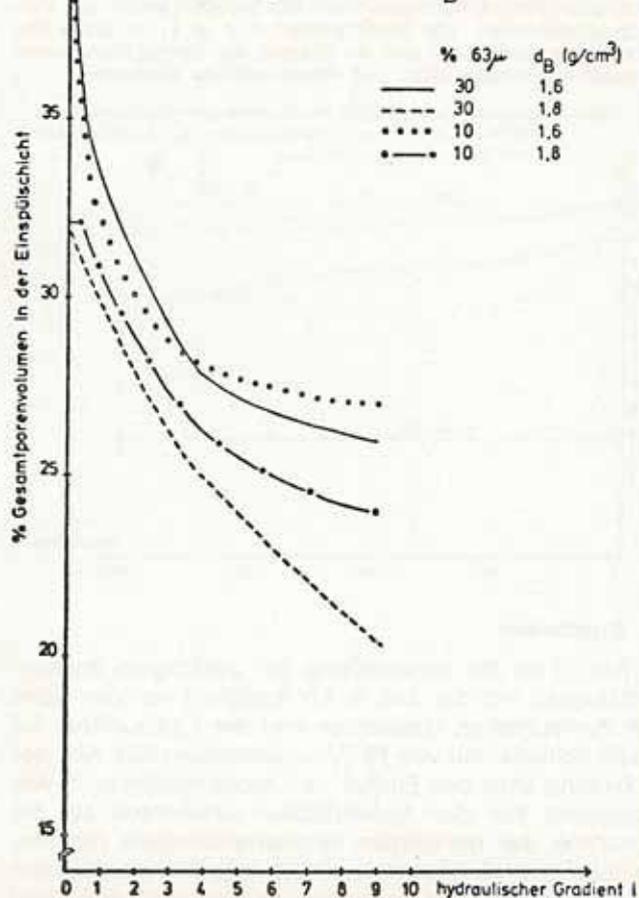


Abb. 7 Veränderung des Gesamtporenvolumens ϵ Funktion des hydraulischen Gradienten i Körnung und Dichte d_B



größer als die neutrale Spannung ist, bleibt das System stabil. Nimmt aber die neutrale Spannung infolge der Erhöhung des Strömungsdruckes zu, dann wird ein Zustand erreicht, bei dem die wirksame Spannung verschwindet. Da aber der Schwerwiderstand eines Kornes von der wirksamen Spannung abhängt, bedeutet dies, daß auch der Scherwiderstand in der gesamten Erdmasse zu Null wird. In diesem Zustand erhält das Korn von unten und von der Seite her keine Unterstützung so daß es bei einer geringen Erhöhung des hydraulischen Gradienten vom Wasser mitgerissen wird. Dieser Vorgang wird hydraulischer Grundbruch genannt und hat die Veränderung des Gesamtporenvolumens und der Porengrößenverteilung zur Folge (KEZDI, 1976).

Dieser Stabilitätsverlust führt dazu, daß die kleineren Partikel bevorzugt vom aufwärtslaufenden Wasserstrom verlagert und dort abgelagert werden, wo die geringere Strömungsgeschwindigkeit dies erzwingt.

Die in den Versuchen ermittelte Veränderung der Werte für die gesättigte Wasserleitfähigkeit ist daher auch die Folge der Veränderung von wirksamer und neutraler Spannung im Boden. Die Veränderung der Wasserleitfähigkeitswerte ist dabei um so geringer, je geringer der Ungleichförmigkeitsgrad und die Trockenrohdichte und je höher der einwirkende hydraulische Gradient sind. Diese Veränderung in den Wasserleitfähigkeitswerten tritt in Abhängigkeit von den Korngrößen bereits bei sehr geringen hydraulischen Gradienten auf und führt damit zu einer mehr oder weniger vollständigen Umorientierung der Bodenproben. Diese Ergebnisse stehen auch im Einklang mit den von HARTGE und BECHER (1976) durchgeführten Untersuchungen über Verlagerungen im ungesättigten Bereich, wonach es

ich dort in Abhängigkeit von der Höhe des hydraulischen Gradienten zu Substanzverlagerungen und -auswaschungen kam.

Aus den eigenen Versuchen ebenso wie aus den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen und Empfehlungen, z. B. Filterregel nach TERZAGHI (zit. in KEZDI, 1976), kann der Schluß gezogen werden, daß die Möglichkeit einer Verlagerung von feinkörnigem Material stets gegeben ist, unterschiedlich ist lediglich das Ausmaß.

Überträgt man die Ergebnisse vor dem Hintergrund der DIN 18 035, Blatt 4, geforderten Auflagen an das für Rasenflächen verwendbare Substrat, so ist bei der normmäßigen Bestimmung, z. B. des Wertes für die geächtigte Wasserleitfähigkeit, darauf zu achten, daß das zu prüfende Substrat bei der Messung nicht nur kurzzeitig auf seine Wasserdurchlässigkeit untersucht wird, sondern auch die Beständigkeit des Wertes bei verschiedenen im Freiland ebenfalls auftretenden hydraulischen Gradienten ermittelt wird.

Literatur

BIGGAR, J. W. und D. R. NIELSEN, 1962: Miscible Displacement: II. Behavior of Tracers. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 26, 125-128.

BIGGAR, J. W. und D. R. NIELSEN, 1963: Miscible Displacement: V. Exchange Processes. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 27, 623-627.

DINA, 1974: Sportplätze - Rasenflächen. DIN 18 035, Blatt 4. Beuth Verlag GmbH, Berlin und Köln.

FURNAS, C. C., 1931: Grading aggregates. I. Mathematical relations for beds of broken solids of maximum density. Industrial Eng. Chem. 23, 1052-1058.

HANUS, H. und H. G. KMOCH, 1965: Beitrag zur Methodik der Wasserpermeabilitätsmessung an ungestörten Bodenproben. - Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkd. 111, 10-23.

HARTGE, K. H., 1966: Problematik und Fehlerquellen bei der Bestimmung der Durchlässigkeit an Stechzylinderproben. Wasser und Boden 18, 19-27.

HARTGE, K. H. und H. H. BECHER, 1976: Bemerkungen zu den Transportmechanismen für suspendierte Stoffe im Boden. Mitt. Dt. Bdkl. Ges. 23, 153-160.

KEZDI, A.: Fragen der Bodenphysik 1976. VDI Verlag Düsseldorf.

Danksagung

Herrn R. Wemken sei für die exakte Durchführung der Analysen gedankt.

Verfasser:

R. Horn, Institut f. Ökologie - Bodenkunde - der TU Berlin, Englerallee 19/21, 1000 Berlin 33

K. H. Hartge, Institut f. Bodenkunde, Herrenhäuser Straße 2a, 3000 Hannover 21

Zur Entwicklung von Rasenansaaten und ihre Bedeutung für die ingenieurbiologische Sicherung von Straßenböschungen

I. Einzelne Pflanzenarten, ihr Verhalten in den Ansaatflächen und ihre Bedeutung für die Ansaatmischungen

R. Rümmler, Köln

Zusammenfassung

Es wird das Verhalten einzelner Pflanzenarten in bis zu zwölf Jahre alten Rasenflächen auf Straßenböschungen untersucht. Insbesondere werden der Grad der flächenmäßigen Regelmäßigkeit des Auftretens (= Stetigkeit) und die Flächendeckung dieser Pflanzenarten festgestellt. Anschließend wird der „Verbauwert“ einzelner wichtiger Pflanzen hinsichtlich ihrer Schutzwirkung gegen Bodenerosion durch Bodenfestigung und Bodenbindung für ingenieurbiologische Begrünungsmaßnahmen beschrieben. Dabei wird die dazu vorhandene einschlägige Literatur ausgewertet.

Im Rahmen der vergleichenden Beobachtungen von Rasenansaatlflächen auf Straßenböschungen werden die ursprünglich verwendeten Ansaatmischungen aufgelistet und beurteilt. Nach Schilderung der Forderungen, die für die verschiedenen Zwecke der Böschungsbegrünung an eine Rasenmischung gestellt werden, folgen Vorschläge zur Zusammensetzung standortgerechter Rasenmischungen für zukünftige Begrünungs- und Sicherungsmaßnahmen auf Böschungen. Im allgemeinen wird es genügen, durch Einbringen derjenigen Arten, die sich auf den untersuchten Böschungen am besten durchgesetzt haben, die Entwicklung der gewünschten standortgemäßen Pflanzengesellschaft einzuleiten.

Summary

An investigation was made on the individual species in grassed roadside embankments, some up to twelve years old. In particular, data were obtained on the regularity of occurrence (= constancy) and the ground cover of these plant species. Descriptions are given of the "reinforcement value" of several important species, evident in the protection against soil erosion which they give by stabilizing and binding the soil when "biological engineering" measures are used to establish a vegetation cover. The available literature on this subject is reviewed in this context.

In connection with the comparative observations on seeded grass areas on roadside embankments, the originally-sown seeds mixtures are listed out and evaluated. A description is given of what is needed in a seeds mixture to meet the various requirements for providing cover on slopes. This is followed by suggestions for the composition of site-adapted seeds mixtures to be used in future to establish green cover on embankments and reinforce them. In order to initiate the development of the desired site-adapted plant community, it will generally be enough to introduce the species which have proved most successful on the embankments investigated.

Résumé

On étudie le comportement de certaines espèces végétales sur des talus qui ont été engazonnés dans les douze dernières années. En particulier on a déterminé le degré de répartition uniforme des espèces sur une étendue (= permanence) et leur aptitude à couvrir une surface donnée. Ensuite on décrit la "valeur constructive" de certaines plantes, que leurs propriétés de fixation et de stabilisation du sol rendent importantes dans les mesures d'aménagement pour la protection contre l'érosion. L'auteur exploite également la bibliographie existante relative à ce sujet.

Les mélanges de semences utilisés au départ dans le cadre d'études comparatives faites sur des talus engazonnés ont été classés et appréciés. Après avoir décrit ce qui est exigé d'un mélange de gazons pour les divers usages d'engazonnement des talus, on propose des compositions de mélanges adaptés aux lieux, en vue de mesures d'engazonnement et de stabilisation des talus dans l'avenir.

En général il suffira d'introduire les espèces qui se sont le mieux implantées sur les talus étudiés pour obtenir un développement de la société végétale désirée et adaptée.

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde die Entwicklung von Rasenansaat nach einer Anzahl von Kriterien untersucht und beschrieben. Im folgenden sollen nun die für Begrünungsvorhaben am häufigsten verwendeten Pflanzenarten hinsichtlich ihres Verhaltens in den Pflanzengemeinschaften in bezug auf Stetigkeit und Flächendeckung unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortverhältnisse und des Ansaatalters beurteilt werden. Aus den Ergebnissen können Rückschlüsse über ihren Wert für Begrünungs- und Sicherungsmaßnahmen im Landschaftsbau abgeleitet werden.

1. Einzelne Pflanzenarten und ihr Verhalten in den Ansaatflächen

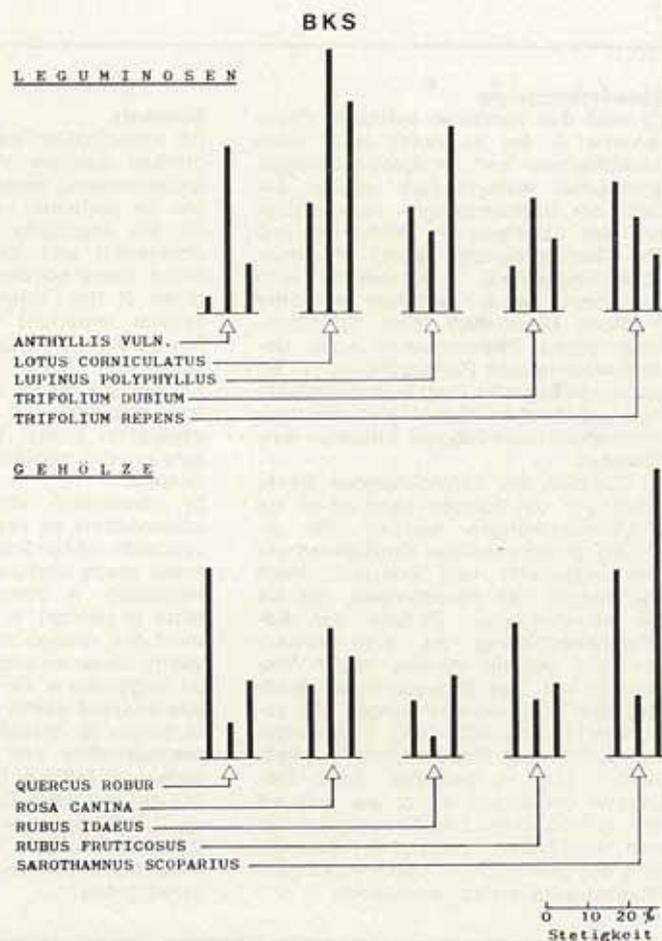
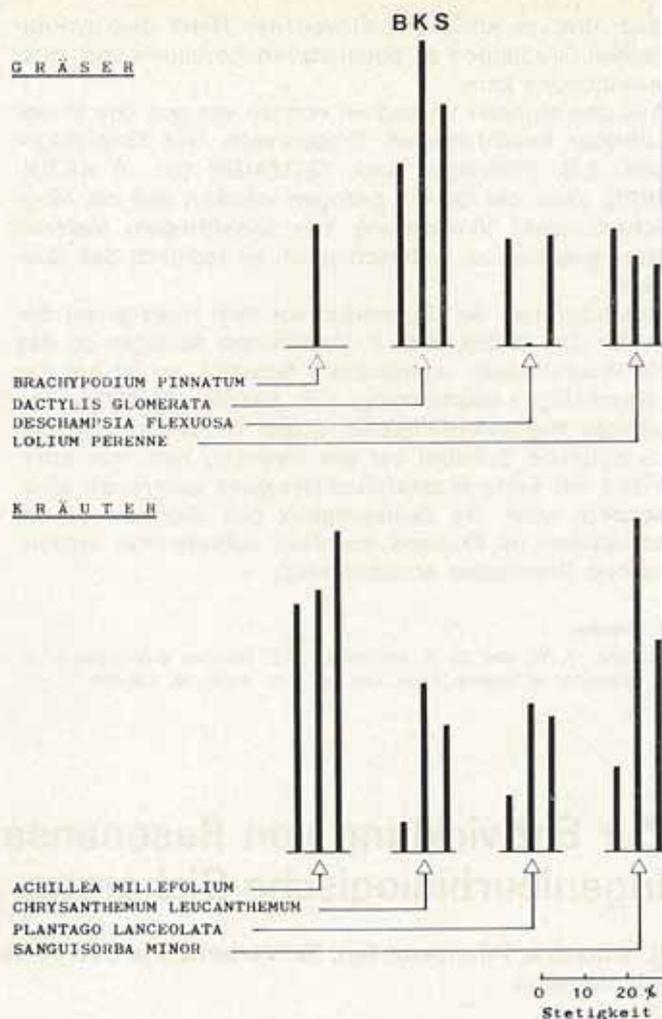
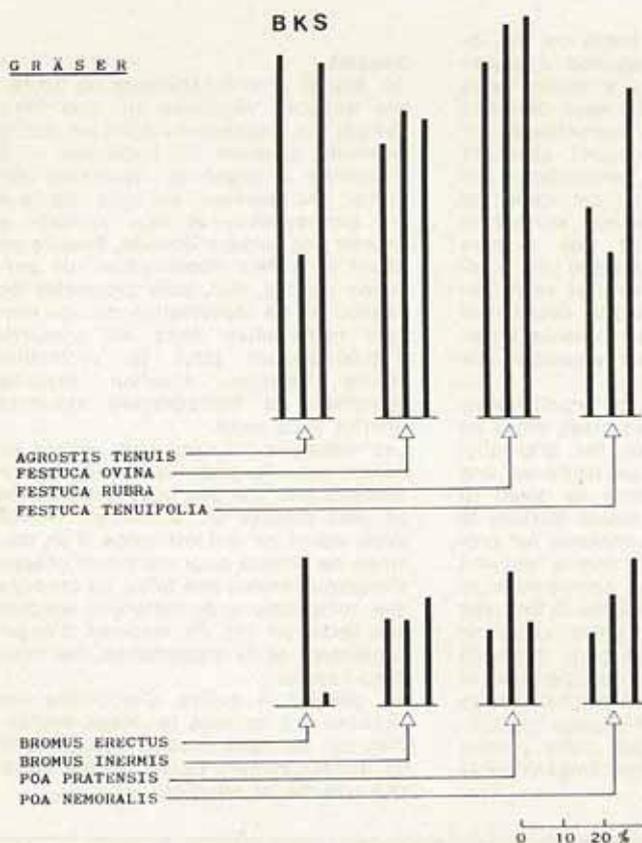
Zunächst wird der Versuch unternommen, anhand der Vegetationsaufnahmen auf Böschungen verschiedenen Ausgangsgesteins und Ansaatalters das Verhalten einzelner Pflanzenarten festzustellen. Es mußte in Kauf genommen werden, daß für diese Untersuchungen hinsichtlich des Zeitpunktes der Ansaat nur Böschungen unterschiedlicher Art zur Verfügung standen. Um eine altersmäßig gleiche Ausgangssituation der Böschungen zu erhalten, wären andererseits Beobachtungen nötig gewesen, die sich über einen Zeitraum von mindestens 12 Jahren hätten erstrecken müssen. Dieser Zeitraum wurde in der Untersuchung rückwirkend erfaßt. Dabei war sich der Verfasser von vornherein bewußt, daß damit auch Nachteile verbunden sind.

1.1 Die Stetigkeit der Pflanzenarten, bezogen auf die unterschiedlichen Ausgangsgesteine

Die Ermittlung der „Stetigkeit“ einer Pflanzenart erlaubt eine Aussage über die „flächenmäßige Regelmäßigkeit“ ihres Auftretens in den untersuchten Vegetationsflächen

Tafel 1

Stetigkeit der wichtigsten Arten der Gräser, Kräuter, Leguminosen und Gehölze, ausgedrückt in der prozentualen Häufigkeit ihres Vorkommens, bezogen auf alle Untersuchungsflächen auf den Ausgangsgesteinen: B = BUNTSANDSTEIN, K = KALKGESTEIN und S = SCHIEFER, GRAUWACKE



(CHMIDT 1969). Diese Aussage ist von Bedeutung für die Zusammenstellung der Pflanzenarten für Standardrasenmischungen, die eine große Amplitude hinsichtlich ihrer Anwendungsbereiche haben müssen. In solche Rasenmischungen gehören vor allem Pflanzenarten, deren große Regelmäßigkeit des Vorkommens in den genannten Pflanzenbeständen auf Grund der Untersuchungsergebnisse gewährleistet werden kann.

In den grafischen Darstellungen der Tafel 1 ist die Stetigkeit der wichtigsten Arten der Gräser, Kräuter, Leguminosen und Gehölze auf den Böschungen der drei Ausgangsgesteinsgruppen Buntsandstein, Kalkgestein und Schiefer/Grauwacke wiedergegeben. Aus der Häufigkeit des Auftretens ergibt sich für jede einzelne Pflanze der Hinweis auf den für sie optimalen Standort hinsichtlich des Ausgangsgesteins.

Unter den Gräsern findet *Agrostis tenuis* die günstigsten Wachstumsbedingungen auf Buntsandsteinböden, gefolgt von Böschungen mit dem Ausgangsgestein Schiefer beziehungsweise Grauwacke. *Festuca ovina* und *Festuca rubra* sind auf allen drei Böschungskategorien nahezu gleichmäßig hoch vertreten. *Festuca tenuifolia* zeigt eine hohe Anpassungsfähigkeit, bevorzugt aber auf Grund der Untersuchungen Böschungen auf Schiefer und Grauwacke. *Bromus erectus* zeigt seine Vorliebe für basenreiche Böden an. Auch bei *Poa pratensis* und mit Einschränkungen bei *Poa nemoralis* kommt diese Vorliebe zum Ausdruck. *Bromus inermis* erhält sich indifferent, *Brachypodium pinnatum* wird eindeutig als kalkliebend bestätigt. Auch *Dactylis glomerata* läßt eine gewisse Vorliebe für basenreiche Böden erkennen. *Deschampsia flexuosa* meidet dagegen kalkböden. Obwohl sie eine Zeigerpflanze für saure Böden ist, gedeiht sie auch im Neutralbereich und toleriert (bei Ausbleiben von Konkurrenz) schwach alkalische Böden.

Unter den Kräutern gibt *Achillea millefolium*, obwohl auf allen Böden gut gedeihend, eine gewisse Vorliebe für Böschungen auf Schiefer beziehungsweise Grauwacke zu erkennen. *Chrysanthemum leucanthemum* tritt am häufigsten auf basenreichen Böden auf, dies bestätigt auch KRAUSE (1955). Ihr Optimum liegt auf Böden mit einem pH-Wert zwischen 7,0 und 7,2. *Plantago lanceolata* zeigt ein gutes Anpassungsvermögen an die Böden vom sauren über den neutralen bis in den basischen Bereich. *Sanguisorba minor* gibt eine Bevorzugung von Kalkgesteinsböden zu erkennen. Er ist jedoch nicht streng auf kalkreichen Untergrund angewiesen, wie sein relativ häufiges Vorkommen auf Schiefer- und Grauwackeböden andeutet.

Unter den Leguminosen zeigen *Anthyllis vulneraria* und *Lotus corniculatus* ihr häufigstes Auftreten auf kalkreichen Böden an. Etwas seltener finden sie sich über anderen Gesteinen oder auf Sand. Die größte Anpassungsfähigkeit zeigt *Lotus corniculatus*. In Versuchen von WEISK (1929) wurde *Lotus corniculatus* auch bei einem pH-Wert von 4,6 nicht geschädigt. Bei noch niedrigeren pH-Werten zeigt er allerdings Wachstumshemmungen. Stark saure Böden werden daher von ihm gemieden.

Lupinus polyphyllus gedeiht besser auf kalkarmen Böden. Wird sie auf kalkreichen Böden angesät, geht sie dort nach und nach zurück. *Trifolium dubium* und *Trifolium repens* werden in ihrem Auftreten weniger vom pH-Wert als von anderen Faktoren beeinflusst. Obwohl *Trifolium dubium* kalkarme bis mäßig saure Böden leicht bevorzugt, hält er sich, einmal angesät, in Einzelexem-

plaren einige Zeit auch auf Böden mittleren Kalkgehaltes.

Der Vollständigkeit halber sind auch die Stetigkeitswerte für die wichtigsten der angesäten Gehölze dargestellt. Hier soll nur auf den Besenginster (*Sarothamnus scoparius*) eingegangen werden. Er bevorzugt basen- und nährstoffarme Böden und gedeiht auch auf klüftigen Skelettböden. In Einzelexemplaren hält er sich ferner als Erstbesiedler eine Zeitlang als „acidophilbasitolerante“ Pflanze auf basenreichen Böden.

Die den grafischen Darstellungen auf Tafel 1 zugrunde liegenden Stetigkeitswerte sind in der Tabelle 1 noch einmal zusammengefaßt. Die Tabellen 2, 3 und 4 geben für die drei Ausgangsgesteinsarten die Stetigkeit der Arten nach der steigenden prozentualen Häufigkeit ihres Vorkommens in drei Stetigkeitsklassen an. Um diese Tafeln übersichtlich zu gestalten, wurden Pflanzen mit einem Vorkommen unter 10% Stetigkeit in der Auflistung weggelassen. Die einzelnen Artengruppen wurden nach ihrem steigenden Prozentanteil der Reihenfolge nach geordnet. In den Pflanzennamenreihen werden jeweils zuerst die Arten mit den höchsten Stetigkeitsprozenten aufgeführt.

1.2 Die Stetigkeit und Flächendeckung einzelner Arten bei unterschiedlichem Alter der Ansaatflächen

Soweit das Ausgangsmaterial dafür eine brauchbare Basis bot, wurden in den grafischen Darstellungen der Tafel 2 für wichtige Pflanzenarten die Stetigkeit und die Flächendeckung für einen Zeitraum von 8 bis 12 Jahren

Tabelle 1

Stetigkeit der wichtigsten Arten der Gräser, Kräuter, Leguminosen und Gehölze, ausgedrückt in der prozentualen Häufigkeit ihres Vorkommens, bezogen auf alle Untersuchungsflächen auf den Ausgangsgesteinen: B = BUNTSANDSTEIN (102 Vegetationsaufnahmen), K = KALKGESTEIN (168 Vegetationsaufnahmen) und S = SCHIEFER, GRAUWACKE (597 Vegetationsaufnahmen).

GRÄSER	KRÄUTER	LEGUMINOSEN		GEHÖLZE
		Stetigkeit B	in % K	
GRÄSER				
<i>Agrostis tenuis</i>		89,13	40,44	87,35
<i>Festuca ovina</i>		66,60	74,92	72,79
<i>Festuca rubra</i>		87,17	96,33	98,39
<i>Festuca tenuifolia</i>		50,93	39,25	79,65
<i>Bromus erectus</i>		00,00	36,27	03,35
<i>Bromus inermis</i>		20,57	20,81	26,27
<i>Poa pratensis</i>		17,63	31,52	19,75
<i>Poa nemoralis</i>		16,65	25,57	34,64
<i>Brachypodium pinnatum</i>		00,00	28,54	00,00
<i>Dactylis glomerata</i>		43,09	71,95	56,56
<i>Deschampsia flexuosa</i>		25,46	01,19	26,27
<i>Lolium perenne</i>		27,42	20,81	17,74
KRÄUTER				
<i>Achillea millefolium</i>		58,76	62,44	76,14
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>		06,86	39,84	30,12
<i>Plantago lanceolata</i>		12,73	35,08	32,13
<i>Sanguisorba minor</i>		19,59	78,49	49,99
LEGUMINOSEN				
<i>Anthyllis vulneraria</i>		03,92	41,03	12,05
<i>Lotus corniculatus</i>		17,42	64,82	51,87
<i>Lupinus polyphyllus</i>		25,46	19,03	45,68
<i>Trifolium dubium</i>		10,77	29,14	17,91
<i>Trifolium repens</i>		32,32	23,19	13,89
GEHÖLZE				
<i>Quercus robur</i>		47,01	08,92	19,24
<i>Rosa canina</i>		17,63	31,52	24,93
<i>Rubus idaeus</i>		13,71	05,35	20,08
<i>Rubus fruticosus</i>		33,30	14,27	18,07
<i>Sarothamnus scoparius</i>		46,03	15,46	71,29

Tabelle 2

Stetigkeit der Arten, nach der steigenden prozentualen Häufigkeit ihres Vorkommens in drei Stetigkeitsklassen aufgeführt und bezogen auf 102 Untersuchungsflächen auf Buntsandstein in Prozenten ausgedrückt.

10,0 - 33,2 %	33,3 - 66,5 %	66,6 - 100 %
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Lolium perenne</i> ↑ <i>Deschampsia flexuosa</i> ↑ <i>Arrhenatherum elat.</i> ↑ <i>Bromus inermis</i> ↑ <i>Poa pratensis</i> ↑ <i>Poa nemoralis</i> ↑ <i>Poa trivialis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Festuca tenuifolia</i> ↑ <i>Holcus lanatus</i> ↑ <i>Dactylis glomerata</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Agrostis tenuis</i> ↑ <i>Festuca rubra</i> ↑ <i>Festuca ovina</i>
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Rumex acetosella</i> ↑ <i>Matricaria inodora</i> ↑ <i>Sanguisorba minor</i> ↑ <i>Teucrium scorodonia</i> ↑ <i>Cirsium arvense</i> ↑ <i>Digitalis purpurea</i> ↑ <i>Taraxacum officinal.</i> ↑ <i>Plantago lanceolata</i> ↑ <i>Senecio viscosus</i> ↑ <i>Cirsium vulgare</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Achillea millefolium</i> 	
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Trifolium repens</i> ↑ <i>Lotus corniculatus</i> ↑ <i>Lupinus polyphyllus</i> ↑ <i>Trifolium pratense</i> ↑ <i>Trifolium dubium</i> 		
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Rubus fruticosus</i> ↑ <i>Rosa canina</i> ↑ <i>Betula verrucosa</i> ↑ <i>Robinia pseudacacia</i> ↑ <i>Rubus idaeus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Quercus robur</i> ↑ <i>Sarothamnus scoparius</i> 	
		<ul style="list-style-type: none"> ↑ Prozentanteil steigend

Anmerkung: Vorkommen unter 10 % Stetigkeit werden hier nicht aufgeführt, da sie weniger aussagekräftig sind und zu langen Pflanzenlisten führen würden.

Tabelle 4

Stetigkeit der Arten, nach der steigenden prozentualen Häufigkeit ihres Vorkommens in drei Stetigkeitsklassen aufgeführt und bezogen auf 597 Untersuchungsflächen auf Schiefer / Grauwacke in Prozenten ausgedrückt.

10,0 - 33,2 %	33,3 - 66,5 %	66,6 - 100 %
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Arrhenatherum elat.</i> ↑ <i>Deschampsia flexuosa</i> ↑ <i>Bromus inermis</i> ↑ <i>Poa pratensis</i> ↑ <i>Lolium perenne</i> ↑ <i>Anthoxanthum odor.</i> ↑ <i>Poa trivialis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Dactylis glomerata</i> ↑ <i>Holcus lanatus</i> ↑ <i>Poa nemoralis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Festuca rubra</i> ↑ <i>Agrostis tenuis</i> ↑ <i>Festuca tenuifolia</i> ↑ <i>Festuca ovina</i>
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Plantago lanceolata</i> ↑ <i>Chrysanthemum leuc.</i> ↑ <i>Teucrium scorodonia</i> ↑ <i>Hypericum perforatum</i> ↑ <i>Epilobium angustifol.</i> ↑ <i>Rumex acetosella</i> ↑ <i>Galium mollugo</i> ↑ <i>Taraxacum officinal.</i> ↑ <i>Rumex crispus</i> ↑ <i>Digitalis purpurea</i> ↑ <i>Cirsium vulgare</i> ↑ <i>Matricaria inodora</i> ↑ <i>Galeopsis tetrahit</i> ↑ <i>Senecio viscosus</i> ↑ <i>Stellaria graminea</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Sanguisorba minor</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Achillea millefolium</i>
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Trifolium dubium</i> ↑ <i>Vicia tetrasperma</i> ↑ <i>Trifolium pratense</i> ↑ <i>Trifolium repens</i> ↑ <i>Anthyllis vulneraria</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Lotus corniculatus</i> ↑ <i>Lupinus polyphyllus</i> 	
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Rosa canina</i> ↑ <i>Rubus idaeus</i> ↑ <i>Quercus robur</i> ↑ <i>Rubus fruticosus</i> ↑ <i>Salix caprea</i> ↑ <i>Betula verrucosa</i> ↑ <i>Calluna vulgaris</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Sarothamnus scopar.</i> 	
		<ul style="list-style-type: none"> ↑ Prozentanteil steigend

Anmerkung: Vorkommen unter 10 % Stetigkeit werden hier nicht aufgeführt, da sie weniger aussagekräftig sind und zu langen Pflanzenlisten führen würden.

Tabelle 3

Stetigkeit der Arten, nach der steigenden prozentualen Häufigkeit ihres Vorkommens in drei Stetigkeitsklassen aufgeführt und bezogen auf 168 Untersuchungsflächen auf Kalkgestein in Prozenten ausgedrückt.

10,0 - 33,2 %	33,3 - 66,5 %	66,6 - 100 %
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Poa pratensis</i> ↑ <i>Brachypodium pin.</i> ↑ <i>Poa nemoralis</i> ↑ <i>Lolium perenne</i> ↑ <i>Bromus inermis</i> ↑ <i>Agropyron repens</i> ↑ <i>Holcus lanatus</i> ↑ <i>Poa trivialis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Arrhenatherum elat.</i> ↑ <i>Agrostis tenuis</i> ↑ <i>Festuca tenuifol.</i> ↑ <i>Bromus erectus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Festuca rubra</i> ↑ <i>Festuca ovina</i> ↑ <i>Dactylis glomerata</i>
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Rumex crispus</i> ↑ <i>Cirsium arvense</i> ↑ <i>Pimpinella saxifr.</i> ↑ <i>Helianthemum numm.</i> ↑ <i>Campanula rotundif.</i> ↑ <i>Taraxacum officin.</i> ↑ <i>Scabiosa cumbaria</i> ↑ <i>Origanum vulgare</i> ↑ <i>Knautia arvensis</i> ↑ <i>Cirsium vulgare</i> ↑ <i>Linaria vulgaris</i> ↑ <i>Centaurea jacea</i> ↑ <i>Silene vulgaris</i> ↑ <i>Fragaria vesca</i> ↑ <i>Centaurea jacea</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Achillea millefol.</i> ↑ <i>Chrysanthemum leuc.</i> ↑ <i>Daucus carota</i> ↑ <i>Plantago lanceolat.</i> ↑ <i>Galium mollugo</i> ↑ <i>Hypericum perfor.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Sanguisorba minor</i>
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Trifolium dubium</i> ↑ <i>Medicago sativa</i> ↑ <i>Trifolium repens</i> ↑ <i>Medicago lupulina</i> ↑ <i>Vicia cracca</i> ↑ <i>Melilotus officin.</i> ↑ <i>Vicia tetrasperma</i> ↑ <i>Trifolium pratense</i> ↑ <i>Lupinus polyphyllus</i> ↑ <i>Medicago falcata</i> ↑ <i>Orobrychis vicifol.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Lotus corniculatus</i> ↑ <i>Anthyllis vulnerar.</i> 	
<ul style="list-style-type: none"> ↑ <i>Rosa canina</i> ↑ <i>Sarothamnus scopar.</i> ↑ <i>Rubus fruticosus</i> 		<ul style="list-style-type: none"> ↑ Prozentanteil steigend

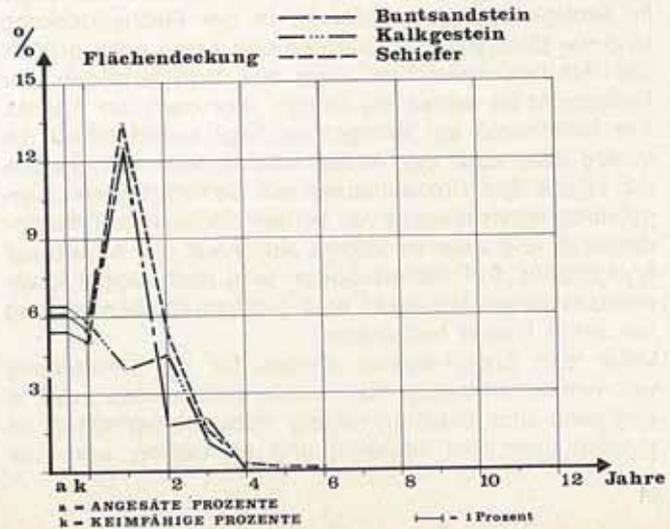
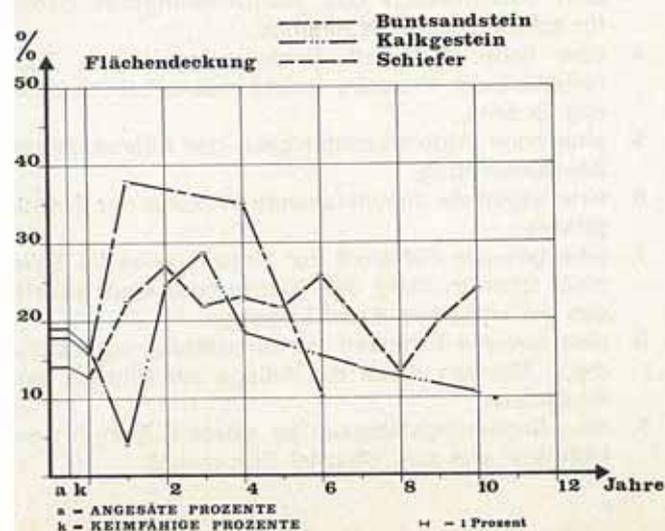
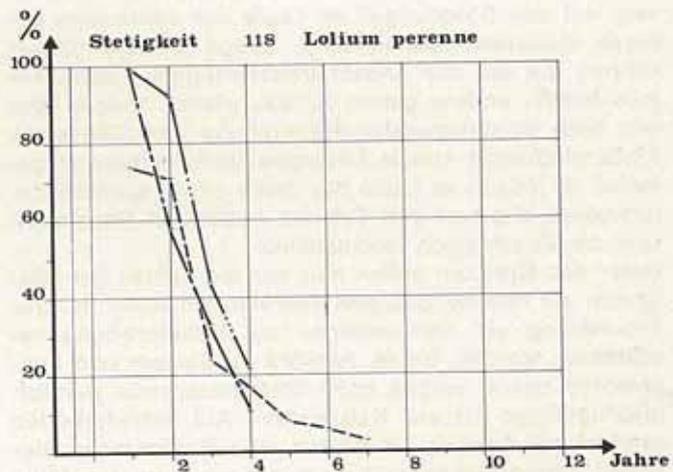
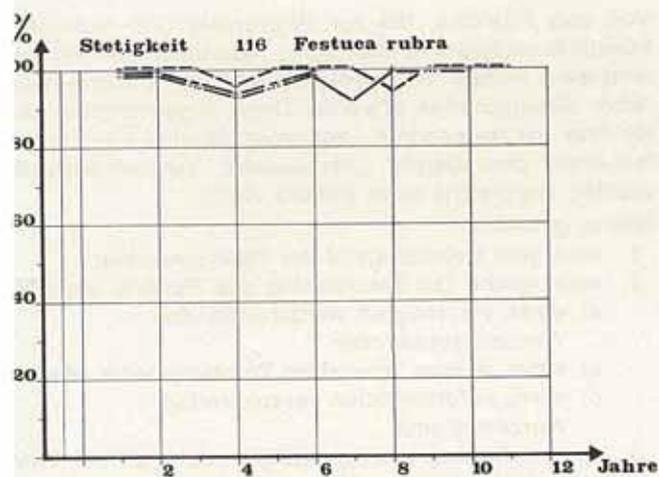
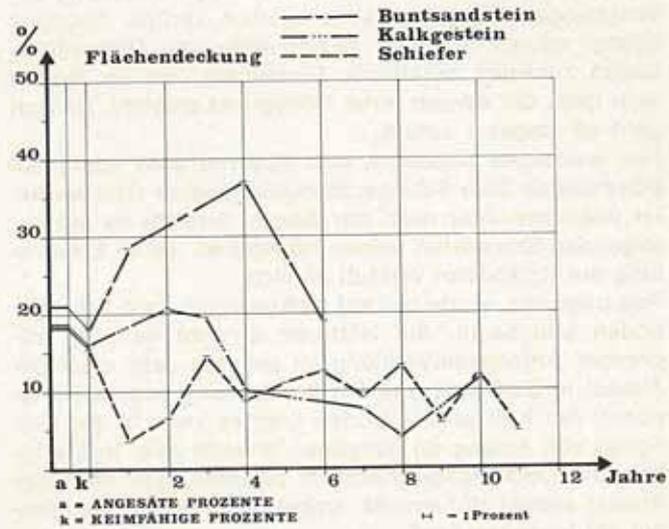
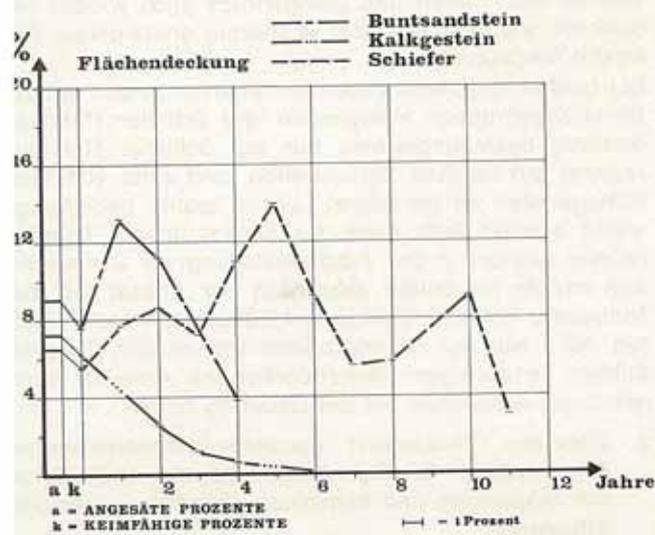
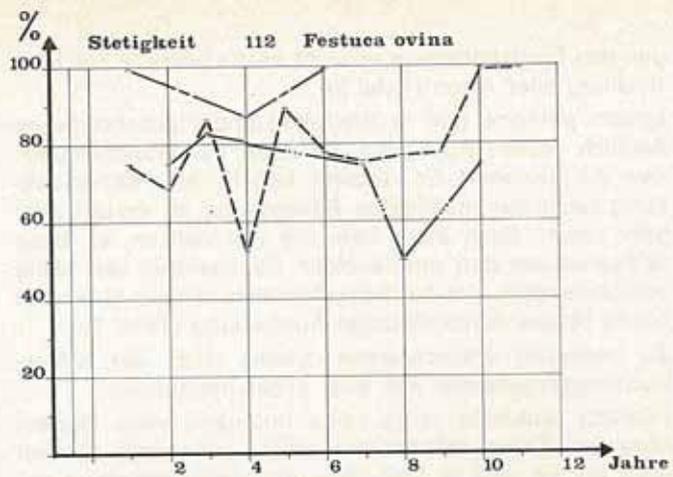
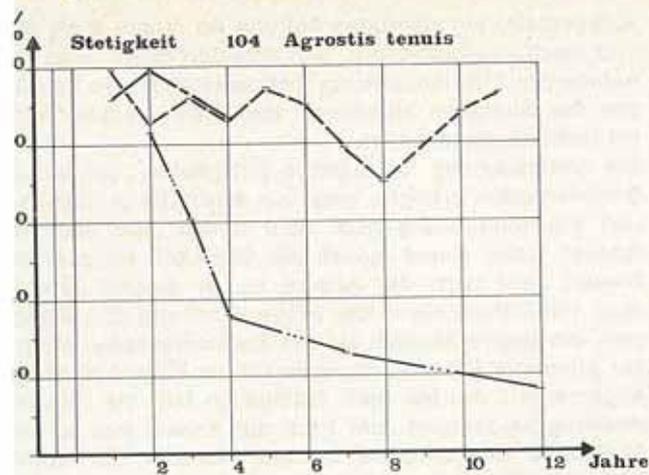
Anmerkung: Vorkommen unter 10 % Stetigkeit werden hier nicht aufgeführt, da sie weniger aussagekräftig sind und zu langen Pflanzenlisten führen würden.

dargestellt. Es war dabei nicht immer möglich, die Arten auf allen drei Böschungskategorien hinsichtlich ihrer Entwicklung zu verfolgen. Aus der Gruppe der untersuchten Pflanzenarten werden zu Beginn vier Gräserarten anhand grafischer Darstellungen aufgeführt, und zwar *Agrostis tenuis*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra* und *Lolium perenne*.

Agrostis tenuis erreicht kurzfristig den höchsten Stetigkeitsgrad auf Buntsandstein und Schieferböden. Auf diesen Böschungen behält es auf Dauer einen nur wenig niedrigeren Stetigkeitsgrad mit geringfügigen Abweichungen bei. Auf Kalkböden fällt die Stetigkeit rasch bis zum Alter von vier Jahren, um dann langsamer abzusinken. Die Flächendeckung pendelt sich nach einigen Schwankungen auf Buntsandstein- und Schieferböden bei etwa 4 Prozent ein. Dagegen ist auf kalkreichen Böden nach 6 Jahren für *Agrostis tenuis* keine nennenswerte Flächendeckung mehr zu verzeichnen (Tafel 2). *Festuca ovina* hält sich in der Stetigkeit gut auf allen drei Böschungskategorien mit Ausnahme einer leicht fallenden Tendenz auf Kalkgestein. Es erreicht die höchsten flächendeckenden Anteile auf Buntsandsteinböden, auf denen es auch mit der höchsten Rate angesät wurde. Obwohl dieses Gras eher kalkfreie Böden liebt, bestätigen die Untersuchungen die Angaben von RAUSCHERT (1972), daß es in stark ozeanisch beeinflusster Klimlage mit geringem Deckungsgrad auch auf Kalkböden übergeht. Außerdem besitzt es Unterarten, die kalkhaltigen Boden vertragen (Tafel 2).

Wie die grafische Darstellung zeigt, ist unter allen Gräserarten *Festuca rubra* sowohl mit dem höchsten und gleichmäßigsten Deckungsgrad, als auch mit der höchsten Flächendeckung vertreten. Auf einigen Böschun-

Tafel 2 PFLANZENARTEN und ANSAATALTER



gen des Buntsandsteins erreicht es die höchste Flächen- deckung aller Arten (Tafel 2).

Lolium perenne gibt in Stetigkeit und Flächendeckung deutlich seinen Rückgang auf allen Böschungskatego- rien zu erkennen. Er vollzieht sich in der Flächendeckung nach der maximalen Entwicklung im ersten Jahr sehr rasch. Nach etwa zwei bis vier Jahren ist diese Gräserart auf den untersuchten Böschungen fast völlig verschwunden. Nur auf Schieferböden hält sie sich noch etwas länger durch ständige Aussamung (Tafel 2).

Zu weiteren Pflanzenarten lassen sich die Unter- suchungsergebnisse wie folgt zusammenfassen:

Festuca tenuifolia zeigt seine untergeordnete Bedeu- tung auf Kalkgesteinsböden schon nach dem zweiten Jahr an. Es geht in Stetigkeit und Flächendeckung auf Böschungen dieser Art kontinuierlich zurück. Dagegen erlangt es auf Schiefer- beziehungsweise Grauwacke- böden zunächst erhebliche Bedeutung, die im vierten Jahr nach der Ansaat ihren Höhepunkt erreicht. Danach geht es langsam zurück.

Poa nemoralis entwickelt sich zögernd aber stetig auf Böschungen über Schiefer beziehungsweise Grauwacke. Im siebenten Jahr nach der Ansaat erreicht es auf zu- sagenden Standorten seinen Höhepunkt. Seine Entwick- lung auf Kalkböden verläuft ähnlich.

Poa pratensis wurde nur auf Kalkgesteins- und Schiefer- böden untersucht. Auf letzteren erreicht es nach zö- gernder Anfangsentwicklung im zehnten Jahr nach der Ansaat in Stetigkeit und Flächendeckung seinen Höhe- punkt. Auf Kalkgesteinsböden liegt es zwar in der Ste- tigkeit von Anfang an günstiger, erreicht aber in Stetig- keit und Deckungsgrad erst im zwölften Jahr nach der Ansaat seinen Höhepunkt, wobei die Stetigkeit wieder- um am höchsten liegt.

Wie leicht festgestellt werden kann, erfolgt bei den Grä- sern auf den Böschungen im Laufe der Jahre eine ge- wisse Bestandesumschichtung. Einige wenige Gräser können die mit der Ansaat beabsichtigten Flächenan- teile halten, andere gehen zurück, wieder andere kön- nen nach entsprechender Aufbereitung des Standortes flächendeckende Anteile hinzugewinnen. Insgesamt ge- sehen ist jedoch im Laufe der Jahre ein langsames Zu- rückgehen des von den Gräsern bedeckten Gesamtan- teils der Böschungen festzustellen.

Unter den Kräutern sollen hier nur die beiden am häu- figsten auf den Böschungen auftretenden Arten in ihrer Entwicklung auf Kalkgesteins- und Schieferböden be- schrieben werden. Beide, *Achillea millefolium* und *Sanguisorba minor*, zeigen hohe Stetigkeitsgrade ziemlich gleichmäßiger Art auf Kalkgestein. Auf Schieferböden erreicht nur *Achillea millefolium* eine ähnlich hohe Ste- tigkeit, während *Sanguisorba minor* etwa um die Hälfte im Stetigkeitsgrad zurückgeht. In der Flächendeckung sind die Unterschiede zwischen den Arten noch größer. Bei *Achillea millefolium* liegt auf Schieferböden der Höhepunkt im dritten bis fünften Jahr nach der Ansaat. Der Höhepunkt auf Kalkgestein liegt ausschließlich im dritten Jahr nach der Ansaat und erreicht weniger als die Hälfte des Prozentsatzes auf Schieferböden. *Sanguisorba minor* erreicht von beiden die höchste Flächen- deckung, und zwar im vierten Jahr nach der Ansaat auf Kalkgestein. Auf Schieferböden wird nach einem kaum nennenswerten Maximum eine geringe Flächendeckung auf Jahre hinaus beibehalten.

Unter den Leguminosen wurden für die Beurteilung vier Arten herausgegriffen. *Lotus corniculatus* zeigt in Stetigkeit und Flächendeckung nach Höhepunkten im zweiten Jahr (auf Schiefer) und im vierten Jahr (auf

Kalkgestein) ein ständiges Auf und Ab. Wenn auch nach und nach, insbesondere auf Schieferböden, eine Ab- nahme der Flächendeckung festzustellen ist, so ist doch aus der Stetigkeit abzulesen, daß diese Leguminosen art recht ausdauernd ist.

Die Untersuchung für *Lupinus polyphyllus*, die nur für Schieferböden erfolgte, zeigt ein Absinken in Stetigkeit und Flächendeckung nach dem ersten Jahr nach der Ansaat. Dann nimmt jedoch die Stetigkeit bis zum sie- benten Jahr nach der Ansaat zu. In diesem Jahr ist auch ein Höhepunkt in der Flächendeckung zu verzeich- nen, der wahrscheinlich auf ein Zusammenfallen mehre- rer günstiger Faktoren zurückzuführen ist und nicht ver- allgemeinert werden darf. Schließlich fällt die Flächen- deckung im zehnten Jahr nach der Ansaat fast auf der Nullpunkt. Nur einzelne wenige Pflanzen der Lupine können sich halten und gelegentlich auch wieder ver- mehren, worauf die später wiederum ansteigende Ste- tigkeit hindeutet.

Die beiden folgenden Leguminosenarten zeigen auf der Böschungsgruppen Kalkgestein und Schiefer (*Trifolium dubium*) beziehungsweise nur auf Schiefer (*Trifolium repens*) ein rasches Zurückgehen, und zwar von ihrer Höhepunkten an gerechnet, die im ersten beziehungs- weise zweiten Jahr nach der Ansaat liegen. *Trifolium repens* erreicht in der Flächendeckung auf Schieferbö- den bereits im dritten Jahr nach der Ansaat fast den Nullpunkt, *Trifolium dubium* auf Kalkgestein erst im ach- ten Jahr. Nur auf Schieferböden scheint sich *Trifolium dubium* in geringen flächendeckenden Anteilen durch ständiges Aussamen auf die Dauer zu halten.

2. Über den „Verbauwert“ einzelner Pflanzenarten und Artengruppen für ingenieurbioologische Maßnahmen zur Begrünung und Sicherung künstlich veränderter Standorte

Von den Pflanzen, die zur Begrünung und Sicherung künstlich veränderter Standorte herangezogen werden, wird eine Anzahl im ingenieurbioologischen Sinne nüt- zlicher Eigenschaften erwartet. Diese Eigenschaften sol- len hier als sogenannte „bodenfestigende“ Eigenschaf- ten unter dem Begriff „Verbauwert“ zusammengefaßt werden (vergleiche auch PFLUG 1971).

Hierzu gehören:

1. eine gute Keimfähigkeit der Pflanzensamen,
2. eine rasche Durchwurzelung des Bodens mit Hilfe
 - a) eines verzweigten weitstreichenden Wurzelsystems oder
 - b) eines dichten, intensiven Wurzelsystems oder
 - c) eines tiefgreifenden, verankernden Wurzelsystems,
3. eine wirksame, bodenerschließende Kraft der Wur- zeln einschließlich des Aufschließungsvermögens für schwer lösliche Nährstoffe,
4. eine hohe Haltekraft durch entsprechende Zug- festigkeit der Wurzeln, insbesondere bei Abrissen des Bodens,
5. eine hohe Widerstandsfähigkeit der Pflanze gegen Abschwemmung,
6. eine allgemein schuttstauende Wirkung der Einzel- pflanze,
7. eine gewisse Fähigkeit zur Regeneration im Falle einer Überschüttung der Pflanze oder einer sonstigen mechanischen Beschädigung,
8. eine gewisse Fähigkeit zur Entwicklung eigenstän- digen Pflanzen durch die Anlage zur Bildung von Ausläufern,
9. eine Anpassungsfähigkeit an extreme Standortver- hältnisse, wie zum Beispiel Trockenheit,

0. gegebenenfalls die Fähigkeit zur Stickstoffanreicherung des Bodens mit Hilfe von Wurzelsymbionten, (DUTHWEILER 1967).

1. Geeignete Arten für überwiegend bodenfestigend wirksam werdende Begrünungsmaßnahmen

Die Artengruppe der Gräser zeichnet sich im allgemeinen durch ein stark verzweigtes Wurzelsystem aus. Die Wurzeln sind nicht ungewöhnlich lang, sie verzweigen sich aber im allgemeinen sehr stark in Seitenwurzeln unterschiedener Ordnung. Dies geschieht mit hoher Intensität, so daß man an einzeln stehenden Gräserpflanzen Gesamtzelllängen von mehreren Kilometern Länge gemessen hat, (AICHELE / SCHWEGLER 1969, ROUGHTON 1957).

Einige Gräserarten zeigen die wertvolle Eigenschaft, daß von ihnen flach ausgelegte Seitensprosse, sogenannte Ausläufer, abzweigen, die, nach der Lösung ihrer Verbindung zur Mutterpflanze, Anlaß zur Bildung eigenständiger Pflanzen geben, (HUBBARD 1968, KLAPP 1965, MADISON 1971).

Andere Gräserarten sind sogenannte „Horstpflanzen“. Wenn ihre Seitensprosse nicht waagrecht weiterwachsen, sondern in die Höhe, so entstehen keine Ausläufer, sondern es kommt zu einer Anhäufung von Halmen, die zur Bildung eines dichten Horstes führt.

Beide Gräserformen sind gleichermaßen wertvoll für die Begrünung und Sicherung von Böschungen. Sie steigern sich gegenseitig in ihrer Gesamtwirkung, wenn sie in der Ansaatmischung anteilig in einem solchen Verhältnis vertreten sind, daß sie sich gegenseitig in ihren vorteilhaften Eigenschaften ergänzen können.

Einige Gräserarten, die in dem oben beschriebenen Sinne einen guten „Verbauwert“ haben, sollen im folgenden aufgezählt und auf Grund der Untersuchungsergebnisse und der Auswertung einschlägiger Literatur charakterisiert werden.

a) *Agrostis tenuis*, Rotes Straußgras

Rotes Straußgras ist ein formenreiches Gras mit hoher Anpassungsfähigkeit an Boden und Klima. Es besitzt eine große ökologische Amplitude. Da es wenig gedüngten Boden bevorzugt, stellt es auch keine großen Ansprüche an seinen Nährstoffvorrat. Der Verbreitungsschwerpunkt liegt in kalkarmen, höheren Lagen auf mageren Sandböden bis zu besseren Lehm- und Tonböden. Auf Begrünungsflächen an Straßen setzt es sich überwiegend im Bereich saurer Böden (pH-Wert = 5,0) durch. Es wächst meist horstähnlich und bildet zahlreiche kurze, auf kalkarmen Böden auch längere, unterirdische Ausläufer.

Deshalb ist es gut zur Böschungssicherung geeignet. Die Wurzellängen können 50 cm Tiefe erreichen (SCHIECHTL 1973). Je tiefer die Lage, desto mehr werden nach KLAPP (1965) trockenere, arme, saure Böden bevorzugt. Je höher die Lage der Begrünungsflächen, desto höher steigen die Ansprüche an bessere Bodenverhältnisse. Ein Nachteil ist, daß die Keimpflanze sich anfangs nur langsam entwickelt (BERG 1971). Diese Gräserart ist daher nur in Mischungen verwendbar (BOEKER, mündlicher Hinweis).

b) *Brachypodium pinnatum*, Fiederzwenke

Die Fiederzwenke ist ein Ausläufergras trockener Magerstandorte und tritt fast nur in Kalkgebieten auf (KLAPP 1965), wo sie südexponierte Böschungen bevorzugt. Die günstigsten pH-Werte liegen etwa zwischen 6,0 und 8,0 (GRIME und LLOYD 1973). Die Fiederzwenke bildet lange unterirdische Ausläufer, von denen zahlreiche, stark verzweigte Seitenwurzeln ausgehen, die aber nicht übermäßig tief reichen (BORNKAMM 1958).

Daher hat sie einigen Wert als Bodenfestiger zur Festlegung trockener Böschungen (RAUSCHERT 1972).

c) *Bromus erectus*, Aufrechte Trespe

Hier handelt es sich um ein Gras mit lockeren Horsten, das zugleich auch ganz kurze Ausläufer besitzt (KLAPP 1965). Nach SCHIECHTL (1973) gilt die Aufrechte Trespe als Intensivwurzler und erreicht Wurzellängen bis 60 cm, nach BORNKAMM (1958) ein intensives Geflecht von Tiefwurzeln bis zu 70 cm Länge. Die Aufrechte Trespe wächst häufig auf kalkreichen, warmen Böden trockener Lagen (Lehm- und Kalkschotterböden). Sie ist empfindlich gegen Nässe, regenreiche Lagen und übermäßige Beschattung. Ihre höchste Konkurrenzfähigkeit liegt in wärmerem Klima auf flachgründigen Kalkböden. Hier setzt sie sich bei Begrünungsvorhaben auf sonnigen Böschungen durch, auf denen anspruchsvollere Gräser nicht mehr gedeihen können.

d) *Bromus inermis*, Wehrlose Trespe

Als „queckenartiges“ (KLAPP 1965) Ausläufergras ist die Wehrlose Trespe im Sinne eines Pioniergrases für die Anfangsstadien zur Festlegung von Böschungen zu nennen. Sie ist ein Kriechwurzler mit einer Massenwurzelerentwicklung nach WITTE (1929) bis 100 cm und einer maximalen Wurzellänge bis zu 228 cm. Die Wehrlose Trespe bevorzugt warme Sandböden und kalkhaltige Lehmböden. Auch steinige Böden und hohe Trockenheit und Kälte werden vertragen. See- und Gebirgsklimabereiche sagen ihr weniger zu. Im Untersuchungsgebiet tritt sie daher in den meisten Fällen in wenigen Jahren nach der Ansaat zurück. Das macht sie unter diesen Bedingungen als Pioniergras wertvoll.

e) *Deschampsia flexuosa*, Drahtschmiele

Als ein Horstgras mit zahlreichen Halmen durchwurzelt die Drahtschmiele den Boden bis in 100 cm Tiefe (SCHIECHTL 1973). Dies und ihre Trockenheitsresistenz verleihen ihr eine gewisse Bedeutung für Begrünungszwecke auf kalk- und nährstoffarmen Böden, die ihr auf meist rohhumusreichen Standorten besonders zusagen. Ihre bevorzugten pH-Werte liegen nach GRIME und LLOYD (1973) zwischen 3,0 und 4,5–5,0. Nach KLAPP (1965) ist die Drahtschmiele ein ausgesprochener Rohhumuszehrer. Sie leitet die Entwicklung von mildem Humus und seine Vermischung mit der Bodenoberschicht ein. Oft wandert sie auf den ihr zusagenden, bodensaureren Standorten von selbst in bestimmte Begrünungsflächen ein.

f) *Festuca ovina*, Schafschwingel

Der Schafschwingel ist ein Horstgras mit dichtem, halmreichen, im Freiland fast halbkugeligen Horsten (KLAPP 1965). Sein reichliches, fein verzweigtes Wurzelwerk erreicht Längen bis zu 50 cm (SCHIECHTL 1973). Auf trockenen bis dünnen, oft sauren aber auch neutralen, meist nährstoffarmen, ödlandartigen Standorten verschiedenster Bodenarten ist der Schafschwingel gut für Begrünungsvorhaben einzusetzen. Dies gilt besonders für die Standorte, von denen er durch anspruchsvollere Pflanzenarten nicht verdrängt werden kann. Nach GRIME und LLOYD (1973) erreicht *Festuca ovina* sein höchstes Auftreten auf Böschungen mit pH-Werten von 3,5–7,5. Infolge seines Horstwachses entsteht in Reinsaat keine dichte Rasennarbe. Dadurch wird in solchen Flächen der Gehölzanflug erleichtert. Düngung wirkt verdrängend auf den Schafschwingel, so daß sich dann auf seine Kosten andere Gräserarten besser entwickeln können. Im Untersuchungsgebiet wirkt sich die dem Schafschwingel zusagende Mittelgebirgslage auf sein Auftreten fördernd aus.

g) **Festuca tenuifolia, Haarfeiner Schwingel**

Diese nach HUBBARD (1968) und OBERDORFER (1970) als eigene Gräserart klassifizierte horstwüchsige Schwingelart ist infolge der flachen Wurzeln gut für die Begrünung flachgründiger Böschungen geeignet. *Festuca tenuifolia* kommt von Natur aus überwiegend auf trockenen, mageren und sauren Sandböden an Weg- und Waldrändern vor. Je extremer der Standort, desto höher ist oft der Anteil an *Festuca tenuifolia*. Erst nach Jahren geht dieses Gras mit zunehmender Boden-anreicherung und Bodenbildung auf den Böschungen zurück. In Reinkultur läßt die nicht geschlossene Narbe der Rasenfläche wie bei *Festuca ovina* leicht Gehölz-anflug zu.

h) **Festuca rubra commutata, Horstbildender Rotschwingel**

Diese Unterart des Rotschwingels zeichnet sich durch dichte Horstwüchsigkeit mit fehlenden (je nach Abstammung aber auch vorhandenen- sehr kurzen) Kriechtrieben aus. Der Horstrotschwingel erreicht Wurzeltiefen bis zu 50 cm. Im Gegensatz zu dem weniger trockenheitsresistenten Ausläufertreibenden Rotschwingel bevorzugt der Horstrotschwingel Magerrasen. Er ist besonders dürrefest und wenig anspruchsvoll an den Boden. Wegen der guten bodenfestigenden Eigenschaften und der Hauptverbreitung in Mittelgebirgslagen und im Bergland ist der Horstrotschwingel für Begrünungsvorhaben der Böschungen im Untersuchungsgebiet gut geeignet.

i) **Festuca rubra rubra, Ausläufertreibender Rotschwingel**

Diese Unterart des Rotschwingels besitzt die Eigenschaft, mehr oder weniger kräftige und weit streichende unterirdische Ausläufer zu bilden. Im Vergleich zum Horstrotschwingel ist der Ausläufertreibende Rotschwingel infolge seiner größeren Wüchsigkeit in der Lage, in Gemeinschaft mit anderen Gräsern Lücken in begrüneten Böschungen zu schließen. Er wurzelt bis 50 cm tief und gilt als guter Bodenfestiger. Er bevorzugt lockere, humose, weder sehr trockene noch staunasse Böden und stellt keine besonderen Ansprüche an Bodenreaktion und Nährstoffversorgung. Im allgemeinen bildet er den Hauptanteil in den Begrünungsmischungen. In Reinsaat ist der Ausläufertreibende Rotschwingel (mit Ausnahme weniger Zuchtsorten) im Gegensatz zum Horstrotschwingel nicht in der Lage, eine dichte Grasnarbe zu bilden. Sein häufigstes Auftreten liegt bei pH-Werten zwischen 4,0 und 8,0 (GRIME und LLOYD 1973).

k) **Lolium perenne, Deutsches Weidelgras**

Das Deutsche Weidelgras zählt zu den Horstgräsern, die durch verlängerte Wurzelstockglieder (KLAPP 1965) bei dichtem Stand zu einer geschlossenen Rasenbildung fähig sind. Im allgemeinen entsteht jedoch keine sehr dichte Grasnarbe. SCHIECHTL (1973) gibt für das Deutsche Weidelgras Wurzellängen bis zu 120 cm an. JAMIESON (1893), zitiert nach WITTE (1929), ermittelte für *Lolium perenne* einen Tiefgang bis zu 80 cm. Dies stimmt auch mit Angaben von KUTSCHERA (1960) überein. Das Deutsche Weidelgras ist ein wertvolles Gras des Flachlandes. In höheren Berglagen tritt es zurück. Es liebt frische bis feuchte, nur oberflächlich verdichtete Böden und ist für ausreichende Nährstoffversorgung dankbar. Für langfristige Begrünungsmaßnahmen ist es höchstens in niedrig bleibenden Zuchtsorten und in geringem Mischungsanteil geeignet, da es sonst verdrängend wirkt, insbesondere auf die wertvollen feineren, aber langsam auflaufenden Gräser. Auf

den Böschungen des Untersuchungsgebietes geht *Lolium perenne* nach einem Höhepunkt im ersten Jahr nach der Ansaat stets zurück. Es kann als ein Nachteil angesehen werden, daß es dann Lücken hinterläßt die gegebenenfalls von für die Böschungssicherung un erwünschten Pflanzenarten besiedelt werden. Wie die Verhältnisse bei Verwendung niedrig bleibender Zuchtsorten liegen, wurde auf Straßenböschungen noch nicht untersucht.

l) **Poa compressa, Plathalmrispengras**

Das Plathalmrispengras ist ein ausdauerndes, lockere Rasen bildendes Ausläufergras, das in sonnigen, trockenen Lagen für die Böschungsbegrünung Bedeutung erlangen kann.

HESMER und MEYER (1969) bezeichnen es als vorzügliches Pioniergras auf trockenen, kalkhaltigen Lehmböden. Es ist aber nicht nur an kalkhaltige Standorte gebunden, sondern gedeiht etwa im pH-Bereich von 5,5 bis 6,5 (BEARD 1973). Generell bevorzugt es nährstoff- und feinerdearme Böden (SCHIECHTL 1973).

m) **Poa nemoralis, Hainrispengras**

Das Hainrispengras ist ein ausdauerndes mittelgründiges flachwurzelndes Horstgras. Es bevorzugt Kalk- und Schieferböden und gilt als Lehmzeiger. An Böschungen findet es sich oft in der Nähe lockerer Gebüschgruppen. Es ändert stark ab und ist ein formenreiches Gras. Je nach Schattengrad, den es gut trägt, und Feuchtigkeitsgrad sind die Einzelpflanzen schwach oder kräftig entwickelt. Im Norden ist es mehr eine Waldpflanze, im Süden mehr eine Gebirgspflanze. Auch im Untersuchungsgebiet wurde es stellenweise auf sonnigen felsigen Böschungen offenbar in einer Unterart gefunden. Seine bodenbindende Wirkung ist beachtlich.

n) **Poa pratensis, Wiesenrispengras**

Die Wiesenrispe ist ein Ausläufergras mit mehr oder weniger langen unterirdischen Ausläufern. Ihre Wurzeln reichen bis 65 cm Tiefe, manchmal auch bis 100 cm (SCHIECHTL 1973, KUTSCHERA 1960). Die Wiesenrispe besitzt sehr fein verzweigte Wurzeln mit einem geringen Anteil an Durchlüftungsgewebe und einem hohen Anteil an Trockenschutzgewebe. Daher beansprucht sie lockere, gut durchlüftete Böden und erträgt andererseits gut größere Trockenheit. Je mehr das Wurzelsystem dem Sproßwachstum vorseilt, desto besser können die meisten Pflanzen trockene Standorte besiedeln. Mit guter Trockenheitsresistenz ist bei der Wiesenrispe auch eine hohe Hitzeresistenz gekoppelt. Ein Nachteil ist, daß die Wiesenrispe in den ersten Jahren nach der Ansaat leicht durch stärker wachsende Gräser verdrängt wird. Auch ist die Jugendentwicklung sehr langsam. Die Wiesenrispe meidet saure sowie kalte und staunasse Böden (RAUSCHERT 1972). Der günstigere pH-Wert liegt zwischen 5,0 und 8,0. Sie behauptet sich am ehesten bei höherem pH-Wert gegenüber den *Festuca*-Arten. Wertvoll ist ihre Befähigung zur Bildung eines dichten Rasens und zur Füllung von Lücken in Begrünungsflächen. Lockerer humoser, nicht zu armer und mehr neutraler Boden wird bevorzugt.

o) **Poa Pratensis ssp. angustifolia, Schmalblättrige Wiesenrispe**

Diese Unterart der Wiesenrispe mit ihren langen, schmalen, meist gefalteten und sich nur bei feuchtem Wetter öffnenden Blättern bevorzugt trockene bis trockenfeuchte Magerböden. Auch sie tritt erst nach mehreren Jahren, vom Zeitpunkt der Ansaat an gerechnet, in Erscheinung. Dafür ist sie ausgesprochen langlebig

und gut für langfristige Begrünungsvorhaben geeignet. Auch für extreme Standorte in kontinentalen Klimagebieten ist dieses Gras wertvoll (HANSEN 1962).

Aus der Artengruppe der Kräuter lassen sich zahlreiche Pflanzenarten für Begrünungsvorhaben heranziehen und hin und wieder auch empfehlen. Immer ist jedoch die Saatgutbeschaffung der begrenzende Faktor für eine Verwirklichung der Ansaat in größerem Ausmaß. Es wird deswegen hier nur auf zwei Kräuterarten eingegangen.

a) *Achillea millefolium*, Schafgarbe

Die Schafgarbe bevorzugt nährstoffreiche, nicht zu trockene aber auch nicht zu feuchte Lehm- und Sandlehmböden mit neutraler Bodenreaktion. Mit ihren Kriechwurzeln, die 10–90 (– 400) cm Länge erreichen, ist sie ein guter Bodenfestiger. Die Schafgarbe kann in lückigen Grasnarben auf lockeren Böden überhandnehmen. Die nach und nach erfolgende Bodenverfestigung wirkt dann wieder allmählich verdrängend auf die Schafgarbe ein (RAUSCHERT 1972). Damit ist sie im Sinne einer Pionierpflanze durchaus bei Begrünungsmaßnahmen auf lockeren oder klüftigen Böden verwendbar. Nach GRIME und LLOYD (1973) tritt sie am häufigsten im pH-Bereich zwischen 4,0 und 6,5 auf, ferner weniger häufig im pH-Bereich zwischen 7,0 und 7,5.

b) *Sanguisorba minor*, Kleiner Wiesenknopf

Ebenfalls eine Pionierpflanze auf Rohböden und in lückigem Magerrasen ist der kleine Wiesenknopf. Er ist nicht so streng auf kalkreichen Untergrund angewiesen, wie es oft den Anschein hat. Der bevorzugte pH-Bereich liegt zwischen 4,5 und 8,0. Der kleine Wiesenknopf findet sich verbreitet auf Straßenböschungen und sogar auf Geröllhalden, wo er eine gute schuttstauende Wirkung ausübt. Als Magerkeits- und Trockenheitszeiger tritt er in geschlossenem Halbtrockenrasen wieder etwas zurück.

Zu den wertvollen Pionierpflanzen bei der Begrünung extremer Standorte gehören viele Arten aus der Familie der Leguminosen. Im folgenden sollen abschließend noch einige wenige Leguminosen mit ihrem „Verbauwert“ beschrieben werden.

a) *Lotus corniculatus*, Hornklee

In trockenen, kurzrasigen Begrünungsflächen auf Böschungen wächst der Hornklee besonders gern. Er hat eine gewisse Vorliebe für kalkreichen Boden (pH-Bereich 5,8–7,0 nach LINSTOW 1929), fehlt aber keineswegs über sandigen Gesteinen (KRAUSE 1955). Er entwickelt eine über 100 cm lange Pfahlwurzel, die im oberen Teil mehrere seitlich verlaufende Seitenwurzeln ausbildet (SCHIECHTL 1973, KUTSCHERA 1960). Nach CAPUTA soll *Lotus corniculatus* besonders gut auf mageren Böden gedeihen. CAPUTA (1948) gibt weiterhin an, daß *Lotus corniculatus* in Ansaatmischungen gemeinsam mit *Agrostis tenuis*, *Festuca rubra* und *Poa pratensis* in seiner Entwicklung begünstigt würde. Aus Sicherheitsgründen kann auf extremen Standorten der trockene Lagen liebende Hornklee mit angesät werden, um auch dann eine grüne Böschung zu haben, wenn ein Trockenjahr nach der Ansaat folgt. Dies bestätigen auch die Untersuchungsergebnisse.

b) *Medicago lupulina*, Hopfenklee, Gelbklee

Der Hopfenklee hat das Schwergewicht seiner Verbreitung auf druchlässigen Kalkböden. Er ist jedoch keine ausgesprochene Kalkpflanze und gedeiht auch auf sandigen, steinigen oder reinen Lehmböden. Trotz seiner dünnen Pfahlwurzel ist er eine bis in 50 cm Tiefe wirkende Pionierpflanze (OBERDORFER 1970). Zu kalkarme, nasse und saure Böden werden gemieden. Ältere

Pflanzen werden durch Feuchtigkeit allerdings auffallend gefördert, wie bei den Vegetationsaufnahmen mehrfach festgestellt werden konnte. Seine Schnellwüchsigkeit ist für eine rasche Begrünung nützlich, zumal er dabei trotzdem nicht die mit ihm angesäten Pflanzen unterdrückt (PETERSEN 1967).

c) *Onobrychis viciifolia*, Esparsette

Die Esparsette wurzelt unter allen hier aufgeführten Pflanzenarten am tiefsten. SCHIECHTL (1973) gibt 100–400 cm an. Ihre Wurzeln haben auch zugleich eine hohe Zugfestigkeit. Bereits an einzelnen, nur 3 mm starken Wurzeln der Luzerne maß SCHIECHTL eine maximale Zugfestigkeit von 665 kg/cm². Ähnliche Werte mögen für die Esparsette gelten. Sie ist deshalb für lehmige und klüftige Kalkgesteinsverwitterungsböden ein Rohbodenpionier ersten Ranges. Auf extremen Standorten in Gebirgslagen sollte bei Begrünungen nicht auf sie verzichtet werden. Sie ist resistent gegen Sommertrockenheit und als Stickstofflieferant zusätzlich wertvoll für die Bodenverbesserung.

2.2 Geeignete Arten für überwiegend pflegearme Begrünungsmaßnahmen

Auf erosionsgefährdeten Böden muß mit der Böschungsbegrünung gleichzeitig eine Böschungssicherung verbunden werden. Es ist dann notwendig, gleichzeitig Pflanzenarten zum Beispiel aus der Artengruppe der Leguminosen mit anzusäen, die mit ihren Wurzeln mehr Gewähr für eine feste Verankerung bieten als manche Gräserarten unter extremen Bedingungen.

Anders sind die Verhältnisse zu beurteilen, wenn das Schwergewicht bei der Begrünung auf der Erzielung eines pflegearmen Rasens liegt. Es muß hier allerdings vorausgeschickt werden, daß man – streng genommen – sich einen derartigen Rasen im Prinzip nur auf Böschungen leisten kann, auf denen im allgemeinen keine oder allenfalls nur geringe Erosionsgefahr besteht. Dann entfallen für einen pflegearmen Rasen in der Ansaatmischung von vornherein alle hochwüchsigen Gräser (Obergräser) sowie eventuelle Leguminosen- oder sonstige Kräuterarten.

Vier wesentliche Forderungen bleiben übrig, die an den pflegearmen Rasen gestellt werden: Dichter und niedrig bleibender Wuchs, Widerstandsfähigkeit gegen Umwelteinflüsse, Regenerationsfähigkeit und Schutz vor dem Überhandnehmen der für die Böschungsbegrünung unerwünschten Pflanzenarten. Diese Forderungen werden heutzutage unter den Rasengräsern von Zuchtsorten erfüllt. Wenn ein Teil der späteren Pflegekosten durch die Wahl der entsprechenden Ansaatmischung gespart werden kann, dann rechtfertigt dies unter Umständen auch die Verwendung teurer Zuchtsorten für die Rasensaat. In der Regel muß aber von Fall zu Fall immer wieder entschieden werden, ob man einen möglichst artenarmen pflegeextensiven Rasen erzielen will, oder ob die dem Rasen zugeordneten Aufgaben mit dem Schwergewicht auf der Böschungssicherung liegen und die gleichzeitige Ansaat einiger Pioniergräser und -kräuter mit erforderlich machen.

Eine pflegeextensiver Rasen setzt sich am günstigsten nur aus den Gräserarten *Festuca rubra commutata*, *Festuca rubra rubra*, *Festuca ovina*, *Festuca tenuifolia* und *Agrostis tenuis* zusammen, die je nach den Standortverhältnissen in ihren prozentualen Mischungsanteilen an der Ansaat unterschiedlich beteiligt werden können. Auf lockeren, nährstoffreichen Böden mit neutraler bis basischer Bodenreaktion kann als weitere Gräserart *Poa pratensis* mit in die Mischungen einbezogen werden. Dafür können dann gegebenenfalls *Festuca ovina*

Tabelle 6

Vertretung der Arten in den Ansaatmischungen für Böschungen auf B = BUNTSANDSTEIN, K = KALKGESTEIN, S = SCHIEFER, GRAUWACKE und in der Gesamtansaat G in durchschnittl. Gewichtsprozenten

Arten	β B	β K	β S	β G
Gräser				
agropyron repens	0,00	0,19	0,00	0,04
agrostis gigantea	2,00	0,00	0,48	0,55
agrostis stolonifera	2,47	4,30	3,72	3,72
agrostis tenuis	9,03	7,32	6,46	6,89
bromus erectus	0,83	0,21	2,19	1,65
bromus inermis	2,47	2,34	0,98	1,39
cynodon dactylon	0,00	0,66	1,02	0,86
cynosurus cristatus	1,33	0,00	0,41	0,42
dactylis glomerata	0,00	1,32	1,99	1,68
deschampsia flexuosa	0,00	0,53	0,87	0,72
festuca arundinacea	0,00	0,00	0,22	0,15
festuca ovina	21,07	18,72	18,63	18,90
festuca tenuifolia	6,90	7,11	7,55	7,34
festuca pratensis	0,00	2,26	0,73	0,93
festuca rubra commutata	1,50	6,79	3,01	3,59
festuca rubra rubra	16,50	12,49	11,54	12,19
holcus lanatus	0,00	0,30	0,40	0,34
liolium perenne	6,07	6,43	5,40	5,62
poa annua	0,50	1,25	1,26	1,20
poa compressa	0,00	1,13	0,65	0,66
poa nemoralis	1,33	2,38	2,80	2,57
poa pratensis	6,97	3,36	3,24	3,66
poa trivialis	5,50	1,53	0,91	1,54
Kräuter				
chililla millefolium	1,50	1,60	1,95	1,84
chrysanthemum leucanthemum	0,43	0,09	0,10	0,13
digitalis purpurea	0,40	0,08	0,09	0,12
hieracium spec.	0,00	0,04	0,00	0,01
hypericum perforatum	0,00	0,00	0,01	0,01
imipinella saxifraga	0,20	0,04	0,04	0,06
lantago lanceolata	0,20	0,30	0,45	0,40
salvia pratensis	0,40	0,08	0,09	0,12
sanguisorba minor	2,93	3,40	4,93	4,43
Leguminosen				
anthyllus vulneraria	1,00	0,91	1,37	1,24
lotus corniculatus	1,30	2,53	2,97	2,70
medicago lupulina	0,07	0,04	0,09	0,08
mobyrychia vicifolia	0,00	0,02	0,00	0,00
trifolium dubium	0,20	1,51	2,31	1,94
trifolium repens	1,60	2,25	1,06	1,35
trifolium polyphyllum	2,40	2,09	3,96	3,44
Lehölze				
linus incana	0,00	0,26	0,37	0,32
carpinus betulus	0,00	0,66	0,91	0,79
runus serotina	0,00	0,40	0,55	0,47
rosa canina	1,13	0,77	1,10	1,04
tubus fruticosus	0,73	0,55	0,74	0,69
sambucus racemosa	0,00	0,13	0,18	0,16
sarothamnus scoparius	1,03	1,64	2,31	2,05

Zur Frage der Saatgutkosten ist folgendes zu bemerken: Das billigste Saatgut sind die Gräser. Dann folgen die Leguminosen. Doppelt so teuer wie das Saatgut der Leguminosen ist im allgemeinen das Saatgut für die in den ermittelten Rasenmischungen zusätzlich verwendeten Gehölzarten. Die Kräuter übertreffen kostengünstig alle anderen Artengruppen bei weitem.

3.2 Vorschläge für die Zusammensetzung von Rasenmischungen zur Begrünung und Sicherung von Böschungen in Abhängigkeit vom Standort

Falls nicht besondere Bauweisen des Lebendverbauens erforderlich sind, wird die Begrünung von Straßenböschungen am schnellsten mit Hilfe der Rasenansaat erreicht. Sie hat die Entwicklung einer ausdauernden Narbe aus nicht verholzenden Pflanzen, also aus Gräsern und Kräutern zum Ziel. Diese Grasnarbe soll nicht allein den Boden decken und oberflächlich schützen, sondern sie soll ihn auch durch die Entwicklung eines kräftigen weit ausstreichenden Wurzelgeflechtes rasch binden.

Die Forderungen, die an die Zusammensetzung der Rasenmischungen gestellt werden, können unterschiedlich sein:

a) Liegt das Schwergewicht der Begrünung auf einem pflegearmen Rasen, dann sollten überwiegend niedrig bleibende und gedungen wachsende Gräserarten angesät werden, gegebenenfalls unter Verwendung entsprechender Zuchtsorten.

b) Liegt das Schwergewicht der Begrünung auf der Böschungssicherung unter extremen Standortbedingun-

gen, dann müssen zu den vorgenannten Gräserarten auch rasch wachsende, tief wurzelnde Gräser sowie gegebenenfalls auch Leguminosen- und andere Kräuterarten hinzukommen. Sie üben eine Schutzwirkung zu Gunsten der in ihrem Anfangsstadium empfindlichen vorgenannten Gräserarten aus. Besonders auf stark erosionsgefährdeten Böden ist die gleichzeitige Ansaat von sogenannten „Pionierpflanzen“ von Vorteil. Hierzu gehören vor allem die Leguminosenarten. Sie besitzen gegenüber den Gräsern ein besseres Aufschließungsvermögen für schwer lösliche Nährstoffe und damit eine hohe „Aufbaukraft“ (SCHIECHTL), obwohl sie allgemein ein weniger intensiv ausgeprägtes Wurzelsystem haben (KAUTER, 1933). Wesentlich ist aber, daß ihre Wurzelbildung vor allem in tieferen Schichten viel weiter reicht als die der Gräser.

c) Wird sowohl auf die Erzielung eines absolut pflegearmen Rasens, als auch auf Erosionsschutz und Böschungssicherung besonderer Wert gelegt, dann ist das Ziel der Begrünung ein pflegeextensiver Magerrasen. Die anzusäenden Pflanzenarten sollen möglichst niedrig bleiben. Sie sollen befähigt sein, den Boden dicht zu durchwurzeln oder mit Rhizomen zu durchziehen. Zur Erzielung eines Magerrasens ist es zweck-

Tabelle 7

Durchschnittliche flächendeckende Verteilung der angesäten Arten auf 273 Straßenböschungen (im Durchschnittsalter von 5,3 Jahren) mit bekannter Ansaatmischung nach Gewicht des angesäten Saatgutes und Flächendeckung der Pflanzen in Prozenten.

GRÄSER		
Art	Saatgewicht in %	Flächendeckung in %
AGROPYRON REPENS	0,04	0,22
AGROSTIS GIGANTEA	0,55	0,15
AGROSTIS STOLONIFERA	3,72	0,04
AGROSTIS TENUIS	6,89	8,99
BROMUS ERECTUS	1,65	1,48
BROMUS INERMIS	1,39	0,48
CYNODON DACTYLON	0,86	0,00
CYNOSURUS CRISTATUS	0,42	0,04
DACTYLIS GLOMERATA	1,68	3,19
DESCHAMPSIA FLEXUOSA	0,72	2,37
FESTUCA ARUNDINACEA	0,15	0,01
FESTUCA OVINA	18,90	11,85
FESTUCA PRATENSIS	0,93	0,00
FESTUCA RUBRA COMM.	3,59	0,00
FESTUCA RUBRA RUBRA	12,19	21,72
FESTUCA TENUIFOLIA	7,34	14,64
HOLCUS LANATUS	0,34	1,61
LOLIUM PERENNE	5,62	1,03
POA ANNUA	1,20	0,08
POA COMPRESSA	0,66	0,02
POA NEMORALIS	2,57	3,93
POA PRATENSIS	3,66	0,29
POA TRIVIALIS	1,54	0,39

Anmerkung: FESTUCA RUBRA COMMUTATA wurde bei der Bestandsaufnahme nicht als eigene Art aufgenommen, sondern unter FESTUCA RUBRA RUBRA mit erfaßt.

Fortsetzung der Tabelle 7 Seite 20 oben

KRÄUTER	LEGUMINOSEN	GEHÖLZE
A r t	Saatgewicht in %	Flächen- deckung in %
K R Ä U T E R		
ACHILLEA MILLEFOLIUM	1,84	3,64
CHRYSANTHEMUM LEUC.	0,13	0,66
DIGITALIS PURPUREA	0,12	0,16
HYPERICUM PERFORATUM	0,01	0,30
PIMPINELLA SAXIFRAGA	0,06	0,01
PLANTAGO LANCEOLATA	0,40	0,39
SALVIA PRATENSIS	0,12	0,01
SANGUISORBA MINOR	4,43	2,96
L E G U M I N O S E N		
ANTHYLLIS VULNERARIA	1,24	0,72
LOTUS CORNICULATUS	2,70	3,30
LUPINUS POLYPHYLLUS	3,44	2,47
MEDICAGO LUPULINA	0,08	0,12
ONOBRYCHIS VICIIFOL.	0,004	0,20
TRIFOLIUM DUBIUM	1,94	0,29
TRIFOLIUM REPENS	1,35	0,29
G E H Ö L Z E		
ALNUS INCANA	0,32	0,00
CARPINUS BETULUS	0,79	0,00
PRUNUS SEROTINA	0,47	0,00
ROSA CANINA	1,04	0,26
RUBUS FRUTICOSUS	0,69	0,12
SAMBUCUS RACEMOSA	0,16	0,00
SAROTHAMNUS SCOPAR.	2,05	2,82

mäßig, sich nicht ausschließlich auf die wichtigsten Gräserarten mit geringer Wuchseistung und Wuchshöhe zu beschränken, sondern es sollten auch einige wenige, in ihrem Habitus niedrig bleibende Leguminosen- und sonstige Kräuterarten gleichzeitig mit angesät werden. Bei ihrer Auswahl sind allerdings die jeweils herrschenden Bodenverhältnisse (Bodenstruktur, pH-Wert, Nährstoff- und Wasserversorgung) zu beachten.

d) Schließlich bleibt als eine weitere Version der Rasenansaat noch der Versuch, vielfältige Mischungen aus Gräser-, Kräuter- und Leguminosenarten je nach den Besonderheiten des Standortes anzusäen. Unsere heutige Landschaft zeichnet sich durch eine rasche Verarmung ihrer früheren Vielfältigkeit aus. Insbesondere durch die Intensivierung der Landwirtschaft gehen Jahr für Jahr mehr Pflanzen- und Tierarten verloren. Hier können Autobahn- und Straßenböschungen einen Ersatzdienst leisten, indem sie beispielsweise einen vielgestaltigen Magerrasen möglichst schon vom Zeitpunkt ihrer Entstehung an aufnehmen. Dieser Magerrasen ist nicht nur „biologisch wertvoll“, sondern auch einfach zu unterhalten (LANDOLT). Es ist jedoch – wie in dieser Untersuchung festgestellt werden konnte – kaum möglich, einen derartigen Rasen von Anfang an durch Ansaat einer entsprechenden Rasenmischung zu erzielen. Denn die durch den Erdbau neu gegründeten Standorte weichen in ihren Gegebenheiten zwangsläufig zunächst stark von ihrer näheren Umgebung ab. Die Vegetation der naturnahen Standorte in der Nachbar-

schaft kann daher nicht der alleinige Maßstab für die Pflanzenwahl zur Begrünung und Sicherung der anzusäenden Standorte seien. Alle künstlich angesäten Pflanzenarten unterliegen einer den Umweltbedingungen entsprechenden besonders strengen natürlichen Auslese. So wird erst durch den Wettbewerb um Licht, Wasser, Nährstoffe und durch weitere, raumgebundene Lebensbedingungen der angesäten Arten der sich entwickelnde Pflanzenbestand geprägt (GATTIKER 1971).

Werden die angelegten Rasenflächen nicht gemäht und auch keiner chemischen Behandlung zur Wuchshemmung unterzogen, dann samen sich nach geraumer Zeit bei günstiger Einstellung der Standortverhältnisse allmählich Bäume und Sträucher an. Je nach der angrenzenden Landnutzung (Wald, Wiese Ackerland, Ödland etc.) setzt dann nach und nach mehr oder weniger schnell eine Entwicklung zu einer Waldgesellschaft ein, die in unseren Klimazonen den jeweils natürlichen Bestand darstellt.

Am zweckmäßigsten ist es, für die Rasenansaat Arten auszuwählen, die sich auf den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Flächen mit den höchsten flächendeckenden Anteilen durchgesetzt haben. Aus Tabelle 7 ist ersichtlich, daß es sich dabei um folgende Arten handelt: *Festuca rubra* mit seinen Unterarten, *Festuca tenuifolia*, *Festuca ovina*, *Agrostis tenuis*; ferner *Bromus erectus*, *Dactylis glomerata*, *Deschampsia flexuosa*, *Poa pratensis*, *Achillea millefolium*, *Sanguisorba minor* und *Lotus corniculatus*. Von den nicht angesäten Arten wäre für bestimmte Standorte noch *Brachypodium pinnatum* zu erwähnen. *Poa pratensis*, das sich auf den Untersuchungsflächen nur mäßig bewährt hat, wird immer wieder wegen seiner guten rasenbildenden Eigenschaften zur Verwendung in Böschungsrasen empfohlen. Leider ist es nur in wenigen Ansaatmischungen des Untersuchungsgebietes enthalten. Gleiches gilt für die Unterart *Poa pratensis* ssp. *angustifolia*, die zwar auf verschiedenen Böschungen gefunden wurde, aber nicht angesät worden ist.

Will man den Gesichtspunkt eines pflegearmen Rasens nicht außer acht lassen, dann ergibt sich aus den vorliegenden Untersuchungen folgende Standard-Rasenmischung für die Böschungsbegrünungen im Untersuchungsgebiet der Eifel und des Bergischen Landes:

Standard-Rasenmischung

Gräserarten	Gewichtsprozente
<i>Festuca rubra rubra</i>	40–50 %
<i>Festuca rubra commutata</i>	30–40 %
<i>Festuca ovina</i>	5–10 %
<i>Festuca tenuifolia</i>	5–10 %
<i>Agrostis tenuis</i>	5–10 %

Diese Standard-Rasenmischung eignet sich besonders für die in der überwiegenden Zahl im Untersuchungsgebiet vorkommenden Grauwacke- und Schieferböden. Bei von vornherein in einer bodenständigen Rasenmischung angesäten Böschungsflächen erreicht man von Anfang an eine gute Zustandsstufe des Böschungsrasens, obwohl für die endgültige Artenzusammensetzung die bei der Anlage gewählte Artenzusammensetzung nicht ausschlaggebend ist. Dennoch kann es zweckmäßig sein, für Böschungen auf Buntsandstein oder Kalkgestein etwa folgende Abwandlung der Standardmischung vorzunehmen:

Rasenmischung für Buntsandstein

Gräserarten	Gewichtsprozent
<i>Festuca rubra rubra</i>	20–30 %
<i>Festuca rubra commutata</i>	30–40 %
<i>Festuca ovina</i>	30–40 %
<i>Agrostis tenuis</i>	5–10 %

Rasenmischung für Kalkgestein

Gräserarten, Kräuter- u. Leguminosenarten	Gewichtsprozent
<i>Festuca rubra rubra</i>	25–30 %
<i>Festuca rubra commutata</i>	35–40 %
<i>Festuca ovina</i> (Unterarten)	10–15 %
<i>Agrostis tenuis</i>	5–10 %
<i>Poa pratensis</i>	5–10 %
<i>Sanguisorba minor</i>	2– 5 %
<i>Lotus corniculatus</i>	2– 5 %

Im allgemeinen wird es genügen, durch Einbringen derjenigen Arten, die sich am ehesten auf den untersuchten Böschungen durchgesetzt haben, die Entwicklung der gewünschten standortgemäßen Pflanzengesellschaft einzuleiten. Für einige spezielle Standorte können außerdem die Rasenmischungen durch einige Arten mit besonderer Eignung für den jeweils herrschenden Bodenwasserhaushalt, die Bodenstruktur, die Bodenreaktion oder das Mikroklima ergänzt werden. BOEKER (mündlicher Hinweis) empfiehlt, für spezielle Standorte bis zu 20 % der hier angegebenen Standard-Rasenmischung durch andere Arten zu ersetzen, die den besonderen Anforderungen des jeweiligen Standortes gerecht werden. Außerdem ist es ratsam, bei der Verwendung von mehr als 30% einer Gräserart aus Sicherheitsgründen für ein besseres Auflaufen der Saat jeweils zwei Sorten dieser Art der Rasenmischung beizugeben.

Sollten darüber hinaus in Einzelfällen spezielle Zusammenstellungen von Rasenmischungen erforderlich werden, so ist ein Fachmann auf diesem Gebiete zu Rate zu ziehen. Es müssen nicht nur die zueinander passenden Mischungspartner gefunden werden, sondern die ausgewählten Pflanzen müssen auch im richtigen Verhältnis zueinander gemischt werden, zum Beispiel unter Beachtung ihres Verdrängungsvermögens (Konkurrenzskraft), ihrer Korngröße, ihrer Keimschnelligkeit und des Gebrauchswertes des Saatgutes (EISELE 1967). Handelt es sich bei der Artenwahl um die Nutzung von Zuchtsorten der Rasenpflanzen, so sollte man ihre besonderen Eigenschaften auch hinsichtlich ihrer Bewässerung auf extremen Standorten genau kennen, bevor an eine Verwendung für die Böschungsbegrünung zu denken ist.

4. Schlußbetrachtung

Ökologisch gesehen sind die Gräser eine der erfolgreichsten Pflanzengruppen, da sie sich in vielen Arten den meisten Standorten einschließlich trockener, feuchter, kalter und windexponierter Extreme angepaßt haben und eine weite Amplitude ungünstiger Bodenbedingungen ertragen können (BARNARD 1964). Wegen ihrer allgemein kurzen Lebensspanne geben sie im Rasen gemeinsam mit den Kräutern schneller die gegenwärtigen ökologischen Bedingungen wieder als langlebige Bäume oder Sträucher.

Bei einer Rasendecke herrscht wesentlich früher ein dynamischer Gleichgewichtszustand zwischen der

Pflanzengesellschaft und dem Komplex der Standortfaktoren im Vergleich zu Gehölzpflanzungen. Deshalb eignet sich eine Rasenfläche auch besser für relativ kurzfristige Untersuchungen hinsichtlich ihrer Entwicklungstendenzen auf unterschiedlichen Standorten.

Dabei sollte es eine wichtige Aufgabe des Menschen sein, für die Neuanlage von Rasenflächen durch die Wahl des geeigneten Saatgutes die von ihm erkannten natürlichen Gegebenheiten des Standortes mit den Gesetzmäßigkeiten der Vegetation von Anfang an in seinen Dienst mit einzuspannen. Dadurch werden die lebendigen Kräfte der Natur von vornherein für eine nachhaltige Sicherung der Straßenböschungen und ihre dauerhafte Begrünung vom Menschen mobilisiert. In der hier geschilderten Arbeit wurden die Möglichkeiten hierzu aufgezeigt.

Literatur

- AICHELE, D. und H.-W. SCHWEGLER, 1969: Unsere Gräser, Stuttgart.
- BARNARD, C., 1964: Grasses & Grasslands, London, Melbourne.
- BEARD, J. B., 1973: Turfgrass Science and Culture, Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.
- BERG, B., 1971: Merkmale der Grasfrüchte. In: Das Gartenamt, 20., 332–336.
- CAPUTA, J., 1948: Untersuchungen über die Entwicklung einiger Gräser- und Kleearten in Reinsaat und Mischung. Diss. ETH Zürich.
- BORNKAMM, R., 1958: Standortbedingungen und Wasserhaushalt von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion) im oberen Leinegebiet. In: Flora, Jena, 146 23–67.
- DUTHWEILER, H., 1967: Lebensbau an instabilen Böschungen. Erfahrungen und Vorschläge. In: Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen, N. F., H. 7, Bad Godesberg.
- EISELE, CH., 1967: Extensivrasen-Magerrasen. In: Garten und Landschaft 77, 46–47.
- GATTIKER, E. H., 1971: Extensiv-Grünflächen und ihre Entwicklung. In: Neue Landschaft, 16, 615–620.
- GRIME, J. P. und P. S. LLOYD, 1973: An Ecological Atlas of Grassland Plants, London.
- HANSEN, R., 1962: Rasenanlage und -pflege. In: Garten und Landschaft, 72, 29–46.
- HESMER, H. und J. MEYER, 1969: Waldgräser. 4. Aufl., Hannover.
- HUBBARD, C. E., 1968: Grasses. Penguin Books, 2. Aufl.
- KAUTER, A., 1933: Beiträge zur Kenntnis des Wurzelwachstums der Gräser. Diss. ETH Zürich.
- KLAPP, E., 1965: Taschenbuch der Gräser, 9. Aufl., Berlin und Hamburg.
- KRAUSE, W., 1955: Wiesenkräuter geben Auskunft. Donauessingen.
- KUTSCHERA, L., 1960: Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. Frankfurt am Main.
- LANDOLT, E., o. J.: Bedeutung und Pflege von Biotopen, Manuskript, Zürich.
- LARCHER, W., 1973: Ökologie der Pflanzen. Stuttgart.
- LINSTOW, D. von, 1929: Bodenanzeigende Pflanzen. Abhandlungen Preuß. Geol. Landesanst., N. F. 114.
- MADISON, J. H., 1971: Principles of Turfgrass Culture. New York, Toronto, Melbourne.
- OBBERDORFER, E., 1970: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland, 3. Aufl., Stuttgart.
- PETERSEN, A., 1967: Klee- und Kleeartige als Kulturpflanzen, Wildpflanzen und Unkräuter auf Acker, Wiese und Weide, 2. Aufl. Berlin.
- PFLUG, W., 1971: Die Pflanze als Baustoff im Bereich des Straßenbaus. In: Lebender Baustoff – Pflanze. BDLA-Heft 11, München.
- RAUSCHERT, S., 1972: Wiesen- und Weidepflanzen. 3. Aufl., Radebeul.
- RÜMLER, R., 1974: Zur Entwicklung von Rasenansaat und ihrer Bedeutung für die ingenieurbioökologische Sicherung von Straßenböschungen. Diss. TH Aachen.
- SCHIECHTL, H. M., 1973: Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau, München.
- SCHMIDT, G., 1969: Vegetationsgeographie auf ökologisch-soziologischer Grundlage, Leipzig.
- TROUGHTON, A., 1957: The Underground Organs of Herbage Grasses. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks., Great Britain.
- WEISK, F., 1929: Untersuchungen über den Einfluß der Bodenreaktion auf die Entwicklung der Wiesenpflanzen. In: Landwirtsch. Jb., 70, 191–199.
- WITTE, K., 1929: Beitrag zu den Grundlagen des Grasbaues. Diss. Bonn-Poppelsdorf.

Verfasser: Dr.-Ing. Ruprecht Rümmler, Landschaftsverband Rheinland, Abteilung Straßenbau, Kennedy-Ufer 2, 5000 Köln 21.

Untersuchungen zur Entwicklung von Rasenansaat an Autobahnen

W. Trautmann und W. Lohmeyer, Bonn

Zusammenfassung

1970 wurden auf Seitenstreifen von Autobahnen im Rheinischen Schiefergebirge und bei Darmstadt 28 Probeflächen von 2 m x 2 m eingerichtet, um die Veränderungen der Pflanzenartenbestände von der Ansaat der Rasenmischung bis zur Bildung der Grasnarbe längerfristig (1970–1976) zu verfolgen. An den untersuchten Strecken wurden 12 Rasenmischungen mit 15 Grasarten eingesät. Die Böden sind sehr unterschiedlich und reichen vom Sand über sandigen Lehm bis zu Lehm und flachgründigem Gestein. Von ausgesäten Grasarten sind entsprechend ihrer Saatstärke 1970–1976 gut vertreten: *Festuca rubra* (Ausnahme: auf Sandboden), *Festuca ovina* und *Dactylis glomerata*. Von 1970 bis 1976 zeigen folgende Arten einen starken Rückgang: *Agrostis tenuis*, *Lolium perenne* und *Phleum pratense*. Alle anderen Grasarten sind von 1970 bis 1976 trotz Aussaat nicht vorhanden oder stark unterrepräsentiert. Dazu gehören vor allem die *Poa*-Arten, *Agrostis alba* und *Deschampsia flexuosa*.

Summary

Twenty-eight plots, each 2 m x 2 m, were established in 1970 on the verges of motorways (Autobahnen) in the Rheinische Schiefergebirge and near Darmstadt, to show, over a period of several years (1970–1976), the changes in species composition in turfgrass mixtures from seeding to the achievement of a mature grass sward. Soils differed considerably, ranging from sand over sandy loam, to loam and shallow stony soil.

Of the grass species sown on the verges, the following maintained their sown proportions satisfactorily from 1970 to 1976: *Festuca rubra* (except on sandy soils), *Festuca ovina* and *Dactylis glomerata*. The following species decreased considerably during the same period: *Agrostis tenuis*, *Lolium perenne* and *Phleum pratense*. All other sown grass species either never appeared or were only very poorly represented. This applies particularly to the *Poa* species, *Agrostis alba* and *Deschampsia flexuosa*.

Résumé

En 1970 on a aménagé sur les bas côtés d'autoroutes dans le Massif schisteux rhénan et autour de Darmstadt 28 surfaces d'essai de 2 m sur 2 pour étudier les modifications parmi les diverses espèces végétales sur un mélange de gazon jusqu'à la formation de la couche herbeuse. On a utilisé sur les parcours étudiés 12 mélanges de semences à gazon composés de 15 espèces d'herbes différentes. Les sols sont très divers et vont du sable à l'argile et à la roche sous-jacente en passant par l'argile sableux.

Parmi les espèces ensemencées les suivantes sont bien représentées entre 1970 et 1976 et en proportion de leur pourcentage dans la semence: *Festuca rubra* (sauf sur les sols sablonneux), *Festuca ovina* et *Dactylis glomerata*. Les espèces suivantes diminuent considérablement entre 1970 et 1976: *Agrostis tenuis*, *Lolium perenne* et *Phleum pratense*. Toutes les autres espèces d'herbes, bien qu'elles aient été semées, ne sont pas du tout ou seulement très peu représentées entre 1970 et 1976. Il s'agit surtout des espèces *Poa*, d'*Agrostis alba* et de *Deschampsia flexuosa*.

Beim Bau und Ausbau der Autobahnen entstehen große vegetationsfreie Flächen, die rasch begrünt werden müssen, um Erosionsschäden zu verhindern. Zur Bildung einer dauerhaften Vegetationsdecke werden neben Gehölzen auch Rasen verwendet. Diese Rasen sollen niedrigwüchsig sein und nur geringer Pflege bedürfen, um den Kostenaufwand ihrer Bewirtschaftung gering zu halten. Aus dieser Forderung ergibt sich, daß massenreiche Gräser des Wirtschaftsgrünlandes wie *Arrhenatherum elatius*, *Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata* und andere für Ansaatmischungen an Autobahnen nicht geeignet sind. Für Landschaftsrasen passende Grasarten finden sich eher in extensiv bewirtschafteten Magerrasen oder Wildrasen (BOEKER 1970).

Da bis vor kurzem nur wenige längerfristige Beobachtungen über die Entwicklung von Rasenansaat vorlagen, wurden 1970 an den Seitenstreifen verschiedener westdeutscher Autobahnen 28 Rasenprobeflächen eingerichtet (TRAUTMANN 1972). Der Pflanzenbestand dieser Flächen wurde zwischen 1970 und 1976 jährlich untersucht. Ziel der Untersuchung war es, die floristischen Veränderungen der Rasen von der Ansaat bis zur Bildung einer Grasnarbe zu verfolgen und dabei zu ermitteln, welche der angesäten Grasarten sich über eine längere Periode hin durchsetzen würden. Das Ergebnis sollte einen Beitrag zur Eignung von Grasarten für Landschaftsrasen liefern.

Die Größe der Probeflächen betrug einheitlich 2 m x 2 m. Sie wurden so ausgesucht, daß sie repräsentativ für größere Flächen, möglichst für längere Streckenabschnitte, sind. Bevorzugt wurden Strecken mit jungen Ansaaten, um die Rasenentwicklung von Anfang an verfolgen zu können (vgl. Tabelle 1). In die engere Wahl kamen nur Flächen, von denen man annehmen konnte, daß sie vor Zerstörung durch Befahren, Bepflanzung,

Neuanlage u. a. einigermaßen sicher waren. Sie wurden daher meist an Böschungsunterhängen unterhalb der mit Gehölzen bepflanzten Bereiche und einige Meter von der Fahrbahn entfernt angelegt. Bankette und fahrbahnahe Streifen, die fast immer mit Wachstumsregulatoren behandelt werden, sind unberücksichtigt geblieben. Trotzdem ließ sich nicht verhindern, daß ein Viertel der Probeflächen im Verlauf der Untersuchungsperiode aus verschiedenen Gründen zerstört wurde, so daß von den 1970 angelegten 28 Quadraten 1976 nur noch 21 erhalten waren.

Die 28 Probeflächen verteilen sich auf drei Autobahnstrecken: 10 liegen an der A 45 zwischen Dortmund und Lüdenscheid, 13 an der A 3 Köln-Frankfurt und 5 an der A 60 und A 5 im Raum Darmstadt. Die beiden durch das Rheinische Schiefergebirge verlaufenden Strecken zeichnen sich durch ziemlich nährstoffarme, sandig-lehmige Böden, häufig mit hohem Stein- und Grusgehalt, und ein relativ niederschlagsreiches Klima aus, während für die Darmstädter Strecke durchlässige Sandböden und geringe Niederschläge charakteristisch sind. Bei den jährlichen Pflanzenbestandsaufnahmen wurden neben dem Vorkommen der Arten auch die Mengenverhältnisse – Deckung in Prozent oder nach der Braun-Blanquet-Skala – notiert.

Nach den Angaben der Autobahnämter sind im Bereich der untersuchten Strecken 12 Rasenmischungen mit insgesamt 15 Grasarten und 10 Krautarten angesät worden. Im folgenden wird nur auf das Verhalten der Gräser näher eingegangen.

Zur Darstellung der Ergebnisse wurde die vereinfachte Form der Tabelle 1 gewählt. Mit Ausnahme von *Arrhenatherum elatius*, *Festuca pratensis*, *Poa compressa* und *Bromus secalinus*, die nur vereinzelt angesät wurden, enthält die Tabelle die verwendeten Grasarten in

Abbildung 1 Vorkommen angesäter Grasarten in den Autobahn-Probeflächen 1970 und 1976

Autobahn	A 45 Sauerlandlinie Dortmund-Lüdenscheid										A 3 Köln-Frankfurt										A 60/A 5 Rüsselsheim- Jugenheim							
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10										11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23										24 25 26 27 28							
	67 67 67 68 68 67 68 63 63 67										68 68 69 69 68 69 69 69 69 69 69 68 69										66 66 68 67 67							
Art der Probefläche	sand, Lehm, z.T. steinig-grusig										sand, Lehm, z.T. steinig-grusig										Sand							
Jahr der Ansaat																												
Arten																												
<i>Festuca rubra</i>	Gew.%	20	20	20	20	20	20	25	25	24	30	30	25	25	15	15	15	15	15	15	30	25	20	20	20	15	15	
	70	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
<i>Festuca ovina</i>	Gew.%	15	15	15	15	15	15	15		13	25	25	30	30								30	26	26	35	35	35	
	70	○	○	○	○	○	○	○	+	+	○	○	○	○	○							+	○	●	●	●	●	●
<i>Dactylis glomerata</i>	Gew.%	5	5	5	5	5	5	5														10						
	70	○	○	○	○	○	○	○	+	+	○											+	○					
<i>Agrostis tenuis</i>	Gew.%	12	12	12	12	12	12	12	18	18	14	15	15	5	5	8	8	8	8	8	8	8	5	13	13	10	12	12
	70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Lolium perenne</i>	Gew.%	10	10	10	10	10	10	10	23	23	15			10	10	15	15	15	15	15	15	15	10					
	70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	+	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
<i>Phleum pratense</i>	Gew.%										10	10	10	10	10	10	10	10	10	10								
	70										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
<i>Poa pratensis</i>	Gew.%	4	4	4	4	4	4	4	12	12	5	15	15	30	30	15	15	15	15	15	15	15	15	30				
	70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	+			
<i>Poa trivialis</i>	Gew.%	5	5	5	5	5	5	5			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15							
	70	○	○	○	○	○	○	○			+	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
<i>Agrostis alba</i>	Gew.%	8	8	8	8	8	8	8		10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8								
	70	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
<i>Poa annua</i>	Gew.%	7	7	7	7	7	7	7		8																		
	70	○	○	○	○	○	○	○		○																		
<i>Deschampsia flexuosa</i>	Gew.%	5	5	5	5	5	5	5																				
	70	○	○	○	○	○	○	○		○																		

● gut vertreten ○ trotz Ansaat nicht vertreten // Probefläche 1976 zerstört
 ○ untervertreten + ohne Ansaat vorhanden

Prozent ihrer Gewichtsanteile in der Rasenmischung und zum Vergleich die auf den Probeflächen 1970 und 1976 festgestellten Arten *). Durch eine mehrstufige Skala wurde versucht, die Deckungsprozente der vorhandenen Arten zu berücksichtigen und eine Beziehung zwischen Saatstärke und tatsächlichen Mengenverhältnissen der aufgelaufenen Gräser herzustellen.

Jede Probefläche hat ihre besondere standörtliche Eigenart, so daß nicht zu erwarten ist, daß sich die einzelnen Arten auf allen Flächen gleichmäßig verhalten. Trotzdem lassen sich die Grasarten, legt man einen groben Maßstab zugrunde, in drei Gruppen unterschiedlichen Verhaltens zusammenfassen, wobei betont sei, daß die jeweils zu einer Gruppe zählenden Gräser hinsichtlich ihrer Ökologie nicht übereinstimmen:

1. Arten, die auf den meisten Probeflächen entsprechend ihrer Saatstärke 1970 gut vertreten waren und auch 1976 mit ähnlicher Häufigkeit vorkamen. Hierzu gehören *Festuca rubra* (Ausnahme: auf Sandboden!), *Festuca ovina* und *Dactylis glomerata*.
2. Arten, die 1970 noch gut vertreten waren, bis 1976 aber einen deutlichen Rückgang zeigen: *Agrostis tenuis*, *Lolium perenne* und *Phleum pratense*.

3. Arten, die weder 1970 noch 1976 gut repräsentiert sind und auf den meisten Probeflächen überhaupt nicht aufgelaufen sind: *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Agrostis alba*, *Poa annua* und *Deschampsia flexuosa*.

Im einzelnen ist noch folgendes anzumerken: *Festuca rubra* ist es trotz hohen Saatanteils nicht gelungen, in den Rasen des Darmstädter Raumes Fuß zu fassen. Selbst *Festuca ovina* zeigt auf den durchlässigen Sandböden von 1970 bis 1976 – wahrscheinlich als Folge mehrerer extrem trockener Vegetationsperioden – deutliche Abnahme. *Dactylis glomerata* kommt entsprechend der geringen Saatstärke in den meisten Probeflächen nur spärlich vor und ist insofern mit den beiden Rasenbildnern nicht zu vergleichen. Im Gegensatz zu *Lolium perenne* ist *Agrostis tenuis* 1976 noch in einem Viertel der Probeflächen vertreten, allerdings nur auf einer einzigen Fläche in rasenbildender Menge. *Poa pratensis* hatte zwar 1976 im Vergleich zur Erstaufnahme etwas zugenommen, aber längst nicht in dem erwarteten Umfang.

Zusammenfassend lassen die Ergebnisse folgende Schlüsse zu:

- *Festuca rubra* ist auf sandig-lehmigen, auch stein- und grushaltigen Böden des Rheinischen Schiefergebirges der wichtigste und beständigste Rasenbildner. Der Fläche der Seitenräume nach dürfte dieses

*) Über die in den Jahren 1971 bis 1975 ermittelten Ergebnisse wird im Rahmen einer ausführlichen Darstellung an anderer Stelle berichtet.

Ergebnis mindestens für ein Drittel der Autobahnen der BR Deutschland gelten.

- *Festuca ovina* tritt auf flachgründigen Gesteinsböden und Sandböden in Trockengebieten an die Stelle von *Festuca rubra*. Die Ergebnisse aus dem Raum Darmstadt sind allerdings nur beschränkt übertragbar.
So ist in Norddeutschland auch *Festuca rubra* auf humosen und anlehmigen Sandböden verwendbar.
- Die Bedeutung von *Agrostis tenuis* und *Poa pratensis* als Komponenten von Ansaatmischungen für Landschaftsrasen ist geringer als erwartet. Die Ursachen für das schlechte Abschneiden von *A. tenuis* sind nicht bekannt. Vielleicht würde die einheimische Wildform besser abschneiden. Für *P. pratensis* dürfte die Nährstoffversorgung der von Natur aus basenarmen Böden ungenügend sein.
- Die Verwendung von *Lolium perenne* als eine Art Decksaat führt an den Autobahnen des Rheinischen Schiefergebirges nicht, wie befürchtet, zu einer Verdrängung der langsam auflaufenden Gräser (*Festuca*-Arten). Vielmehr übernimmt *L. perenne* auf diesen ungedüngten Standorten die Rolle des ersten Böschungsschutzes, macht bald den Arten des Magerrasens Platz und ist nach wenigen Jahren verschwunden.
- Neben hochwüchsigen Gräsern sind an den untersuchten Streckenabschnitten auch Arten wie *Poa trivialis*, *Poa annua*, *Agrostis alba*, *Deschampsia*

flexuosa u. a. für Landschaftsrasensaatungen ungeeignet.

Außerdem bestätigen die Untersuchungen die Beobachtung, daß bei gleicher Ansaatmischung je nach Boden und Zeitpunkt der Ansaat unterschiedlich aufgebaute Rasen entstehen. Je extremer der Standort, umso höher ist die Ausfallquote angesäter Arten (TRAUTMANN & LOHMEYER 1975). Auf solchen Standorten wandern Kräuter und nicht angesäte Gräser am stärksten ein. Hier können auf längere Sicht Kraut- und Grasfluren entstehen, in denen keine einzige Art der Ansaatmischung mehr enthalten ist.

Auf „mittlerem“ Standort dagegen stimmten Ansaatmischung und daraus erzielter Rasen am besten überein. Das gilt vor allem für jährlich gemähte *Festuca rubra*-Rasen auf lehmigen Böden, in denen Kräuter bei geschlossener Grasnarbe keine Ausbreitungschancen haben.

Literatur:

- BOEKER, P. (1970). Turfgrasses for roadsides. Proc. First Internat. Turfgrass Res. Conf. Sports Turf Research Institute, Bingley, England 576-579.
- TRAUTMANN, W. (1972). Erste Ergebnisse von Rasenuntersuchungen an Dauerflächen der Bundesautobahnen. *Rasen-Turf-Gazon* 1, 6-11.
- TRAUTMANN, W. & LOHMEYER, W. (1975). Zur Entwicklung von Rasensaatungen an Autobahnen. *Natur u. Landschaft* 50 (2), 45-48.

Verfasser: Prof. Dr. W. Trautmann
Bundesforschungsanstalt für
Naturschutz und Landschaftsökologie
Konstantinstraße 110
5300 Bonn 2

Dr. W. Lohmeyer
Floßweg 14
5300 Bonn 2

Stellungnahme zur Veröffentlichung von Herrn Dr. Schulz:

„Die botanische Zusammensetzung der Wiesen- und Rasenflächen auf dem Gelände der Bundesgartenschau Stuttgart 1977“

RASEN-TURF-GAZON Grünflächen Begrünungen 4/77

Die Absicht des Verfassers, die vorhandenen und neu angelegten Rasen- und Wiesenflächen auf dem Gelände der BGS zu untersuchen, ist sehr zu begrüßen. Diese Untersuchung sollte möglichst über einen längeren Zeitraum fortgesetzt werden, um die Entwicklung der Rasen- und Wiesenflächen, vollständiger als bisher geschehen, verfolgen zu können; ähnlich, wie das bei den Staudenflächen vorgesehen ist.

Brauchbare Untersuchungsergebnisse können allerdings nur erwartet werden, wenn der Verfasser alle erforderlichen Informationen zu seiner Untersuchung besitzt. Dies war bisher nicht ganz der Fall. Der Verfasser geht zum Teil von falschen oder unvollständigen Informationen aus und läßt so wichtige Fakten unberücksichtigt. Dieser bedauerliche Umstand ist offensichtlich darauf zurückzuführen, daß der Verfasser sich nicht bei den zuständigen Planern direkt informierte. Diese hätten ihm die notwendigen Angaben liefern können, die ihm bei der Untersuchung fehlten, was zwangsläufig zu einigen falschen Schlüssen führen mußte.

Dabei war es Herr Walser von der Planungsgruppe selbst gewesen, der den Verfasser im Sommer 75 gebeten hatte, die vorhandenen Wiesen zu besichtigen, in der Absicht, von ihm einen fachlichen Rat über Anlage und Pflege von Blumenwiesen zu erhalten. Herr Walser konnte damals vom Verfasser nicht viel mehr erfahren,

als daß eine Wiese von der Ansaat bis zur geschlossenen Narbe mindestens 3 Jahre benötigt. Was außerdem beide Herren zu der Zeit nicht wissen konnten: Entgegen der erklärten Absicht der Planer wurde ein erheblicher Teil der Wiesenflächen über die Zeit der BGS als Rasen gehalten, was die Wuchsbedingungen ganz entscheidend änderte.

Zu diesen mehr allgemeinen Feststellungen nun noch einige spezielle Hinweise zu den Darlegungen des Verfassers, soweit sie im besonderen einer Korrektur bedürfen.

Der Verfasser geht z. B. von der irrigen Annahme aus, daß in eine fast dichte Wiesennarbe verschiedene Grasarten (*Poa nemoralis*, *Deschampsia caespitosa*, *Brachypodium silvaticum*) nachgesät worden sind. Tatsächlich ist die vom Verfasser in seinem Artikel mit Nr. 1 bezeichnete Fläche nur am Rande, und zwar der schmale Schattenbereich im Kronentrauf der Platanen, eingesät worden, weil der von Hause aus lückige Bestand dort zusätzlich durch Baumaßnahmen stark geschädigt war. *Brachypodium* war wohl zur Einsaat vorgesehen, aber dann nicht lieferbar und konnte deshalb auch nicht verwendet werden. *Poa nemoralis* ist bekanntlich sehr schnittempfindlich, und es ist durchaus möglich, daß dieses Gras durch den ursprünglich nicht vorgesehenen (s. Eingangsmerkungen) wöchentlichen Schnitt ver-

nichtet wurde. Soweit erinnerlich gab es in dieser Fläche, bedingt durch Trockenheit, auch größere Ausfälle und die Ausführfirma säte dann kurzerhand eine beliebige Saatmischung nach.

Eine Zwischensaat mit Kräutern (*Salvia pratensis* und *Chrysanthemum*) wurde an anderen Stellen versucht, z.B. zwischen verlegten Rasensoden aus vorhandenen Wiesenflächen. Die Saat ging auch sehr gut auf, wurde dann aber durch das Kurzhalten der Wiesen größtenteils vernichtet.

Der vom Verfasser angeführte Vorwurf einiger (ungeannter) Kritiker, daß die Wiesen unter großem Einsatz an Zeit und Geld angelegt wurden, verwundert etwas, denn das Ansäen einer Wiesenmischung und die Pflege einer Wiese nehmen erfahrungsgemäß nicht mehr Zeit in Anspruch als für die in öffentlichen Anlagen sonst üblichen Rasenflächen.

Die Kosten des Saatgutes halten sich ebenfalls im Rahmen, wenn man berücksichtigt, daß die Ansaatmenge einer Wiese nur etwa die Hälfte einer Rasenmischung für solche Zwecke beträgt.

Der Vorwurf einer „Unkrautwiese“ mag sich vor allem auf den stellenweise hohen Anteil an *Rumex* (Art?) beziehen, der sich allerdings seit Jahr und Tag in der Aue behauptet. Als sogenannte „Güllewiese“ ist dieser Aueanteil der Gartenschau, wenn man so will, sogar salonfähig geworden (wie auch der eigens angelegte „Unkrautgarten“ im Rahmen der sogenannten „Paradiesgärten“).

Im Artikel wird weiter auf den hohen Anteil an *Festuca arundinacea* in den Flächen am oberen See (Fläche 2 und 3 im Artikel des Verfassers) hingewiesen, das nach Meinung des Verfassers dort neu eingesetzt wurde. Auch hier irrt Herr Schulz: dieses Gras ist – jedenfalls absichtlich – nachweislich nicht eingebracht worden. Das starke Vorkommen läßt sich z. B. so erklären, daß der Rohrschwengel in den an Ort und Stelle gewonnenen Rasensoden vorhanden war und sich dann bei der bänderweisen bzw. schachtbrettartigen Verlegung bestens in den Anschlußflächen ausbreiten konnte. Eine andere Möglichkeit könnte das Einwandern dieses Grasses durch den dazwischen eingebrachten Boden sein. Natürlich fiel die Breitblättrigkeit dieses Grasses und seine starke Wüchsigkeit auf. Der Standort des oberen Sees entspricht andererseits den natürlichen Verbreitungsstellen dieses Grasses und sollte daher nicht unbedingt als störend empfunden werden. Der für den Bauern geringe Futterwert spielt in diesem Falle gar keine Rolle.

Die nachweislich gelieferten Kräutersamen wie

<i>Primula elatior</i>	<i>Thalictrum aquilegifolium</i>
<i>Aquilegia vulgaris</i>	<i>Angelica sylvestris</i>
<i>Primula vulgaris</i>	<i>Chrysanth. leucanthemum</i>
<i>Myosotis alpestris</i>	<i>Hesperis matronalis</i>
<i>Primula veris</i>	<i>Lavatera thuringiaca</i>
<i>Salvia pratensis</i>	<i>Achillea millefolium</i>

wurden nur in engbegrenzten Bereichen, so auch *Myosotis* (leider gibt es nur Zuchtsorten im Handel) überwiegend an Gehölzrändern, etc. ausgesät, die keine geschlossene Grasnarbe aufwiesen.

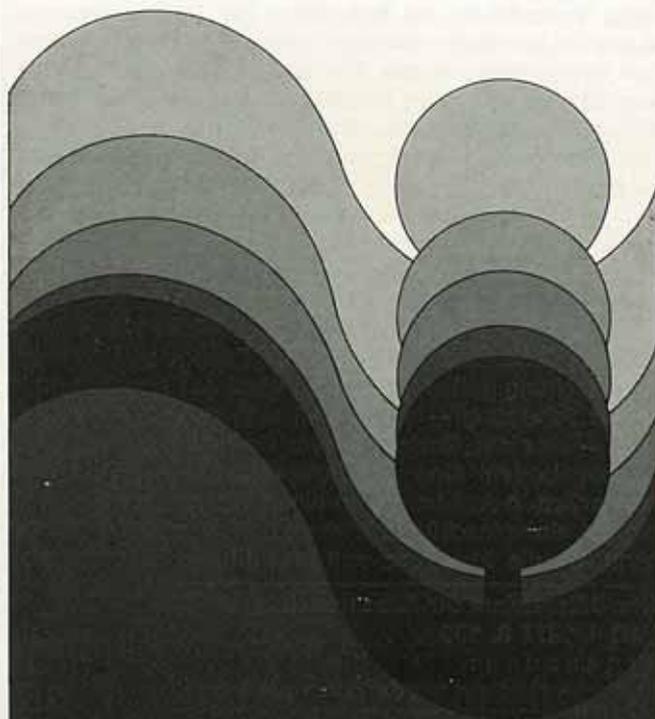
Der festgestellte allgemeine hohe Anteil an *Geranium pratense* ist sicherlich darauf zurückzuführen, daß Samen und Pflanzenteile im Boden vorhanden waren, da diese Art in den vorhandenen Wiesen vertreten ist.

Einige vorgesehene Wiesenkräuter waren nicht lieferbar (als Ersatz wurde von einer Lieferfirma wohl Heublau-

GaLaBau 78

3. Europäische Fachausstellung Garten-,
Landschafts- und Sportplatzbau

Messe Essen
8.-10. Juni 78



Umwelt für morgen – Bauen mit Grün

Baumaschinen und -Geräte, Pflegemaschinen, Transportfahrzeuge, Bau- und Hilfsmittel für Wohn- und Siedlungsgrün, Parks, Sport, Spiel und Freizeit. Optimale Vorführflächen für Aussteller kostenlos.



Informationen: Ausstellungs- und
Messegesellschaft mbH, (AMGE)
Norbertstraße 56, 4300 Essen 1,
Telefon 0201/77 3054, 793449.

mensaat gratis abgegeben, die aber kaum keimte). *Campanula patula* z. B. sollte tatsächlich zu dem vom Verfasser monierten Preis von DM 200,-/kg geliefert werden. Bei dem feinen Samen ist der Preis u. E. gerechtfertigt. Die Wiesenglockenblume war aber dann doch nicht lieferbar. Unter diesen Umständen ist es verständlich, wenn der Verfasser vergeblich danach suchte. Das Ausbleiben von *Sanguisorba* und *Lotus corniculatus* und anderen Leguminosen dürfte auch hauptsächlich im Kurzhalten der Wiesen zu suchen sein. Die Leguminosen hätten sich wahrscheinlich gegenüber den Gräsern durchgesetzt, wenn die Wiese nur zweimal jährlich gemäht worden wäre. Das erklärt auch das geringe Vorkommen der Bibernelle. Die Rechnungsunterlagen zeigen aber nicht den vom Verfasser angegebenen hohen Gesamtpreis (DM 4000,-). Der 100 kg-Preis von Bibernelle betrug DM 890,-, bei den verwendeten 35 kg also insgesamt nur DM 311,50 DM.

Die beanstandete Saatgutmenge für die Wieseneinsaat im Bereich der Villa Berg müßte nach unseren Angaben 16,4 g betragen haben. Wenn der Verfasser rügt, daß damit das 6- bis 8-fache der üblichen Menge ausgesät wurde, läßt sich das eigentlich nur durch einen Rechenfehler des Verfassers erklären.

Die im Artikel angesprochene „Salbeiwiese“ kann nicht mit den Maßstäben, die für eine Rasen- und Wiesenuntersuchung gelten, gemessen werden. Ausgangspunkt dieser Pflanzung – es handelt sich nicht um eine Ansaat – war der Gedanke, dem Besucher auf abgemaßtem Boden eine magerrasenähnliche Pflanzengemeinschaft in Anlehnung an einen Waldsaum zu zeigen, die wie eine einschürige Wiese extensiv gepflegt werden kann. Da die Pflanzung erst im Frühjahr 77 ausgeführt

werden konnte, war der Eindruck noch sehr unvollkommen. Zudem sind noch Arten und Sorten falsch geliefert worden, die aus Zeitmangel gesetzt werden mußten. Die für die Daueranlage gedachte Gemeinschaft wurde während der Schau durch eine Reihe von Ausstellungsplanzen weiter verfremdet.

Die Anzahl der Schnitte soll sich nach der Schau für die Wiesenflächen auf zwei pro Jahr einpendeln. Es ist zu hoffen, daß den verbliebenen Kräutern damit eine Chance bleibt, sich im Laufe der Zeit mehr durchzusetzen, unterstützt von einer Kali-Phosphor-Düngung, wie sie das Institut für Bodenkunde an der Fachhochschule in Weihenstephan empfohlen hat.

Wenn eines Tages artenreiche Blumenwiesen den Großstädtern etwas vom Reichtum unserer Natur ahnen lassen, wäre das gestellte Ziel erreicht. Oder soll das dem Großstädter vorbehalten bleiben, damit er gar keinen Vergleich mehr zur Monotonie unserer Agrarstätten ziehen kann? Das wollen wir dem Verfasser sicherlich nicht unterstellen!

Es wäre erfreulich, wenn sich gerade die Einrichtungen, die sicherlich im landwirtschaftlichen Interesse, aber zu Lasten unserer natürlichen Umwelt, an der Artenverarmung des Grünlandes entscheidend beitragen, sich jetzt auch an den Versuchen beteiligen würden, wenigstens dort eine Umkehr einzuleiten, wo dies ökonomisch, ökologisch und ästhetisch möglich erscheint. Die Aussichten sind gar nicht so gering, wenn man an die zahlreichen Magerrasen –, Streuwiesenflächen etc. denkt, die aus ökonomischen Gründen von der Landwirtschaft aufgegeben werden und für die neue Verwendungsmöglichkeiten gesucht werden müssen.

Ilse Kaiser, Stuttgart

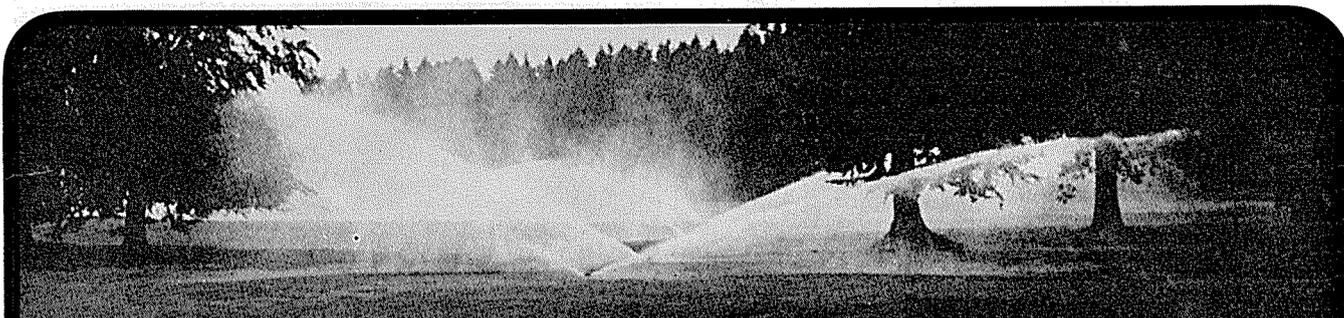
Qualitätszeichen für Rasenmischungen

Heft 4, 1977 S. 135

Ergänzung:

In der Sortenliste wurde durch ein Versehen vergessen,

bei *Festuca rubra* die Sorte NOVORUBRA als geeignet für Gebrauchsrasen aufzuführen. Wir bitten, die Sortenliste entsprechend zu ergänzen.




S/48 – die Spezialisten für exakte Beregnung

Jahrzehntelange Erfahrung im Sportplatzbau machte sie zu Spezialisten für exakte Beregnung von Flächen jeder Art. S/48 – die Männer mit dem Know-how für die jeweils optimale Anlagen-Installation. Von sprichwörtlicher Technik die S/48 – Beregnungsanlagen; voll im Boden versenkbar und elektrisch steuerbar. Damit ist eine ungehinderte Nutzung und Wartung gewährleistet.

S/48 – Beregnungsanlagen eignen sich für Flächen jeder Art – vom Golfplatz bis zum Hartplatz. Unsere Spezialisten beraten Sie jederzeit gern. Fragen Sie S/48.

BEGRÜNUNG · REKULTIVIERUNG
UNKRAUTVERNICHUNG
SPORTPLATZBAU · BEREGNUNGSANLAGEN

S/48

Grünanlagen GmbH

Holzhausenstraße 18
5020 Frechen 5
Tel. Sa. Nr.: 02234/31031 · Telex: 889 182 gras d