

TURF | GAZON

2

88

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

Juni/Juli 1988 - Heft 2 - Jahrgang 19
Hortus Verlag GmbH - 5300 Bonn 2

GRÜNFLÄCHEN BEGRÜNUNGEN

Herausgeber: Professor Dr. H. Franken, Dr. H. Schulz

Veröffentlichungsorgan für:

Deutsche Rasengesellschaft e.V., Godesberger Allee
142—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 1

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

- 41** Untersuchungen an Rasensportplätzen in
„bodennahen Bauweisen“
II. Vegetationskundliche Werte
H. Nonn u. H. Franken, Bonn
- 47** N_{min} -Gehalte unter Golfrasen
G. Hardt, H. Schulz u. H. Jacobi, Stuttgart
- 53** Schafbeweidung zur Skipistenpflege
Möglichkeiten und Einschränkungen
G. Spatz, Göttingen
- 59** Wirkung verschiedener Zuschlagstoffe auf
physikalische Eigenschaften eines sand-
reichen Gemisches in unterschiedlicher
Verdichtung
B. Deller, Karlsruhe

- 68** Mitteilungen - Informationen - Berichte
GaLaBau 1988 in Nürnberg
- 69** Bericht über das 58. Rasenseminar der
Deutschen Rasengesellschaft in Walsrode
H. Nonn, Bonn
- 70** Bericht über das 59. Rasenseminar der
DRG im Golfclub Wörthsee am 20./21. 06. 88
Müller-Beck, Telgte
- 71** Neuer Vorstand der Deutschen Rasenge-
sellschaft

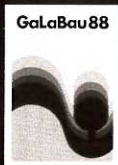
Diese Zeitschrift nimmt fachwissenschaftliche Beiträge
in deutscher, englischer oder französischer Sprache so-
wie mit deutscher, englischer und französischer Zu-
sammenfassung auf.

MwSt. Abonnements verlängern sich automatisch um ein
weiteres Jahr, wenn nicht drei Monate vor Ablauf der Be-
zugszeit durch Einschreiben gekündigt wurde.

Verlag, Vertrieb und Anzeigenverwaltung: HORTUS
VERLAG GMBH, Postfach 200655, Rheinallee 4b,
5300 Bonn 2, Telefon (0228) 353030/353033. Verlagslei-
tung und Redaktion: R. Dörmann, Anzeigen: Elke
Schmidt. Vertrieb: Hedwig Johnen. Gültig ist die Anzei-
genpreisliste Nr. 9 vom 1.9.1986. Erscheinungsweise:
jährlich vier Ausgaben. Bezugspreis: Einzelheft DM 12,—,
im Jahresabonnement DM 46,— zuzüglich Porto und 7 %

Druck: Köllen Druck & Verlag GmbH, Schöntalweg 5,
5305 Bonn-Oedekoven, Telefon (0228) 643026. Alle
Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der
fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vor-
behalten. Aus der Erwähnung oder Abbildung von Waren-
zeichen in dieser Zeitschrift können keinerlei Rechte ab-
geleitet werden. Artikel, die mit dem Namen oder den
Initialen des Verfassers gekennzeichnet sind, geben nicht
unbedingt die Meinung von Herausgeber und Redaktion
wieder.

Fachmesse
GaLaBau 88
 Nürnberg



8. Europäische Fachmesse Garten-,
 Landschafts- und Sportplatzbau
 15.-17. September 1988

Das Fachereignis für Planung,
 Bau und Pflege
 von Grün- und Freianlagen

Ca. 250 Aussteller präsentieren

Maschinen und Geräte

Erdbau und Bodenbewegung, Boden-
 sanierung, -bearbeitung und -auf-
 bereitung, Wege- und Platzbau,
 Anlage und Pflege von Grün- und
 Rasenflächen, Gehölzpflege, Pflege
 von Kunststoff- und Tennenflächen

Bau- und Hilfsstoffe

Böden, Substrate, Dünger, Pflanzen-
 schutz, Baustoffe, Beläge, Elemente

**Saatgut, Pflanzen, Pflanzzubehör,
 Baumsicherung**

Ausstattungen und Einrichtungen
 Gärten, Höfe, Parks, Wohnstraßen,
 Sport- und Spielplätze

Systemlösungen

Dach- und Fassadenbegrünung,
 Sicht- und Schallschutz, Großbaum-
 verpflanzung

Dienstleistungen

Weitere Informationen

NMA Nürnberger Messe- und
 Ausstellungsgesellschaft mbH
 Messezentrum

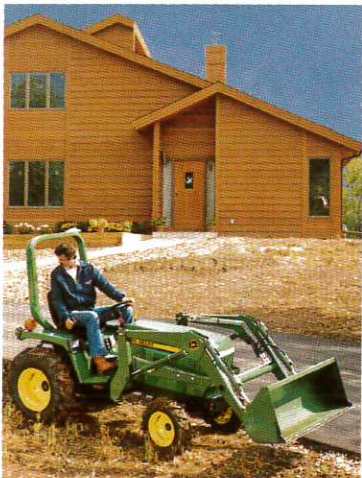
D-8500 Nürnberg 50

☎ 09 11/86 06-0

Fax 09 11/86 06-2 28

Tx 6 23 613 nma d

Ttx 9 1183 19 = nma



**JOHN DEERE –
 VIELFALT FÜR DIE
 VIER JAHRESZEITEN**

John Deere bietet Ihnen mit seinem Geräteprogramm die Qualität und Typenvielfalt, die Sie mit Recht von einem großen Hersteller erwarten können. Mäher für jede Größe und Art von Grünflächen, Spitzenprodukte mit Kraft, und das nötige Zubehör, um Pflegeaufgaben verschiedenster Art das ganze Jahr hindurch bewältigen zu können.

Informieren Sie sich über den Ganzjahreseinsatz der John Deere Geräte. Füllen Sie bitte den anhängenden Coupon, unter Angabe Ihrer genauen Adresse, aus. Ausführliches Material liegt für Sie bereit.

ZUVERLÄSSIGKEIT IST UNSERE STÄRKE



John Deere Vertrieb Deutschland
 Steubenstr. 36-42
 6800 Mannheim 1
 Tel. 0621/8 1044 43
 BTX *21520#

ALGH 1922 D

Wir haben das Grün
im Griff.
Die Niedersächsischen
Rasenkulturen. —
Spezialisten für
strapazierfähigen
Fertigrasen in den verschie-
densten Sorten.

Sonderkulturen:

- Armierte Fertigrasen
für extreme Begrünungs-
aufgaben (Wasserbau,
Steilböschung)
- Armierte Vegetations-
matten zur Dachbegrünung
(Gras, Moos)
- Grüne Lärmschutzwälle
- Grüne Sichtschutzwälle

**NIEDERSÄCHSISCHE
RASENKULTUREN
STRODTHOFF & BEHRENS
ANNEN NR. 2
2833 GROSS IPPENER
TELEFON: 04224/268**

GRÜN AUS GUTEN HÄNDEN.



Zusammenfassung

Es wird über die Entwicklung der Pflanzenbestände sowie über die Durchwurzelungsintensität bei „bodennahen Bauweisen“ berichtet. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Unterschiede im Bedeckungsgrad wurden bei den Intergreen-Plätzen sowohl zwischen den Belastungszonen als auch zwischen den Untersuchungsterminen sichtbar. Die Grasnarben der SRS-Plätze reagierten auf die genannten Faktoren in geringerem Umfang.
- Hohe *Poa annua*-Anteile wiesen die Pflanzenbestände in „Grünberg“ und „Kirtorf“ auf. Die Pflanzenbestände der übrigen Plätze waren durch hohe Anteile an *Lolium perenne* und *Poa pratensis* gekennzeichnet, wobei die Differenzierungen im Deckungsgrad während des Untersuchungszeitraumes nur gering waren.
- Während in der Tragschicht der Intergreen A-Plätze im Untersuchungszeitraum eine Abnahme der Wurzelzahl zu beobachten war, trat bei den Intergreen B-Plätzen eine leichte Zunahme ein. Eine Reduktion der Wurzelzahl fand bei den SRS-Plätzen im Herbst 1986 statt. Der Einfluß der Belastung zeigte sich an beiden Frühjahrsterminen in höheren Wurzelzahlen im Mittelfeld.

In der Übergangszone Tragschicht/Baugrund wurden im Herbst 1986, bis auf „Dornbusch I“, deutlich weniger Wurzeln gezählt als zu den Frühjahrsterminen. Das Mittelfeld war stärker durchwurzelt als der Strafraum.

Im Baugrund war, mit Ausnahme von „Dornbusch I“, „Riederwald“ und „Grünberg“, während des Untersuchungszeitraumes eine stetige Abnahme der Wurzelzahl zu verzeichnen. Ein Einfluß der Belastung konnte nur in „Bellersheim“ nachgewiesen werden. Das Verhältnis der Wurzelzahlen von Tragschicht : Übergangszone : Baugrund betrug durchschnittlich 100:40:20.

Investigation of turf sports grounds in "close-to-soil" set-ups

II. Vegetation values

Summary

The development of the plant populations as well as the intensity of root development in "close-to-soil" set-ups was examined.

The results can be summarized as follows:

- Difference in the extension of the cover were obvious on the intergreen grounds as far as the wear-and-tear zones and the periods of investigation were concerned. The swards of the SRS grounds reacted to the mentioned factors to an only minor degree.
- High proportions of *Poa annua* were discovered in the plant populations at "Grünberg" and "Kirtorf". The plant populations of the other experimental fields were characterized by high proportions of *Lolium perenne* and *Poa pratensis*; there were only slight differentiations in the extension of the cover during the experimental period.
- Whereas, during the period while the experiment lasted, the vegetation layer of the Intergreen A grounds showed a reduction in the number of roots, there was a slight increase of these on the Intergreen B grounds. A reduction of the number of roots occurred on the SRS grounds in the autumn of 1986. Due to the influence of wear and tear, there were higher root numbers in the central field, when checked in spring.

In the transitional zone of vegetation layer/subsoil, there was, in the autumn of 1986, excluding "Dornbusch I" and "Grünberg", during the period while the experiment lasted, a constant reduction of the number of roots in the substructure. It was only at "Bellersheim" that an influence of the wear and tear was proved. The proportion of the number of roots in the vegetation layer to transitional zone to sub-structure was on an average 100 to 40 to 20.

Etudes sur des pelouses de sport installées selon les méthodes dites «bodennah»

II. Aspects phytosociologiques

Résumé

Les observations faites sur le développement phytosociologique ainsi que sur l'intensité du développement racinaire sont décrites pour des terrains installés selon les procédés «bodennah» (utilisant le sol en place comme support à la couche gazonnante). Les résultats se résument comme suit:

- Pour les terrains Intergreen on observe une différenciation du taux de recouvrement végétal d'une part en fonction de l'intensité de la charge et d'autre part en fonction des dates auxquelles les notations furent effectuées. Pour les terrains SRS la réaction aux facteurs mentionnés fut moins évidente.
- Les terrains de «Grünberg» et de «Kirtorf» continrent un taux élevé en *Poa annua*. La composition végétale des autres terrains se caractérisa par une participation élevée de *Lolium perenne* et de *Poa pratensis*, le taux de recouvrement ne variant que peu pendant la période d'essai.
- Tandis que le nombre des racines dans la couche portante diminua au cours de la durée de l'essai chez les terrains Intergreen A, il augmenta légèrement chez les terrains Intergreen B. Une réduction du nombre des racines s'observa chez les terrains SRS en automne 1986. L'influence de la charge se traduisit lors de deux notations printanières par un nombre de racines plus élevé dans la partie centrale des terrains.

En ce qui concerne la couche de transition entre la couche gazonnante et la fondation on nota nettement moins de racines en automne 1986 que lors des prélèvements printaniers dans tous les terrains à l'exception de «Dornbusch I». Le centre fut plus fortement pénétré par les racines que la zone de penalty.

Le nombre des racines dans les fondations diminua progressivement au cours de l'essai sauf chez les terrains «Dornbusch I», «Riederwald» et «Grünberg». Un influence de la charge ne put être mise en évidence que sur le terrain «Bellersheim».

La rapport du nombre des racines dans la couche portante : zone de transition : fondation correspondit en moyenne à 100 : 40 : 20.

1. Einleitung

Artenzusammensetzung und Bedeckungsgrad sind wichtige Kriterien für die Qualität eines Rasensportplatzes. Neben den visuellen Aspekten stehen dabei die sportfunktionalen Anforderungen im Vordergrund. Besonders die stark strapazierten Rasengräser benötigen

ein intaktes, tiefreichendes Wurzelnetz, um die dauernden Beschädigungen bei Befahren und Betreten durch ihre Regenerationsfähigkeit ausgleichen zu können. Eine Erschließung der Wasser- und Nährstoffvorräte des Baugrundes kann nur über eine tiefe Durchwurzelung erreicht werden.

2. Material und Methoden

Die Beschreibung der Versuchsanlage ist dem vorausgegangen Teil I zu entnehmen (NONN, 1988).

*) Auszug aus der Dissertation: Bodenphysikalische, bodenchemische und vegetationskundliche Eigenschaften von Rasensportplätzen in „bodennahen Bauweisen“ (NONN, 1988)

2.1 Vegetationskundliche Aufnahmen

Bei der Aufnahme der Pflanzenbestände wurden die momentane Gesamtbodenbedeckung sowie die Anteile jeder einzelnen Pflanzenart in Prozent geschätzt (OPITZ v. BOBERFELD, 1972). Als Schätzhilfe wurde ein Frequenz-Schätzrahmen von 1 × 1 m Seitenlänge verwendet. Dieser Rahmen ist zusätzlich in 100 gleichgroße Quadrate von je einem Quadratdezimeter (= 1% der Gesamtfläche) unterteilt.

2.2 Wurzeluntersuchungen

Die Bestimmung der Wurzelzahl erfolgte an Bohrkernen mit einem Durchmesser von 67 mm in vierfacher Wiederholung je Meßpunkt nach der Bohrkernmethode (HELL-RIEGEL, 1883). Die Bodensäulen wurden in den entsprechenden Tiefen gebrochen und die Wurzeln auf beiden Seiten der Bruchstelle gezählt (SCHUURMAN u. KNOT, 1957; SIMON u. EICH, 1956; VETTER u. SCHARAFAT, 1964).

3. Ergebnisse

3.1 Bedeckungsgrad

Die Ergebnisse der vegetationskundlichen Untersuchungen setzen sich gemäß der Versuchsanlage aus den Bonitierungsflächen 5 und 8 für die Belastungsstufe Strafraum (S) und den Flächen 2 und 11 für das Mittelfeld (M) zusammen.

Für den Bedeckungsgrad ergibt sich eine gesicherte Wechselwirkung der Faktoren Platz × Belastung × Termin. Folglich weisen die Plätze je nach Belastungszone und Termin unterschiedlich dichte Grasnarben auf.

Diese Feststellung trifft nicht für die SRS-Plätze „Wiesentheid“ und „Remlingen“ sowie für „Bellersheim“ zu, deren Bedeckungsgrad zwischen den Belastungszonen und Terminen kaum variiert (Tab. 1). Dagegen ist auf den Intergreen A-Plätzen sowie in „Gedern“ die Bodenbedeckung zu den Frühjahrsterminen größtenteils signifikant niedriger als im Herbst sowie im Strafraum geringer als

Tabelle 1: Bedeckungsgrad des Bodens (%)

Platz	Belastung	F 86	H 86	F 87
F.-Dornbusch I	S	29,0	86,5	20,0
	M	81,3	99,0	80,0
F.-Dornbusch II	S	78,0	98,5	86,0
	M	94,5	99,0	98,8
Niedererlenbach	S	91,0	87,5	25,0
	M	99,3	94,5	76,0
F.-Riederwald	S	31,5	81,0	27,5
	M	91,2	95,8	57,5
Bellersheim	S	86,0	91,0	77,5
	M	96,5	94,0	87,5
Gedern	S	21,5	92,5	75,0
	M	74,8	96,8	92,3
Grünberg	S	83,5	77,5	52,5
	M	96,8	93,5	92,8
Kirtorf	S	74,0	52,5	70,0
	M	96,0	85,5	89,8
Wiesentheid	S	99,0	92,5	91,0
	M	99,0	96,3	92,0
Remlingen	S	98,0	89,5	86,0
	M	99,0	96,0	94,3

GD 5% Platz × Belastung × Termin 14,17

im Mittelfeld. Unterschiede zwischen den Belastungsstufen im Herbst 1986 bestehen nur bei „Grünberg“ und „Kirtorf“; mit 52,5% Deckungsgrad im Strafraum besitzt der letztgenannte Platz zugleich den niedrigsten Wert für den Herbsttermin.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die in den Ansaatmischungen verwendeten Arten und deren Anteile.

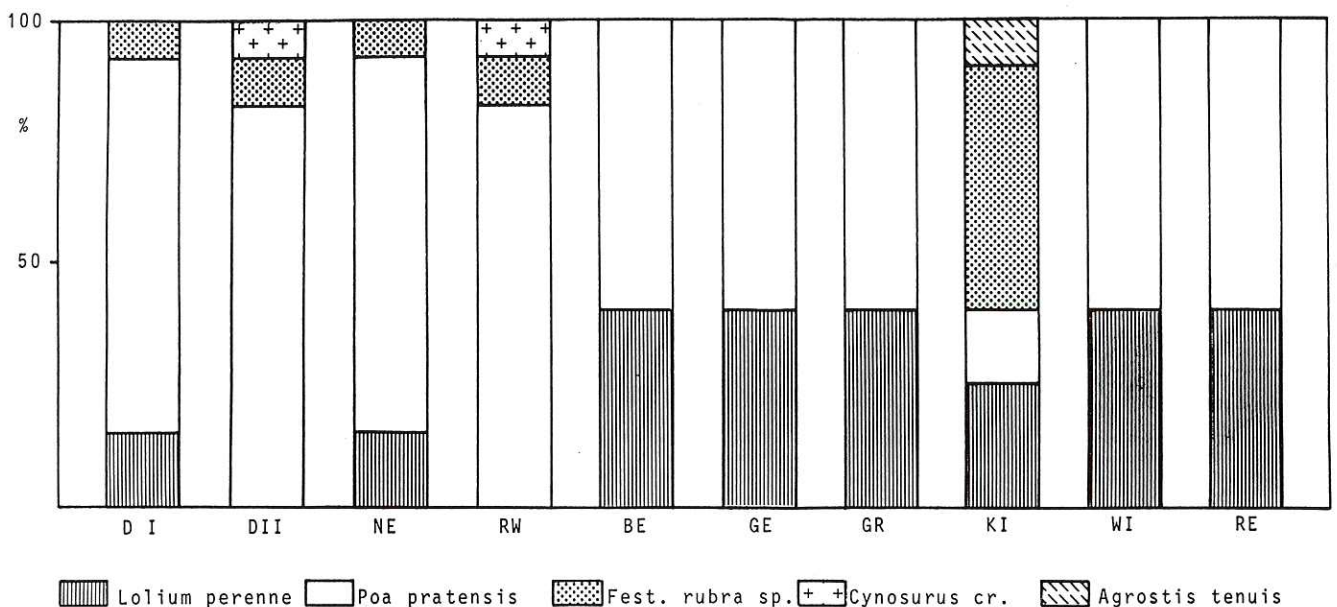


Abbildung 1: Ansaatmischungen (Mischungsanteile in %)

D I = Dornbusch I BE = Bellersheim WI = Wiesentheid
 D II = Dornbusch II GE = Gedern RE = Remlingen
 NE = Niedererlenbach GR = Grünberg
 RW = Riederwald KI = Kirtorf

3.2 Artenzusammensetzung

Die Intergreen A-Plätze sind bis auf „Riederwald“ durch eine *Lolium*-perenne-Dominanz gekennzeichnet (Abb. 2 u. 3). Daneben sind mehr oder weniger hohe Anteile an *Poa pratensis* vorhanden. Bei „Dornbusch I“ und „Niedererlenbach“ kommt *Poa annua* nur in geringen Mengen vor, wobei diese Art in „Niedererlenbach“ über den Untersuchungszeitraum stetig abnimmt. In „Riederwald“ ist im Herbst 1986 ein starker Rückgang von *Poa pratensis* zugunsten von *Poa annua* zu verzeichnen.

Bemerkenswert auf diesem Platz ist die Einwanderung von Fremdarten, hauptsächlich *Plantago major*, beginnend im Mittelfeld zum Herbst 1986.

Nur geringe Veränderungen in der Artenzusammensetzung zeigen die Intergreen B-Plätze „Bellersheim“ und „Gedern“ (Abb. 4). Hauptbestandsbildner sind hier *Lolium perenne* und *Poa pratensis*. Der *Poa*-annua-Anteil in „Gedern“ schwankt zwischen 12,5 und 40 % und liegt in „Bellersheim“ im Durchschnitt bei 20 % Deckungsanteil. Dagegen sind die Plätze in „Grünberg“ und „Kirtorf“ von einer *Poa annua*-Dominanz geprägt (Abb. 5). Lediglich zum Herbst 1986 konnte sich in „Kirtorf“ *Lolium perenne* im Mittelfeld mit annähernd 50 % durchsetzen, jedoch sank der Anteil dieses Grases bis zum Frühjahr 1987 wieder auf etwa 30 %. Die in der Ansaatmischung in „Kirtorf“ zu 50 M.-% enthaltenen *Festuca*-Arten sowie *Agrostis tenuis* waren nur noch spurenweise in den äußersten Seitenbereichen zu finden.

Auf den 1984 angelegten SRS-Plätzen waren zu allen Terminen *Lolium perenne*- und *Poa pratensis*-geprägte Pflanzenbestände anzutreffen (Abb. 6). In „Wiesentheid“ wanderte im Herbst 1986 *Trifolium repens* als Fremdart ein und behauptete sich, wenn auch in geringerem Maße, bis zum Frühjahr 1987. Der *Poa annua*-Anteil blieb auf diesem Platz gering. Bei „Remlingen“ ist eine langsame Zunahme von *Poa pratensis* über den Untersuchungszeitraum zu erkennen, einhergehend mit einer Abnahme von *Lolium perenne*. Die *Poa annua*-Anteile schwankten im Herbst 1986 und Frühjahr 1987 nur sehr gering.

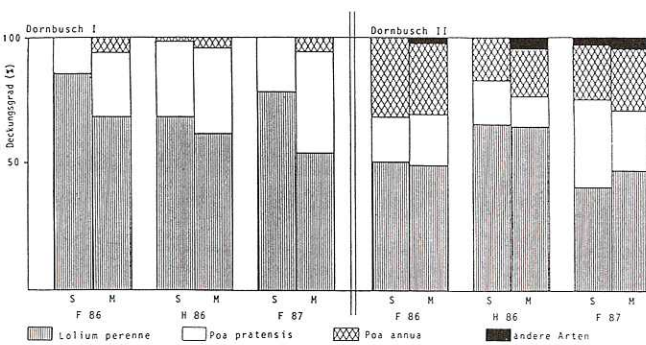


Abb. 2: Entwicklung der Artenzusammensetzung in Dornbusch I und Dornbusch II

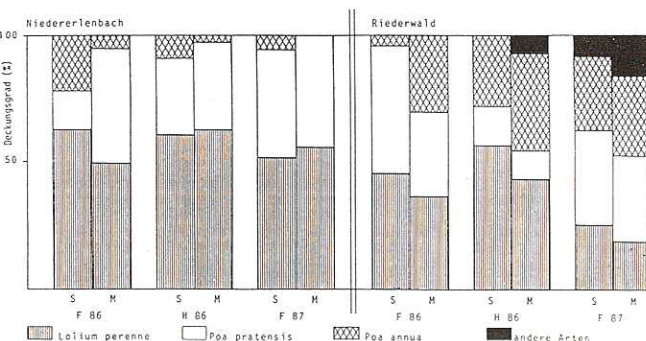


Abb. 3: Entwicklung der Artenzusammensetzung in Niedererlenbach und Riederwald

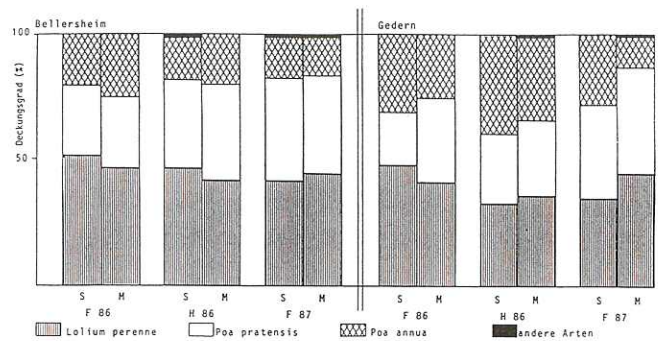


Abb. 4: Entwicklung der Artenzusammensetzung in Bellersheim und Gedern

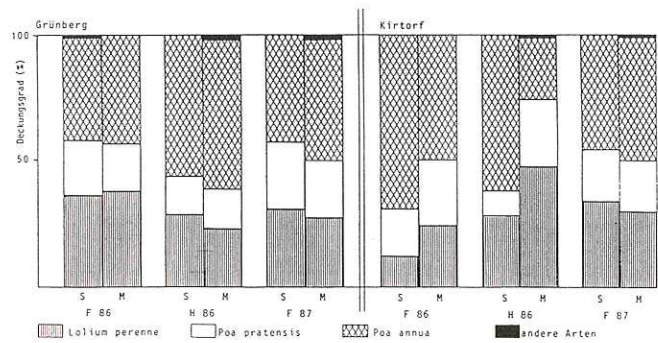


Abb. 5: Entwicklung der Artenzusammensetzung in Grünberg und Kirtorf

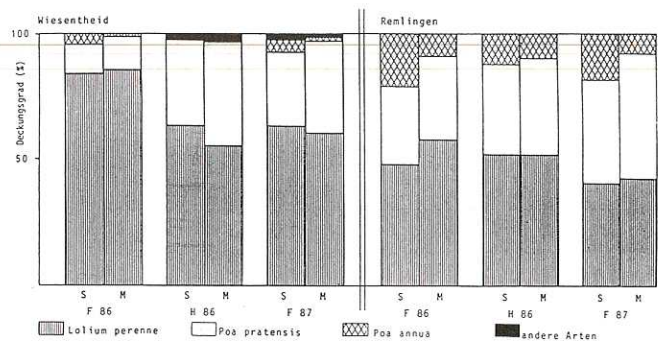


Abb. 6: Entwicklung der Artenzusammensetzung in Wiesentheid und Remlingen

3.3 Wurzelzahl

Wurzelzahl der Tragschicht (5 cm Tiefe)

Die signifikante Wechselwirkung Platz × Termin weist darauf hin, daß die Durchwurzelung der Tragschicht im Untersuchungszeitraum auf den einzelnen Plätzen unterschiedlich verlaufen ist. Bei „Dornbusch II“, „Niedererlenbach“ und „Riederwald“ ist eine stetige Abnahme der Wurzelzahl über die Untersuchungstermine zu verzeichnen (Tab. 2), auf den Intergreen B-Plätzen dagegen eine stetige Zunahme. Die Wurzelentwicklung auf den Plätzen „Dornbusch I“ einerseits und „Wiesentheid“ sowie „Remlingen“ andererseits verläuft entgegengesetzt. Während „Dornbusch I“ zum Herbsttermin 1986 gesichert höhere Wurzelzahlen als zu den Frühjahrsterminen aufweist, sind diese bei den beiden SRS-Plätzen im Herbst 1986 niedriger als im Frühjahr 1986 und 1987. Bei den Plätzen „Grünberg“ und „Kirtorf“ treten keine gesicherten Veränderungen während des Untersuchungszeitraumes auf. Zwischen den Plätzen bestehen zum Teil deutliche Unterschiede.

Der unterschiedliche Einfluß der Belastung zu den verschiedenen Terminen auf die Wurzelzahl in der Tragschicht ist Abbildung 7 zu entnehmen. Im Mittel der Plätze weist das Mittelfeld bei beiden Frühjahrsterminen gesichert höhere Wurzelzahlen auf als der Strafraum. Weit-

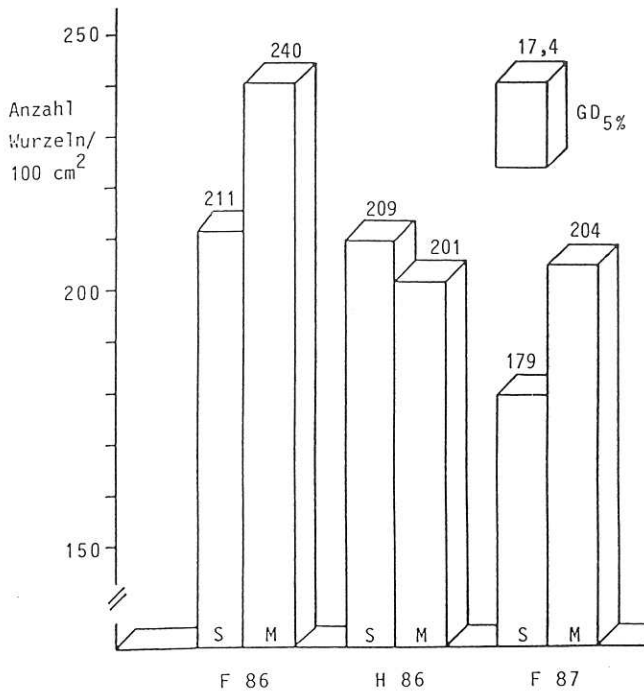


Abb. 7: Wurzelzahl/100 cm² der Tragschicht
GD₅ % Belastung × Termin 17,4

gehend ausgeglichen stellt sich die Situation im Herbst 1986 dar. Im Strafraum sind zum Frühjahr 1987 signifikant weniger Wurzeln als zu den vorangegangenen Terminen zu finden. Dies trifft auch für das Mittelfeld im Frühjahr 1987 im Vergleich zum Frühjahr 1986 zu.

Tabelle 2: Wurzelzahl/100 cm² der Tragschicht (5 cm Tiefe)

Platz	Belastung		Termin			x
	S	M	F 86	H 86	F 87	
F.-Dornbusch I	193	195	151	266	166	194
F.-Dornbusch II	291	328	372	318	238	309
Niedererlenbach	247	239	298	273	157	243
F.-Riederwald	183	201	258	235	83	192
Bellersheim	161	187	152	169	201	174
Gedern	207	194	185	189	228	201
Grünberg	171	194	174	181	193	183
Kirtorf	120	142	120	126	147	131
Wiesentheid	317	327	401	218	347	322
Remlingen	110	141	143	78	154	125
x	200	215	226	205	191	207

GD 5% Platz × Termin 39,0

Wurzelzahl der Übergangszone

Als Übergangszone wird der Bereich zwischen Tragschicht und Baugrund bezeichnet. Eine allgemein zutreffende Tiefenangabe ist aufgrund der unterschiedlichen Tragschichtmächtigkeiten nicht möglich. Bei den Intergreen A-Plätzen wurde aufgrund des Fehlens einer klar erkennbaren Übergangszone, diese in 10 cm Tiefe festgelegt.

Die varianzanalytische Prüfung ergab für das Merkmal „Wurzelzahl in der Übergangszone“ eine gesicherte Hauptwirkung des Faktors Belastung sowie eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Platz × Termin. Der Einfluß der Belastung zeigt sich in höheren Wurzelzahlen im weniger belasteten Mittelfeldbereich (Tab. 3). Zwischen den Plätzen bestehen zum Teil auch innerhalb der gleichen Bauweise gesicherte Unterschiede. Sowohl

Tabelle 3: Wurzelzahl/100 cm² der Übergangszone

Platz	Belastung		Termin			x
	S	M	F 86	H 86	F 87	
F.-Dornbusch I	56	52	25	55	82	54
F.-Dornbusch II	129	164	163	97	179	146
Niedererlenbach	99	110	125	74	114	104
F.-Riederwald	41	61	66	46	41	51
Bellersheim	55	75	87	39	68	65
Gedern	70	73	41	58	116	72
Grünberg	59	68	74	34	83	64
Kirtorf	59	73	90	31	76	66
Wiesentheid	135	133	136	97	170	134
Remlingen	28	15	24	11	29	21
x	73	82	83	54	96	78

GD 5% Belastung 7,1
GD 5% Platz × Termin 27,5

Tabelle 4: Wurzelzahl/100 cm² des Baugrundes (15 cm Tiefe)

Platz	Belastung	F 86	H 86	F 87
	M	37	27	8
F.-Dornbusch II	S	66	42	34
	M	88	57	59
Niedererlenbach	S	98	37	21
	M	76	55	35
F.-Riederwald	S	5	4	3
	M	19	5	8
Bellersheim	S	72	55	53
	M	159	37	71
Gedern	S	69	35	54
	M	71	19	34
Grünberg	S	37	21	20
	M	52	25	31
Kirtorf	S	67	34	39
	M	94	23	29
Wiesentheid	S	83	52	39
	M	91	35	57
Remlingen	S	58	9	4
	M	20	3	4

GD 5% Platz × Belastung × Termin 30,4

„Riederwald“ als auch „Remlingen“ besitzen an allen drei Terminen in der Übergangszone gleiche Wurzelzahlen. Interessant ist die Entwicklung auf den anderen Plätzen. Während sich die beiden Frühjahrstermine nur an einigen Standorten unterscheiden, ist der Herbst 1986 durch signifikant niedrigere Wurzelzahlen gekennzeichnet. Für „Dornbusch I“ und „Gedern“ dagegen ist diese Entwicklung nicht zutreffend.

Wurzelzahl des Baugrundes (15 cm Tiefe)

Für die Wurzelzahl in 15 cm Tiefe ergibt sich signifikante Wechselwirkung Platz × Belastung × Termin. Folglich variieren die Wurzelzahlen im Baugrund je nach Platz in Abhängigkeit von der Belastungsintensität sowie der Jahreszeit.

Bis auf die Plätze „Dornbusch I“, „Riederwald“ und „Grünberg“, bei denen im Untersuchungszeitraum keine

wesentlichen Veränderungen der Wurzelzahlen in dieser Tiefe festgestellt werden konnten, zeichnen sich die übrigen Plätze fast ausnahmslos durch gesichert weniger Wurzeln im Herbst 1986 und Frühjahr 1987 gegenüber dem Frühjahr 1986 aus (Tab. 4). Unterschiede zwischen den Belastungsstufen bestehen lediglich im Frühjahr 1986 in „Bellersheim“ mit höheren Wurzelzahlen im Mittelfeld sowie in „Remlingen“ mit stärkerer Durchwurzelung im Strafraum. Die größten Differenzen zwischen den Plätzen sind zu Untersuchungsbeginn festzustellen, wobei diese Unterschiede mit fortschreitender Versuchsdauer durch die insgesamt abnehmenden Wurzelzahlen kleiner werden.

4. Diskussion

Sehr hohe **Bedeckungsgrade** während des Untersuchungszeitraumes besitzen die beiden SRS-Plätze. Besondere Pflegemaßnahmen wurden auf diesen jungen Plätzen bisher nicht durchgeführt. Neben einer zunehmenden Einwanderung von *Poa annua* ist zwar in „Remlingen“ eine Tendenz zur Abnahme der Bodenbedeckung im Strafraum zu beobachten, doch zeigen sich klar die Vorteile einer Verwendung strapazierfähiger Sorten von *Lolium perenne* und *Poa pratensis* bei der Ansaat. Beim Vergleich mit anderen Plätzen ist zu bedenken, daß der Platz in „Wiesentheid“ nur sehr gering belastet wird (Abb. 8). In „Remlingen“ sollte in Zukunft mit Pflegemaßnahmen wie Nachsaat oder Ausbessern begonnen werden, um das Vordringen der unerwünschten Art *Poa annua* einzudämmen. Die Belastungen während des Winterspielbetriebes und die in dieser Zeit nicht vorhandene Regenerationsfähigkeit der Gräser führen auf den übrigen Plätzen vor allem im Strafraum zu geringen Bedeckungsgraden im Frühjahr. Hiervon sind besonders, bis auf „Dornbusch II“, die Intergreen A-Plätze betroffen. Durch Pflegemaßnahmen sowie die Regeneration der Pflanzen während der Vegetationsperiode können diese Differenzen bis zum Herbst weitestgehend ausgeglichen werden. Zu den geringen Bedeckungsgraden in „Grünberg“ und „Kirtorf“ im Herbst 1986 ist anzumerken, daß der Platz in „Grünberg“ die höchste Belastung von 34 Wochenstunden aufweist und in „Kirtorf“ kurz vor dem

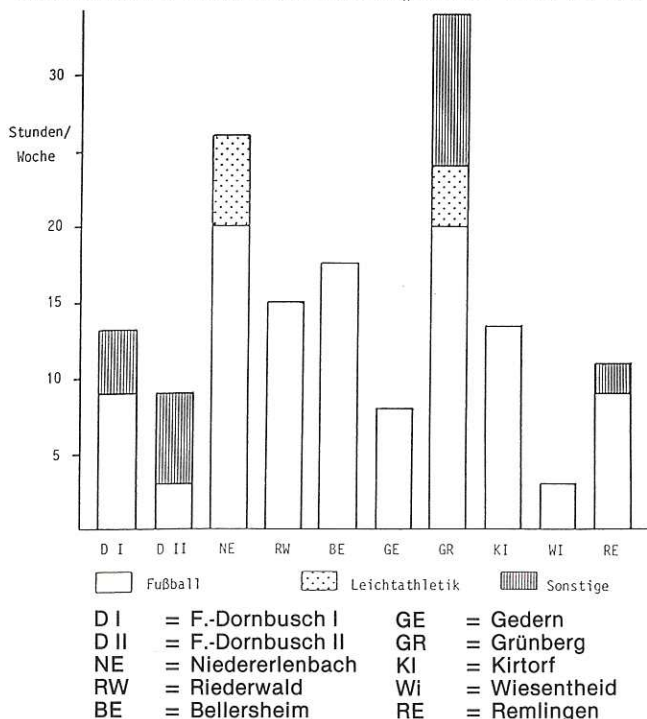


Abb. 8: Durchschnittliche Belastungsintensität in den Jahren 1985 und 1986

Untersuchungstermin Turnierspielbetrieb von über einer Woche Dauer stattgefunden hat.

Zur Nachsaat wurde auf den Plätzen hauptsächlich *Lolium perenne* verwendet. Auch wenn diese Art in der Ansaatmischung nicht enthalten war, wie in „Dornbusch II“ und „Riederwald“, hat sie durch diese Maßnahme im Laufe der Zeit beträchtliche Anteile am Pflanzenbestand einnehmen können. Diese Art hat den Vorteil, daß sie relativ schnell aufläuft und schnell die aufgetretenen Lücken schließt, jedoch bei starker Bespielung rasch wieder zerstört wird. Gerade in den stärker belasteten Bereichen sollte daher eine Präferenz für ausläufertreibende Gräser bestehen, wie sie *Poa pratensis* oder bestimmte Sorten von *Lolium perenne* darstellen. Auf alle Fälle ist den Gräsern bei einer Nachsaat genügend Zeit zur Durchwurzelung und Bestockung zu lassen. Spezielle Saattechniken oder Verlegen von Fertigrasensoden können diese Zeitspanne der Nutzungsunterbrechung verkürzen.

Aus den Untersuchungsergebnissen der **Artenzusammensetzung** ist abzuleiten, daß außer *Lolium perenne* und *Poa pratensis* alle anderen in einer Ansaatmischung enthaltenen Arten auf einer belasteten Rasenfläche nicht ausdauernd sind. Die zu 50 % in „Kirtorf“ in die Ansaatmischung aufgenommenen *Festuca*-Arten sind nach sieben Jahren nur noch spurenweise in den äußersten Seitenbereichen anzutreffen. Dagegen auf den Intergreen B-Plätzen die unerwünschte Art *Poa annua* zum Teil Anteile von über 50 % erreicht. Die zunehmenden Anteile von *Poa pratensis* in „Wiesentheid“ und „Remlingen“ bestätigen die Auffassung, daß diese strapazierfähige Art, Sorteneignung vorausgesetzt, in noch höheren Mengen als bisher bei der Ansaat berücksichtigt werden sollte. Eine wichtige Entscheidungshilfe bei der Sortenwahl sind die jeweils aktuelle „Beschreibende Sortenliste“ des Bundessortenamtes und die „Regelsaatgutmischungen“ (RSM).

Ohne eine Erschließung durch die **Gräserwurzeln** sind die Wasser- und Nährstoffvorräte des Baugrundes bzw. des unterhalb des Rasentragschichtgemisches anstehenden Oberbodens für die Pflanzen fast bedeutungslos. Lediglich geringe Mengen an Wasser und darin gelöste Nährstoffe könnten infolge kapillaren Aufstiegs zur Versorgung der Pflanzen beitragen. Eine intensive und tiefreichende Durchwurzelung ist somit aus ökologischen und ökonomischen Aspekten anzustreben, da im Boden gespeicherte oder im Bodenwasser enthaltene Nährstoffe der latenten Gefahr einer Auswaschung ausgesetzt sind, wenn sie nicht von Pflanzen aufgenommen werden.

Durchwurzelungsintensität und -tiefe sind abhängig von verschiedenen Faktoren wie: Poren $> 10 \mu\text{m}$ (SCHEFFER u. SCHACHTSCHABEL, 1979), Artenzusammensetzung, verwendete Sorten und Bedeckungsgrad (BOEKER, 1974; v.d. HORST u. KAPPEN, 1970; OPITZ v. BOBERFELD u. BOEKER, 1973) sowie Witterungs- und Pflegeeinflüsse — Bodentemperatur, Bodenfeuchte, Düngung, Schnitt, Bewässerung, Belastung — (BEARD, 1973; GARWOOD, 1968; KLAPP, 1971; SKIRDE, 1971, 1977, 1980). Die Einflüsse von Belastung und Jahreszeit zeigen sich auf den untersuchten Plätzen bei der Wurzelzahl in 5 cm Tiefe (Tragschicht) darin, daß zu den Frühjahrs-terminen die weniger belasteten Seitenbereiche stärker durchwurzelt waren als die Strafräume. Auch in der Übergangszone zwischen Tragschicht und Baugrund war diese Auswirkung der Belastung nachzuweisen. Vergleiche mit anderen Wurzeluntersuchungen auf der Basis „Wurzelmasse“ (MEHNERT, 1978; MÜLLER-BECK, 1977) sind hier nur bedingt möglich.

Poa annua besitzt nur einen geringen Wurzeltiefgang (WILKINSON u. DUFF, 1972). Aber selbst bei hohen Anteilen dieser Art in den Pflanzenbeständen von „Grünberg“ und „Kirtorf“ war die Durchwurzelung der Übergangszone und des Baugrundes mit der der anderen Plätze vergleichbar. Dies ist auf die Wurzelaktivität der noch vorhandenen Anteile an *Poa pratensis* und *Lolium perenne* zurückzuführen. In „Remlingen“ liegt die geringe Zahl der Wurzeln in 15 cm Tiefe offensichtlich in dem niedrigen P_2O_5 -Gehalt des Baugrundes (ca. 5 mg/100 g Boden) begründet, da Phosphat auf die Wurzeln einen starken chemotaktischen Reiz ausübt (SKIERDE et al., 1980). Vielleicht ist in diesem Baugrund mit einem Trockenraumgewicht von 1,7 g/cm³ die Obergrenze für die Durchwurzelung aber auch schon überschritten. Eine eindeutige Erklärung für die geringe Durchwurzelung des Baugrundes in „Riederwald“ kann mit den vorliegenden Ergebnissen nicht gegeben werden.

Wegen der Vielzahl der Einflußfaktoren auf belasteten Rasenflächen ist es nahezu unmöglich, daraus spezifische Einflüsse des Bodenaufbaues auf die Durchwurzelung abzuleiten. Die Hauptanforderung bei der Herstellung eines Rasensportplatzes ist daher in der Schaffung einer durchwurzelbaren Bodenschicht und der Vermeidung von Störschichten zu sehen. Nach den vorliegenden Ergebnissen weisen die Wurzelzahlen in den entsprechenden Tiefen darauf hin, daß diese Grundlagen bei den „bodennahen Bauweisen“ fast ausnahmslos erreicht werden.

Setzt man die Anzahl der Wurzeln in 5 cm Tiefe gleich 100 %, so verringert sich die Wurzelzahl in der Übergangszone auf durchschnittlich etwa 40 % und in 15 cm Tiefe auf 20 %. Von etwa 200 Wurzeln pro 100 cm² in der Tragschicht erreichen folglich ca. 80 den Baugrund bzw. Oberboden, und noch 40 Wurzeln können sein Wasser- und Nährstoffreservoir erschließen. Diese Verhältnisse stimmen sehr gut mit den Relationen der von MÜLLER-BECK (1977) ermittelten Wurzelmassen in 5—10 und 10—15 cm Tiefe überein. Die Ermittlung der Wurzelzahl stellt eine objektive Methode zur Beschreibung der Durchwurzelung dar. Gegenüber einer Wurzelmassebestimmung ist sie jedoch einfacher und zeitsparender durchzuführen. Zudem kommt der Wurzelzahl im Hinblick auf die Wasser- und Nährstoffversorgung der Gräser eine größere Bedeutung zu als der Wurzelmasse. Ferner ist sie hervorragend dazu geeignet, eventuell vorhandene, die Durchwurzelung hemmende Störschichten nachzuweisen und exakt zu lokalisieren.

Die über zwei Frühjahrs- und einen Herbsttermin gewonnenen Ergebnisse zeigen weiterhin sehr deutlich, daß die vegetationskundlichen Eigenschaften von Rasensportplätzen in „bodennahen Bauweisen“ zeitlichen Veränderungen unterliegen und somit nicht als statische Größen anzusehen sind.

Bei allen Bauweisen wurde eine mehr oder weniger starke Durchwurzelung des Baugrundes nachgewiesen, obwohl eine Verzahnung von Tragschicht und Baugrund auf den Intergreen B- und SRS-Plätzen visuell nicht nachvollzogen werden konnte. Folglich stellt dieser Übergangsbereich für die Pflanzenwurzeln kein Hindernis dar, so daß die Wasser- und Nährstoffvorräte des Baugrundes grundsätzlich erschlossen werden können. Daraus ergeben sich dann aber auch Schlußfolgerungen im Hinblick auf die immer wieder erhobene Forderung nach intensiver Verzahnung von Tragschicht und Baugrund.

Damit die Funktionsfähigkeit der Rasensportplätze nicht über ein vertretbares Maß hinaus beeinträchtigt wird, müssen Pflegemaßnahmen und -intensität auf Er-

haltung bzw. Wiederherstellung der günstigen Ausgangseigenschaften ausgerichtet sein.

VERFASSER: Dr. agr. H. NONN und Prof. Dr. H. FRANKEN, Institut f. Pflanzenbau, Katzenburgweg 5, 5300 Bonn 1

Literaturverzeichnis

- BAKER, S.W., 1981: The effect of earthworm activity on the drainage characteristics of winter sports pitches. *J. Sports Turf Res. Inst.* **57**, 9—23.
- BEARD, J.B., 1973: *Turfgrass: Science and culture*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 658 S.
- BEIER, H.-E., 1975: Bodenmechanische Prüfungsmöglichkeiten der Material- und Bauqualität bei Spiel- und Sportflächen. *Rasen-Turf-Gazon* **6**, 129—137.
- BLAKE, G.R., 1977: Proposed standards and specifications for quality of sand for sand-soil-peat mixes. *Proc. Third Int. Turfgrass Res. Conf.*, 195—203.
- BOEKER, P., 1974: Die Wurzelentwicklung unter Rasengräserarten und -sorten. *Rasen-Turf-Gazon* **5**, 1—3, 44—47, 100—105.
- BRYAN, P.J. and W.A. Adams, 1971: Observations on grass species persisting on English League soccer pitches in spring 1970. *Rasen-Turf-Gazon* **2**, 46—51.
- DNA, 1972: DIN 19682, Blatt 7. Bestimmung der Versickerungsintensität mit dem Doppelzylinder-Infiltrimeter. Beuth-Verl., Berlin und Köln.
- DNA, 1973: DIN 19683, Blatt 2, Physikalische Laboruntersuchungen — Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat. Beuth-Verl., Berlin und Köln.
- DNA, 1974: DIN 18035, Blatt 4, Sportplätze-Rasenflächen. Beuth-Verl., Berlin und Köln.
- FRANKEN, H., 1975: Untersuchungsverfahren und Grenzwerte beim Bau von Rasensportflächen. *Neue Landschaft* **20**, 548—554.
- GARWOOD, E.A., 1968: Some effects of soil water condition and soil temperature on the roots of grasses and clover. *J. Brit. Grassl. Soc.* **23**, 117—128.
- HABEGGER, E., 1976: Bau von INTERGREEN-Sportplätzen. *Rasen-Grünflächen-Begrünungen* **7**, 59—63.
- HABEGGER, E., 1978: Biologische Aktivität in Rasentragschichtgemischen. *Das Gartenamt* **27**, 88—94.
- HABEGGER, E., 1980: Tendenzen im Bau von Sportrasenflächen. *Der Gartenbau* **9/1980**, 415—419.
- HARTGE, K.H., 1971: *Die physikalische Untersuchung von Böden*. Verl. Enke, Stuttgart. 168 S.
- HELLRIEGEL, H., 1883: Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus mit besonderer Berücksichtigung der agrilkulturchemischen Methode der Sandkultur. Verl. F. Vieweg und Sohn, Braunschweig.
- v.d. HORST, J.P. und L.M. KAPPEN, 1970: Bewurzelung von Rasengräsern. *Rasen-Turf-Gazon* **1**, 15—16.
- KLAPP, E., 1971: *Wiesen und Weiden*. 4. Aufl. Verl. Paul Parey, Berlin u. Hamburg. 519 S.
- KNIERIEMEN, D., 1982: Zur Bedeutung von Regenwürmern für Umsetzung und Bodenverbesserung. *Z. f. Vegetationstechnik* **5**, 91—98.
- LIESECKE, H.-J. und U. SCHMIDT, 1976: Wasserdurchlässigkeit, Wasserbindung und Abscherwiderstand von Rasentragschichten im benutzten Zustand. *Rasen-Grünflächen-Begrünungen* **7**, 28—36.
- LINDNER, H., 1966: Zum Problem der optimalen Bodendichte. *Albrecht-Thaer-Arch.* **10**, 1071—1079.
- LOEBELL, R., 1953: Barometerfreie Luftpygrometer. *Z. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenkd.* **60**, 172—181.
- LUKOWSKI, S., 1971: Neues vom Olympiagelände München — Sportrasenflächen. *Neue Landschaft* **16**, 394—398.
- LUKOWSKI, S., 1972: Die Sportrasenflächen auf dem Olympia-Gelände: Alternative oder Experiment. *Neue Landschaft* **17**, 503—507.
- LUKOWSKI, S., 1986: Vegetationstechnische, zukunftsorientierte, bodennahe Bauweise — Aus der Sicht des Planers — *Rasen-Turf-Gazon* **17**, 93—95.
- MEHNERT, C., 1978: Die Entwicklung der Sportrasenflächen im Münchener Olympiapark und auf zwei weiteren Plätzen in Abhängigkeit von Bodenaufbau, Ansaatmischung, Pflege und Belastung. *Diss. München*.
- MOORMANN, J.T., 1971: Bau von Sportplätzen in den Niederlanden. *Rasen-Turf-Gazon* **2**, 75—80.
- MUDRA, A., 1959: *Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche*. Verl. Paul Parey, Berlin und Hamburg. 336 S.
- MÜCKENHAUSEN, E., 1974: Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen. DLG-Verl., Frankfurt/M. 579 S.
- MÜLLER-BECK, K.-G., 1977: Sportplätze aus der Sicht des Bodenaufbaues und des Pflanzenbestandes. *Diss. Bonn*.
- NITSCH, W. von, 1936: Der Porengehalt des Ackerbodens — Meßverfahren und ihre Brauchbarkeit. *Z. Bodenkd. u. Pflanzenernähr.* **46**, 101—115.
- NONN, H., 1988: Bodenphysikalische, bodenchemische und vegetationskundliche Eigenschaften von Rasensportplätzen in „bodennahen Bauweisen“. *Diss. Bonn*.
- OPITZ v. BOBERFELD, W., 1972: Pflanzensoziologische und ökologische

Untersuchungen der Rasenflächen des Kölner Grüngürtels. *Rasen-Turf-Gazon* 3, 21—27.

OPITZ v. BOBERFELD, W. und P. BOEKER, 1973: Der Einfluß verschiedener Düngemittel auf die Anhäufung der Wurzelmasse eines Intensivrasentyps. *Rasen-Turf-Gazon* 4, 25—27.

RENGER, M., 1972: Zur Voraussage der Wirksamkeit geplanter Dränungen. *Kali-Briefe* 11, Fachgeb. 7, Folge 2, 1—7.

RICHARDS, L.A. and M. FIREMAN, 1943: Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Sci.* 56, 395—404.

RICHARDS, L.A. and L.R. WEAVER, 1944: Moisture retention by some irrigated soils as related to soil moisture tension. *J. Agric. Res.* 69, 215—235.

SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL, 1979: Lehrbuch der Bodenkunde. 10. durchges. Aufl. Verl. Enke, Stuttgart. 394 S.

SCHUURMAN, J.J. und L. Knot, 1957: Het schatten van hoevelheden wortels in voor wortelonderzoek genomen monsters. *Verl. Landbouwk. Onderz.* No. 63.14, s'Gravenhage.

SIMON, W. und D. EICH, 1965: Probleme und Methoden der Wurzeluntersuchungen (unter besonderer Berücksichtigung leichter Böden). *Z. Acker- und Pflanzenbau* 100, 179—198.

SKIRDE, W., 1971: Bewurzelung der Rasendecke mit Beispielen für Abhängigkeit und Beeinflussung. *Rasen-Turf-Gazon* 2, 112—115.

SKIRDE, W., 1973a: Bodenmodifikation für Rasensportflächen. *Rasen-Turf-Gazon* 4, 21—24.

SKIRDE, W., 1973b: Vegetationstechnische Gesichtspunkte beim Bau von Rasensportflächen. *Das Gartenamt* 22, 630—636.

SKIRDE, W., 1977: Wurzelmassebildung bei belasteten Rasentragschichten. *Das Gartenamt* 26, 651—654.

SKIRDE, W., 1978: Vegetationstechnik Rasen und Begrünungen. *Schriftenreihe Landschafts- und Sportplatzbau* 1. 1. Aufl. Verl. Patzer, Berlin u. Hannover. 240 S.

SKIRDE, W., 1980: Entwicklungstendenzen beim Bau von Rasensportflächen. *Neue Landschaft* 25, 85—92.

SKIRDE, W., W. BÜRING, H. PÄTZOLD, H. TIETZ, K. TROJAHN, F. MÜLLER und A. NIESEL, 1980: Erhaltung von Sportplätzen. *Schriftenreihe Landschafts- und Sportplatzbau* 2. 1. Aufl. Verl. Patzer, Berlin u. Hannover. 208 S.

SWARTZ, W.-E. and L.T. KARDOS, 1963: Effect of compaction on physical properties of sand-soil-peat mixtures at various moisture contents. *Agron. J.* 55, 7—10.

THUN, R., R. HERRMANN und E. KNICKMANN, 1959: Die Untersuchung von Böden. *Methodenbuch* I. 4. Aufl. Verl. Neumann, Radebeul und Berlin. 286 S.

VETTER, H. und S. CHARAFAT, 1964: Die Wurzelverbreitung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen im Unterboden. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 120, 275—298.

WILKINSON, J.F. and D.T. DUFF, 1972: Rooting of *Poa annua* L., *Poa pratensis* L. and *Agrostis palustris* Huds. at three bulk densities. *Agron. J.* 64, 66—68.

N_{min}-Gehalte unter Golfrasen*

G. Hardt, H. Schulz und H. Jacob

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, mit Hilfe der N_{min}-Methode Ergebnisse über NO₃⁻-N- und NH₄⁺-N-Gehalt im Boden unter einzelnen Rasentypen zu erhalten. Dazu wurden zwischen Juli 1986 und Juli 1987 (4 Termine) auf zwei Golfplätzen Bodenproben aus den drei Entnahmetiefen 0—30 cm, 30—60 cm und 60—90 cm gezogen. Zusätzlich wurden auf einem Golfplatz Wasserproben von verschiedenen Entnahmestellen auf ihre NO₃⁻-, SO₄²⁻-, Cl⁻-, H₂PO₄⁻- und NH₄⁺-Konzentration untersucht. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. In den einzelnen Tiefen wurden je nach Rasentyp unterschiedlich hohe N_{min}-Gehalte festgestellt, die unter den Greens am höchsten und unter den Roughs am niedrigsten sind.
2. Mit zunehmender Tiefe nehmen die N_{min}-Gehalte, bedingt durch die hohen mittleren NH₄⁺-N-Werte in 60—90 cm Tiefe, unter den Greens auf beiden Golfplätzen zu, unter den Fairway- und Rough-Flächen ab.
3. Die jahreszeitlichen Veränderungen der N_{min}-Gehalte zeigen weder für den NO₃⁻-N- noch für den NH₄⁺-N-Gehalte einen eindeutigen Verlauf.
4. Neuaufgebaute Greens mit hohem Sandanteil in der Tragschicht zeigen deutlich niedrigere NO₃⁻-N-Werte im gesamten Bodenprofil als ältere mit geringem Sandanteil.
5. Wasserproben, die im Einflußbereich der landwirtschaftlich genutzten Fläche entnommen wurden, enthalten stets die vergleichsweise höchsten NO₃⁻-Konzentrationen (bis 86 mg NO₃⁻/l im Juli 1987), während die aus der Dränage des Golfplatzes die geringsten NO₃⁻-, aber die höchsten SO₄²⁻-Konzentrationen (bis 392 mg SO₄²⁻/l im November 1986) aufweisen.

N-min contents under golf links

Summary

It was the purpose of this investigation to obtain results on the NO₃⁻-N- and NH₄⁺-N-contents in the soil under different types of turf by using the N_{min}-method. In July 1986 and in July 1987 (four times) soil samples were therefore taken on two golf links from three different levels, viz. from a depth of 0—30 cm, 30—60 cm and 60—90 cm. In addition, water samples were taken on one golf course from different places, which were the examined as to their concentration of NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, H₂PO₄⁻ and NH₄⁺. The results can be summarized as follows:

- 1) Depending on the type of turf, the N_{min}-contents differ in the various depths. They were lowest under the greens and highest under the roughs.
- 2) With increasing depth, the N_{min}-contents, as a consequence of the high medium NH₄⁺-N-values in a depth of 60 to 90 cm, increases under the greens on both golf courses, but is reduced under the fairway and rough areas.
- 3) The seasonal changes of the N_{min}-contents do not show a clear development as far as the NO₃⁻-N- and the NH₄⁺-N-contents are concerned.
- 4) Newly established greens with a high proportion of sand in the vegetation layer show definitely lower NO₃⁻-N-values in the entire soil profile than older ones with a lower proportion of sand.
- 5) Water samples, which were taken in the area still within the influence of the agriculturally used area always contain the comparatively highest concentration of NO₃⁻ (up to 86 mg NO₃⁻/l in July 1987), whereas those from the drainage of the golf course show the lowest NO₃⁻, however the highest concentrations of SO₄²⁻ (up to 392 mg SO₄²⁻ in November 1986).

Teneurs en N-min (azote minéralisé) dans les pelouses de golf

Résumé

Le but de cette étude fut d'obtenir des résultats sur les teneurs du sol en NO₃⁻-N et en NH₄⁺-N sous différents types de gazon. Pour ceci on effectua entre Juillet 1986 et Juillet 1987 (4 dates) sur deux terrains de golf des prélèvements d'échantillons de sol à 0—30 cm, 30—60 cm et 60—90 cm de profondeur. De plus on analysa dans des échantillons d'eau prélevés dans différentes parties d'un terrain de golf les teneurs en NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, H₂PO₄⁻ et en NH₃.

Les résultats se résument comme suit:

1. Les teneurs en N-min varient dans les différentes profondeurs selon le type de gazon marquant un maximum sous les greens et un minimum sous les roughs.
2. Sous les greens les teneurs en N-min augmentent avec la profondeur, ceci du aux teneurs en moyenne élevées en NH₄⁺-N dans la couche de 69—90 cm; sous les fairways et les roughs il y a diminution des teneurs avec la profondeur.
3. Les variations saisonales des teneurs en N-min ne traduisent ni pour le NO₃⁻-N ni pour le NH₄⁺-N une tendance claire.
4. Des greens nouvellement installés avec un taux élevé de sable dans la couche portante contiennent nettement moins de NO₃⁻-N à travers le profil du sol que des greens plus anciens avec un taux plus faible en sable.
5. Les analyses des eaux prélevées sous la partie cultivée se caractérisent à chaque reprise par les concentrations en nitrates les plus élevées (atteignant 86 mg NO₃⁻/l en Juillet 1987), tandis que les eaux de drainage du terrain de golf contiennent les concentrations les plus faibles en nitrates, mais par contre les plus élevées en sulfates (jusqu'à 392 mg SO₄²⁻ en novembre 1986).

* Die vorliegende Arbeit wurde mit freundlicher Unterstützung der Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG (FEW) durchgeführt.

Vorwort

Im folgenden Bericht werden Beziehungen zwischen N-Düngung und N-Verfrachtung im Boden unter Rasen behandelt. Ihm liegt eine Untersuchung an verschiedenen Golfrasentypen zugrunde, die der Methodenerprobung gewidmet war. Unbeschadet dieser speziellen Zielsetzung erbrachten die im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführten Beobachtungen (G. Hardt, N_{\min} -Gehalte unter Golf- und Sportplatzrasen, Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Grünlandlehre) bereits Ergebnisse, die wegen ihrer Aktualität einem größeren Interessentenkreis vorgestellt werden sollen. Der Besprechung der Beobachtungsergebnisse werden zunächst einige Fragen allgemeiner Art sowie der derzeitige Kenntnisstand zu Fragen der Golfplatzdüngung vorangestellt, dessen Zusammenfassung im Hinblick auf die hier angeschnittenen Fragen von Bedeutung erschienen.

1. Einleitung, bisheriger Kenntnisstand

„Rasen sind nicht landwirtschaftlich genutzte Grünflächen, die von überwiegend ausdauernden Gräsern und Kräutern wechselnder Zusammensetzung bedeckt sind, der Repräsentation, der Erholung und/oder der Verbesserung der Umweltbedingungen dienen und keiner regelmäßigen Bodenbearbeitung unterliegen“ (SCHULZ und JACOB, 1987).

Bis in die jüngste Vergangenheit — z.T. auch noch in der Gegenwart — wird Rasen vornehmlich unter ästhetischen Aspekten gesehen. Allmählich wird aber immer offenkundiger, daß dieser „Vegetationsform“ auch oder vornehmlich unter dem Gesichtspunkt von Erholung generell, Sport speziell mehr und mehr Bedeutung zuwächst. Zunehmendes Erholungsbedürfnis einerseits, mehr Freizeit andererseits führt zu Aktivitäten, die sich vornehmlich auf Rasenflächen konzentrieren, deren flächenmäßige Ausdehnung zunehmende Tendenz hat.

Mit der Ausdehnung der Rasenflächen werden diese zunehmend auch zu einem ökologisch wirksamen Faktor, zumal der Rasenflächenanteil am Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland z.Z. auf ca. 5 % geschätzt wird (SCHULZ und JACOB, 1987). Rasen sind also bereits zum landschaftsprägenden Element aufgestiegen (zum Vergleich: Das landwirtschaftlich genutzte Grünland nimmt in der Bundesrepublik Deutschland etwa 18 % der Fläche des Staatsgebietes ein; der Rasenanteil entspricht demnach beinahe einem Drittel des landwirtschaftlichen Grünlandes insgesamt). Die ökologischen Nah- und Fernwirkungen sind äußerst vielseitig: Erwähnt seien als Beispiele die klimatischen — hier übernehmen Rasen in besonderem Maße Ausgleichsfunktion —, der Erosionsschutz im hängigen Gelände, die auf den Boden ausgeübten Wirkungen (Bodenruhe) und vieles andere mehr. Neben solche ausgesprochen günstigen Wirkungen können aber auch belastende treten: Das gilt vor allem hinsichtlich der Rückwirkungen, die die Behandlung von Rasenflächen auf die Umwelt nimmt. Vorrangig wirksamer Faktor ist dabei die Düngung vor allem mit Stickstoff. Insbesondere gegenüber Betreibern sehr düngerintensiver Rasen — z.B. den Teilflächen der Golfplatzanlagen — wird häufig der Vorwurf zu hoher Düngungsintensität mit der Folge erheblicher Auswaschung, vor allem löslicher N-Verbindungen, erhoben. Dabei wird sowohl von Kritikern als auch manchen Betreibern von Golfplätzen zu häufig übersehen, daß die Rasentypen generell, die der Golfplätze speziell verschieden hohe Pflegeansprüche stellen.

Innerhalb der Rasenflächen eines Golfplatzes wird bekanntermaßen nach Rough, Fairway, Tee und Green unterschieden. Damit ergibt sich jedoch bereits automa-

tisch entsprechend der mechanischen und physiologischen Belastung eine Gliederung nach Rasentyp:

Roughs (Rauhen) zählen zum Typ „Landschaftsrassen“, sie haben mithin geringe Pflegeansprüche, erbringen hohen Erosionsschutz; sind ökologisch sehr wertvoll,

Fairways (Spielbahnen) sind „Gebrauchsrassen“ mit mittleren Pflegeansprüchen und im Mittel geringer Belastbarkeit,

Tees (Abschläge) sind „Strapazierrassen“ mit hohen Pflegeansprüchen und starker Belastbarkeit,

Greens (Grüns) sind „strapazierte Zierrassen“ mit sehr hohen Pflegeansprüchen.

Tab. 1: Flächenanteil der Nutzungsformen eines Golfplatzes

Bezeichnung der Nutzungsformen	Flächenanteil in %
Greens	1— 2
Vorgreens und Tees	1— 2
Fairways	30—40
Roughs einschl. Semi-Roughs, Gewässer, Wald, Gehölze	50—70

Die einzelnen Rasentypen innerhalb eines Golfplatzes verteilen sich wie mit Tab. 1 zusammengefaßt. Die Flächenteile, die sehr hohen Pflegeaufwand erforderlich werden lassen — neben intensiver Mahd mit genormter Schnittqualität sind das vor allem Nährstoffaufwand und Pflanzenschutz —, sind demnach insgesamt sehr klein. In aller Regel übersteigen sie 4 % der Gesamtfläche nicht. Immerhin kann daraus aber nicht ohne weiteres geschlossen werden, daß dementsprechend auch keine oder doch nur geringe Belastungen des Standortes auftreten, zumal der Düngeraufwand für die Fairways, die immerhin bis zu 40 % eines Platzes einnehmen können, ebenfalls nicht immer niedrig, vor allem erfahrungsgemäß häufig auch nicht unbedingt sehr exakt betrieben wird.

Andererseits läßt sich aber auch nicht übersehen, daß es bislang kaum wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse darüber gibt, wie vor allem auf den nährstoffarmen Rasentragschichten der in Bodenaufbau und Pflege den DIN-Anforderungen unterliegenden Rasenanlagen eine hinlängliche N-Versorgung der Pflanzen ohne Umweltbelastung gesteuert sein muß. Die Notwendigkeit der Zufuhr hoher Stickstoffmengen einerseits, geringe Nährstoffhaltefähigkeit der nach DIN 18035 Blatt 4 erstellten hochdurchlässigen Rasentragschichten der Greens andererseits erschweren es, der Forderung nachzukommen, Nitratauswaschung zu vermeiden (KRAFFCZYK, 1987).

2. Problemstellung

Der vorliegende Aufsatz befaßt sich speziell mit der Beziehung zwischen N-Düngung und N-Verfrachtung im Boden unter verschiedenen Golfrasenflächen. Bei den Untersuchungen im Freiland wurde die im Pflanzenbau allgemein mittlerweile übliche N_{\min} -Methode (SCHARPF, 1977) angewendet, mit deren Hilfe der Vorrat des Bodens an pflanzenverfügbarem Stickstoff (Nitrat und austauschbares Ammonium) zu ermitteln ist.

Im Untersuchungsfall sind die N_{\min} -Gehalte genutzter Rasenflächen (Rasentypen) in verschiedenen Bodentiefen untersucht worden, um folgende Fragen zu klären:

- Liegen im Boden unter Greens, Fairways und Roughs unterschiedliche N_{\min} -Gehalte vor?
- Wie verändern sich die N_{\min} -Gehalte unter einzelnen Rasentypen mit zunehmender Tiefe?
- Sind jahreszeitliche Veränderungen im N_{\min} -Gehalt festzustellen?

— Bestehen zwischen verschiedenen aufgebauten Greens Unterschiede im N_{\min} -Gehalt?

Ergänzend wurden auf einem Golfplatz Wasserproben aus dem Einzugsbereich sowohl der Rasen- als auch landwirtschaftlich genutzter Flächen gezogen und die gemessenen Ionenkonzentrationen verglichen.

3. Literaturübersicht

3.1 Stickstoffbedarf der Rasenpflanzen

Für die Erhaltung einer dichten und unkrautfreien Rasenfläche ist regelmäßige N-Düngung notwendig (ROEBERS und LANGE, 1968; SIEBER, 1970). Sie hat nach DEN ENGELSE (1970) die Aufgabe, die gewöhnlich kurz gemähte Narbe als permanent grüne Rasenfläche zu erhalten.

Maßgebende Pflanzenartengruppe zur Erfüllung dieser Forderung sind die Gräser, deren Dominanz bei Intensivrasen unter N-Düngung, hoher Schnitthäufigkeit und Beregnung noch zusätzlich verstärkt wird (SKIRDE, 1978). Alle an Zierrasen zu stellenden Qualitätsanforderungen — Farbe, Dichte, Regenerationsvermögen — können nur über Gräser erfüllt werden und hierbei wiederum über Sicherstellung eines steten Gräserwachstums (BURGHARDT, 1982). Entscheidender Faktor zur Steuerung dieser Eigenschaften ist Stickstoff, über dessen Anwendungsmengen, Ausbringungszeitpunkt, aber auch über das Verhältnis zu anderen Nährstoffen (P, K) noch keine klaren Vorstellungen herrschen. MEHNERT (1986) gibt für die N-Düngung der Golfplatzrasen die mit Tab. 2 zusammengefaßten Mengen an.

Tab. 2: Jährliche N-Düngungsintensität für Golfgrasflächen (nach MEHNERT, 1986)

	g N/m ²
Greens	35—40
Vorgreens und Tees	20—25
Fairways	0—15
Roughs, Semi-Roughs, Gewässer, Wald, Gehölze	—

Die Ansprüche der einzelnen Rasengräser an die N-Versorgung sind jedoch nicht einheitlich. BEARD (1973) differenziert deshalb nach Arten (Tab. 3).

Tab. 3: Stickstoffbedarf einiger Rasengräser (nach BEARD, 1973)

Stickstoffdün- gungs- niveau	g Rein-N/m ² je Vegeta- tionsmonat	Gräserart
niedrig	1.0—2.9	<i>Festuca rubra commutata</i> <i>Festuca rubra rubra</i>
mittel	1.9—4.8	<i>Festuca arundinacea</i> <i>Poa annua</i> <i>Poa trivialis</i> <i>Lolium perenne</i>
hoch	2.4—7.3	<i>Poa pratensis</i> <i>Agrostis spec.</i> Bermudagrass

Die Angaben beider Autoren lassen erkennen, daß die mengenmäßige Verteilung der N-Düngung an der Benutzungsintensität und -dauer zu orientieren ist. Hinzu treten als weitere Bestimmungsgrößen (die in Tab. 2 und 3 hierzu erfaßt sind) Klima bzw. Witterung und weiterhin die Eigenschaften des Rasentragschichtmaterials und des gesamten Bodenaufbaus (BÜRING, 1979). Im Falle oberbodenarmen und stark sandigen Aufbaus der Rasentragschicht wird ständige Nährstoffzufuhr notwendig, da Sande im Vergleich zu anderen Bodenarten eine

niedrige bis sehr niedrige Kationenaustauschkapazität besitzen und ihre Nährstoffhaltefähigkeit entsprechend niedrig ist (DELLER, 1985; MENGEL, 1984; SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1982). In diesem Zusammenhang weist MADISON (1971) im übrigen darauf hin, daß gerade bei Greens mit hohem Sandanteil auch die P- und K-Nachlieferungsrate unzulänglich ist. RIEM VIS (1976) hält deshalb auch einen angemessenen Gehalt an organischer Substanz in der Rasentragschicht zur guten Entwicklung nach der Einsaat und zur Regeneration nach Schädigung für wichtig. Es bestehen jedoch noch keine klaren Vorstellungen über das notwendige Verhältnis der einzelnen Nährstoffe zueinander, über die notwendige Nährstoffmenge, den Ausbringungszeitpunkt (SCHÖNTHALER, 1974) sowie über die Nährstoffbevorratung der Rasentragschicht, mit der das Regenerationsvermögen der Gräser bedarfsgerecht optimiert werden kann.

3.2 Stickstoffentzug durch Rasengräser

Die wichtigsten von der Pflanze aufgenommenen N-Formen sind Nitrat (NO_3^-), das austauschbare, in der Bodenlösung befindliche Ammonium (NH_4^+) und in geringen Mengen auch Nitrite (NO_2^-) (BRETELER, 1978; MENGEL, 1984; SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1982). Dabei kann nach MENGEL (1984) NH_4^+ ähnlich wie K^+ zwischen den Schichtpaketen der Tonminerale außerordentlich fest gebunden werden. Feld- und Bodenbrutversuche von COLDEWEY-ZUM ESCHENHOFF (1985) haben gezeigt, daß das nicht austauschbare NH_4^+ keine Bedeutung für die durch Mineralisation gebildete Stickstoffmenge hatte. Mit einer nennenswerten NH_4^+ -Konzentration in der Bodenlösung rechnet MENGEL (1984) lediglich auf sauren, sorptionsschwachen Böden.

In der Literatur wird einheitlich berichtet, daß mit steigendem N-Angebot auch der Gesamt-N-Gehalt im Schnittgut der rasenbildenden Gräser wächst (MEHNERT und MÄDEL, 1982; MÜHLSCHLEGEL und MEHNERT, 1974; SCHWEIZER, 1974; SKIRDE, 1973; SKIRDE und KERN, 1971). Die N-Entzüge stehen dabei in Beziehung zur verwendeten Düngerform. Nach HÄHNDEL und DRESSEL (1987) zeigten die mit Ammoniumsulfat gedüngten Gräser eine raschere Aufnahme und Umsetzung des Stickstoffs als die mit Langzeitdüngern versorgten Pflanzen. Bei letzteren verliefen beide Prozesse wesentlich langsamer und kontinuierlicher. Über die dabei erreichbare N-Ausnutzung, die ökologisch von höchster Bedeutung ist, gibt es wenig konkrete Angaben. Nach BURGHARDT (1984) liegt der N-Entzug durch Rasengräser in einer Größenordnung, aus der je nach Verfügbarkeit und Begleitumständen auf einen Ausnutzungsgrad zwischen 40 und 60% geschlossen werden kann.

In diesem Zusammenhang ist darauf zu verweisen, daß Stickstoff- und Kalium-Aufnahme durch die Pflanze miteinander positiv korreliert sind. Starke N-Zufuhr mit der Folge verstärkter N-Aufnahme führt auch zu verstärkter K-Aufnahme, was wiederum bei unzulänglicher K-Düngung K-Mangel hervorrufen kann (MÜHLSCHLEGEL und MEHNERT, 1974).

Um Stickstoffmangel der Pflanzen und einer eventuellen Nährstoffverarmung des Bodens vorzubeugen, ist nach MEHNERT und MÄDEL (1982) das Liegenlassen des Schnittgutes auf Gebrauchs- und Strapazierrasen als teilweiser Ersatz für die N-Düngung zu empfehlen. Den Untersuchungen von SKIRDE (1973) zufolge erbringen die aus Sand bestehenden Rasentragschichten gegenüber Tragschichten aus Feinerde bei gleichem Nährstoffangebot einen sowohl höheren Schnittgutanteil als auch höhere Gehaltswerte an Stickstoff.

3.3 Stickstoffauswaschung unter Rasenflächen

Nach VÖMEL (1970), ROHMANN und SONTHEIMER (1985) ist unter Nährstoffauswaschung die Verfrachtung im Bodenwasser gelöster Nährstoffe in Tiefen unter den Wurzelraum zu verstehen, aus denen kein Wiederaufstieg des Wassers erfolgt. Nach JUNG (1972) ist die NO_3^- -Auswaschung darüber hinaus um so höher, je schwächer ein Pflanzenbestand den Boden durchwurzelt.

Ausreichend hohe Stickstoffmengen einerseits, geringe Nährstoffhaltefähigkeit der nach DIN 18035 Blatt 4 erstellten hochdurchlässigen Rasentragschichten andererseits erschweren es, die Forderung zu erfüllen, Nitrat auswaschung zu vermeiden (KRAFFCZYK, 1987), zumal annähernd 90 % der Wurzelmasse unter Rasen in der obersten Bodenschicht von nur wenigen cm zu finden ist (BOEKER, 1974).

Über Umfang und zeitlichen Verlauf der N-Auswaschung in Abhängigkeit von Böden und Kulturart wird in der Literatur ausführlich berichtet (u. a. AMBERGER, 1983; CZERATZKI, 1973; DRESSEL und JÜRGENS-GSCHWIND, 1985; HAUNOLD u. a., 1982; JUNG, 1972; JUNG und DRESSEL, 1974; VÖMEL, 1970).

Nach SKIRDE (1977) treten unter Rasenflächen Auswaschungsverluste bevorzugt bei Kalium und Stickstoff auf. Die Auswaschung steht bei Stickstoff in enger Beziehung zur N-Form (s. auch ANDRE, 1986; BROWN et al., 1977; HÄHNDEL und DRESSEL, 1987; MEHNERT, 1986; SKIRDE, 1978).

MEHNERT (1986) und PETERSEN (1970) beschreiben, daß auf wassergesättigten Sandböden (z. B. auf Greens) infolge größerer Infiltration eine Niederschlagsmenge von etwa 15–20 mm nahezu 90 % eines schnelllöslichen N-Düngers aus dem Wurzelhorizont in tiefere Bodenschichten verlagern kann.

BROWN et al. (1982) untersuchten Auswaschungsverluste an nach USGA*) konzipierten Greens (Abb. 1). Sie ermittelten NO_3^- -N-Verluste durch Auswaschung von 8.6 bis 21.9 % bei Einsatz von 163 kg Ammoniumnitrat-N je ha, aber nur 0.2 bis 1.6 % NO_3^- -N-Verlust nach Anwendung von 146 kg IB-Harnstoff (Isodur-Dünger) je ha.

Gegenüber Nitrat wird Ammonium oder Harnstoff nur in geringem Maße verlagert (BROWN et al., 1982; CZERATZKI, 1973; MITCHELL et al., 1978), allerdings ist auch die Möglichkeit einer NH_4^+ -Auswaschung auf durchlässigen, sorptionsschwachen und biologisch inaktiven Böden (Sandböden) nicht auszuschließen (CZERATZKI, 1973; SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1982).

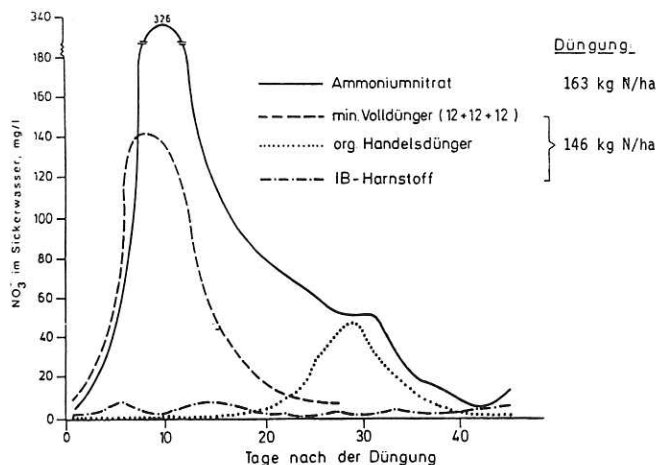


Abb. 1: Nitratkonzentration im Sickerwasser von Golfgreens bei verschiedenen N-Düngern (USGA-Aufbau) (BROWN et al., 1982)

*) United States Golf Association

Der geringe N-Austrag des Ammoniums erklärt sich nach DRESSEL und JÜRGENS-GSCHWIND (1985) dadurch, daß NH_4^+ -N in stärkerem Maße in die organische Substanz inkorporiert, bei lehmigem Ton evtl. auch fixiert wird, also eine Immobilisierung stattfindet.

3.4. Stickstoffdüngerformen für Rasen

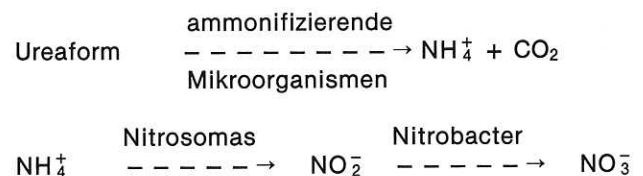
Um die Graspflanzen stets ausreichend mit Stickstoff zu versorgen, bieten sich zwei Möglichkeiten der N-Düngung an (MEHNERT, 1986):

- Ausbringen der benötigten Nährstoffmenge in leichtlöslicher Form in vielen kleinen Teilgaben und in kurzen Zeitabständen.
 - Verwendung von langsam, aber nachhaltig wirkenden Langzeit-Düngern, die in wenigen Teilgaben in genau festgelegten Zeiträumen verabreicht werden.
- Die auf Rasen anzuwendenden N-Dünger sind in Tabelle 4 zusammengefaßt. Dabei kommt den synthetisch-organischen Stickstoffverbindungen sowie den umhüllten Langzeitdüngern besondere Bedeutung zu.

Tab. 4: Gruppen der N-Dünger (MÜLLER-BECK, 1987)

Düngertyp	Wirkungsspektrum	Produktbeispiel
Mineralische N-Dünger	Sofortwirkung	Ammoniumsulfat, Kalkammonsalpeter etc.
Natürlich-organische N-Dünger	Geringe Sofortwirkung mit variabler Dauerwirkung	Kompost, Horn-Leder-Blutmehl etc.
Synthetisch-organische N-Dünger	Sofort- und definierte Dauerwirkung	Crotodur-Dünger, Isodur-Dünger, Ureaform-Dünger
Umhüllte N-Dünger	Definierte Dauerwirkung	Basacote, Nutricote, Osmocote, Plantocote
Mischung aus verschiedenen N-Düngern	siehe oben	siehe oben

Die Langzeitwirkung der Crotodur- und Isodur-Dünger (synth. org. N-Dünger) beruht auf chemischen Umsetzungen (Hydrolyse), die abhängig sind von den auch das Pflanzenwachstum beeinflussenden Faktoren Wasser und Temperatur und von den Aktivitäten der Bodenbakterien sowie der Bodenazidität (pH-Wert) (HÄHNDEL, 1986). Die N-Freisetzung der Ureaform-Dünger erfolgt entsprechend der nachstehenden Formel über biologische Reaktionen der Ammonifizierung und anschließender Nitrifikation.



Die Langzeitwirkung der umhüllten N-Dünger beruht auf einem allmählichen Nährstoffaustritt durch Diffusion (KRAFFCZYK, 1987).

An langsamwirkende Stickstoffdüngemittel stellt HÄHNDEL (1986) folgende Anforderungen:

- dem Bedarf der Pflanzen angepaßte Nährstoff-Freisetzung über möglichst lange Zeit,
- mindestens gleiche Nährstoffleistung wie üblich leichtlösliche Stickstoffdüngemittel,
- nur geringe Erhöhung der Salzkonzentration der Bodenlösung auch bei hoher Nährstoffgabe, um Umweltverträglichkeitsrisiken für die Pflanzen zu minimieren.

PRON (1981) hebt ihre geringere Wasserlöslichkeit, verzögerte Anfangswirkung, längere Wirkungsdauer, ge-

ringeren Salzgehalte, bessere Pflanzenverträglichkeit mit einem ausgeglicheneren Wachstumsverlauf der Pflanzenbestände besonders hervor, weist aber gleichzeitig auch darauf hin, daß für die Freisetzung von pflanzenaufnehmbarem Stickstoff letztlich Feuchtigkeit, Wärme, pH-Wert sowie die Korngröße der Dünger von großem Einfluß sind.

Aus ernährungsphysiologischer Sicht ist für BURG-HARDT (1984), in weitgehender Übereinstimmung mit den Untersuchungen von MÜHLSCHLEGEL und MEH-NERT (1974) sowie SIEBER (1970), ein N-betontes Nährstoffverhältnis N:P₂O₅:K₂O von etwa 1:0.3:0.3 bis 0.5 ausreichend, wobei eine physiologisch schwach saure Reaktion und eine Wirkungsdauer — je nach Langzeitcharakter — zwischen 4 und 12 Wochen von Vorteil sind.

4. Material und Methoden

4.1 Standortbeschreibung

Die N_{min}-Untersuchungen wurden auf zwei 18-Loch-Golfplätzen (I und II) im südlichen Baden-Württemberg vorgenommen. Golfplatz I liegt im Wasserschutzgebiet, in einem Gebiet mit vergleichsweise hohen Niederschlägen, gegenüber Platz II aber deutlich höheren Temperaturen und — aufgrund der Höhenlage — auch längerer Vegetationsperiode. Tab. 5 charakterisiert die beiden Untersuchungsstandorte.

Tab. 5: Standortbeschreibung der Untersuchungsorte

	Golfplatz I	Golfplatz II
Größe (ha):	48	100
— Greens	~ 1	~ 1
— Fairways	~ 16	~ 30
— Roughs	~ 31	~ 70
Höhenlage (m ü. NN):	400	710
mittlere Jahres- temperatur (°C):	9.9	6.6
April—September	15.5	12.1
Oktober—März	4.3	1.1
mittlere Nieder- schlagssumme (mm):	1044	774
April—September	618	453
Oktober—März	426	321
mittlere Zahl der Tage mit Schneedecke (1900—1950):	40	69

4.2 Bodenaufbau, Bodenanalysen und Bewirtschaftung

Die Greens der untersuchten Golfplätze sind nicht einheitlich und abweichend von der DIN 18035/4. Abb. 2 und 3 geben den tatsächlichen Aufbau, wie er aus den Konstruktionsplänen hervorging, wieder.

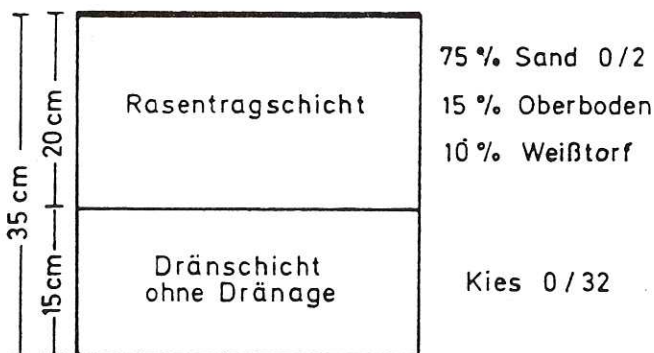


Abb. 2: Aufbau der Greens 1—11 und 17 auf Golfplatz I

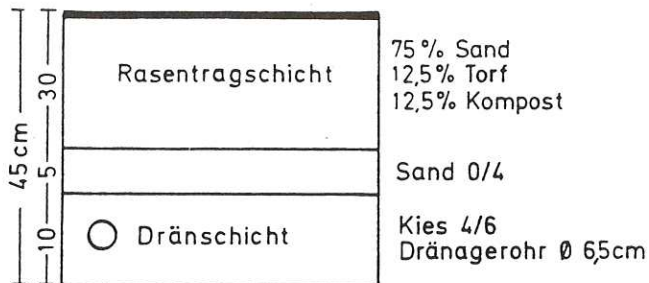


Abb. 3: Greensaufbau auf Golfplatz II

Golfplatz I ist 1984 auf eine 18-Loch-Anlage erweitert worden. Abb. 2 bezieht sich auf die im Zuge des Erweiterungsbaues eingerichteten Greens. Die übrigen (alten) Greens (12 bis 16, 18) bestehen lediglich aus natürlichem Boden mit geringen Beimischungen von Styromull.

Auf Golfplatz II erhielten die Greens den mit Abb. 3 dargestellten Aufbau im Rahmen eines 1982 vorgenommenen Umbaus. 3 Greens (Nr. 1, 6, 8) erhielten dabei zusätzlich einen Untergrund aus grobem Schotter. Bei allen übrigen Greens blieb der Untergrund unter 45 cm naturbelassen.

Die mittleren Werte der Bodenanalysen der Rasentragschicht sind in Tab. 6 angegeben.

Tab. 6: Bodenreaktion (CaCl₂), P₂O₅- und K₂O-Gehalte (mg/100 g Boden, nach CAL-Methode) in 0 bis 20 cm Tiefe — März 1987

	Golfplatz I	Golfplatz II
Bodenwerte		
— Greens		
pH	6,4—7,0	6,9—7,0
P ₂ O ₅	13—18	13—19
K ₂ O	23—40	7—28
— Fairways		
pH	4,9—5,6	6,2—6,8
P ₂ O ₅	10—18	9—14
K ₂ O	26—52	9—24
— Roughs		
pH	4,8—5,5	5,4—6,8
P ₂ O ₅	5—10	4—6
K ₂ O	11—13	7—16

Über Düngung und Nutzung der untersuchten Anlagen gibt Tab. 7 Auskunft.

4.3 Methodik der Probenahme

4.3.1 N_{min}-Bodenproben

Zwischen Juli 1986 und Juli 1987 wurden zu 2 Terminen (Tab. 8) mit Hilfe eines Pürckhauer-Bohrers (Ø 2 cm) Bodenproben für die Schichten 0—30, 30—60 und 69—90 cm entnommen. Auf Platz I sind alle Greens in die Untersuchung einbezogen worden, auf Platz II nur 9. Über die jeweilige Zahl untersuchter Fairways und Roughs gibt Tab. 8 Auskunft.

Je Einzelfläche konnte sowohl aus arbeitstechnischen Gründen als auch im Hinblick auf die Verletzung besonders der Green-Narben jeweils nur 1 Bodeneinstich vorgenommen werden. Die Einstiche bei den 4 Untersuchungsterminen blieben jeweils in etwa auf die gleichen Stellen konzentriert.

Um die Green-Narben möglichst wenig zu beeinträchtigen, ist vor jeder Bodenentnahme mit einem Lochheber (Abb. 4) zunächst ein Bodenausstich aus den obersten 10 cm der Rasentragschicht entnommen und nach der Probenahme wieder eingepaßt worden. Das insgesamt 90 cm tiefe Einstichloch wurde für die Schicht 30 bis

Tab. 7: Düngung und Nutzung der Golfplätze I und II

	Golfplatz I	Golfplatz II
Düngerform		
— Greens	Synthetisch-organischer N-Dünger (20/5/8/2)	Mineralischer N-Dünger (15/5/20/2)
— Fairways	NPK (6/12/18)	Mineralischer N-Dünger (15/5/20/2)
— Roughs	—	Mineralischer N-Dünger (15/5/20/2)
Düngermenge in Reinstickstoff pro Düngungs-termin:		
— Greens	4—6 g/m ²	3—4 g/m ²
— Fairways	~ 2,25 g/m ²	~ 4,5 g/m ²
— Roughs	—	~ 4,5 g/m ²
Düngungstermine		
— Greens	ab Mitte März alle 4—6 Wochen bis Okt.	ab Mitte April alle 4—6 Wochen bis Okt.
— Fairways	Mitte März	ab Vegetationsbeginn, 3mal jährlich
— Roughs	—	1mal zu Vegetationsbeginn
Nutzung		
— Greens	tägl. Mähen mit Entfernung des Schnittgutes	tägl. Mähen mit Entfernung des Schnittgutes
— Fairways	2mal wöchentlich Mähen, Schnittgut bleibt liegen	3mal wöchentlich Mähen, Schnittgut bleibt liegen
— Roughs	2mal jährl. Mähen, Schnittgut wird entfernt	1mal jährl. Mahd, Schnittgut wird entfernt



Abb. 4: Lochheber und Bohrstock nach der Probenahme (Aufnahme im Juli 1987)

Tab. 8: Anzahl der untersuchten Rasenflächen und N_{min}-Probenahmeterminne

	Golfplatz I	Golfplatz II
Anzahl der untersuchten Flächen		
— Greens	18	9
— Fairways	5	7
— Roughs	4	4
N_{min}-Probenahmeterminne		
	22. 7.1986	31. 7.1986
	27. 11.1986	25. 11.1986
	19. 3.1987	8. 4.1987
	8. 7.1987	7. 7.1987

90 cm jeweils mit Sand wieder aufgefüllt. Für die oberste Bodenschicht (0—30 cm) ist aus der herausgestochenen Rasentragschicht entsprechendes Bodenmaterial verfüllt worden.

Die Bodenproben für die N_{min}-Untersuchungen wurden sofort nach der Entnahme in Kunststoffbeutel verpackt, in Kühlboxen abtransportiert und sodann bis zur Analyse bei minus 20°C gelagert, um Mineralisierungseffekte auszuschließen (SCHARPF, 1977).

Die Analysen erfolgten mit Bodenextrakten, die durch Ausschütteln der Bodenproben mit 0.025 n Calciumchlorid-Lösung gewonnen wurden (VDLUF, 1987). Die N_{min}-Gehalte wurden mit Hilfe der Fließinjektionsanalyse (FIA) photometrisch ermittelt.

Die Berechnung der NO₃⁻-N- und NH₄⁺-N-Mengen pro ha wurde gemäß der nachstehenden Formel durchgeführt:

$$\text{kg NO}_3\text{-N/ha} = \text{mg NO}_3\text{-N/100 g frischer Boden} \times T \times D \times 10 \times \frac{100}{\% \text{ TS}} \text{mg NO}_3\text{-N (NH}_4^+\text{-N) pro 100 g frischer}$$

Boden

= ermittelte Nitrat- bzw. Ammoniumstickstoffkonzentration des Bodens

T = Entnahmetiefe in dm

D = Dichte des trockenen Bodens

10 = Umrechnungsfaktor auf kg

100 = Umrechnungsfaktor auf TS

% TS = Trockensubstanzgehalt des Bodens in Prozent

Unter Lagerungsdichte des trockenen Bodens wird nach HARTGE (1978) die Menge Bodensubstanz in Gramm/Volumeneinheit verstanden. In unserem Falle wurde die Dichte 1.4 g/cm³ unterstellt, also nicht die tatsächliche Lagerungsdichte ermittelt. 1.4 g/cm³ entspricht dem mittleren spezifischen Gewicht eines Mineralbodens.

Da die Lagerungsdichten mit einem unterstellten Faktor und nicht mit dem tatsächlichen in die Rechnungen eingingen, sind die ermittelten N_{min}-Gehalte mit einem unvermeidbaren Fehler behaftet. Dieser trifft jedoch alle Proben gleichmäßig, so daß die Relationen zwischen den einzelnen Probenahmetiefen, auf die es hier hauptsächlich ankommt, nicht wesentlich verschoben werden.

Der Trockensubstanzgehalt des Bodens wurde gravimetrisch mit Hilfe der Differenzmethode (105°C, 16 St.) ermittelt (SCHLICHTING und BLUME, 1966).

4.3.2 Wasserproben

Golfplatz II wird von einem Bach durchflossen, so daß sich die Möglichkeit bot, zugleich Wasserproben zur Ermittlung der NO₃⁻-, Cl⁻-, SO₄²⁻-, H₂PO₄⁻- und NH₄⁺-Konzentrationen zu entnehmen. Es wurden drei Entnahmestellen ausgewählt (E I—E III), die in Abb. 5 skizziert sind.

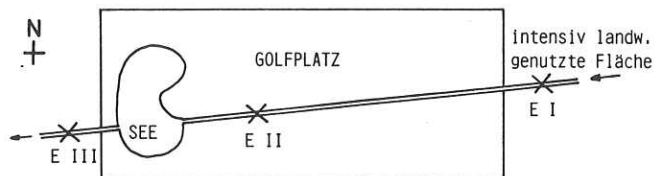


Abb. 5: Schematische Darstellung der Entnahmestellen für die Wasserproben (Fließrichtung von E I nach E III)

Die Fließrichtung des Gewässers verläuft von E I nach E III. Bei Entnahmestelle E III münden die Dräns der Golfbahnen 4, 8 und 10 in den Vorfluter (Bach).

Wasserproben wurden zu folgenden Zeitpunkten gezogen

1986: 31.7., 8.8., 25.11.

1987: 12.2., 19.3., 8.4., 25.6., 7.7., 6.8.

Die Wasserproben wurden bis zur Analyse bei -20°C tiefgefroren. Die Analysen der Wasserproben (Nitrat-, Phosphat-, Chlorid-, Sulfat- sowie Ammonium-Konzentration in mg/l) erfolgten mit Hilfe eines Ionenchromatographen.

Verfasser: Dipl.-Ing. agr. G. HARDT, Dr. H. SCHULZ, Prof. Dr. H. JACOB, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 7000 Stuttgart 70

Schafbeweidung zur Skipistenpflege Möglichkeiten und Einschränkungen

G. Spatz

Zusammenfassung

Auf einer feuchten Kalkmagerweide, die sich auf einer Skipiste nach Rodung des Waldes eingestellt hatte, sowie auf einer planierten und angesäten Fläche wurde die Einwirkung von Düngung und Schafbeweidung auf die Vegetation untersucht. Unter Beweidung und PK-Düngung verbesserte sich die Artenzusammensetzung des Bestandes in futterwirtschaftlicher Hinsicht relativ schnell. Durch alleinige Beweidung ohne zusätzliche Düngung veränderte sich der Bestand langsamer. Durch selektive Unterbeweidung muß mit einer futtermäßigen Verschlechterung des Bestandes langfristig gerechnet werden. Die Regeneration durch Skikanten-Schliff beschädigter Pistenabschnitte wurde vor allem durch Düngung stark beschleunigt, durch Beweidung nicht merklich gehemmt. Vorkommende geschützte Arten, insbesondere *Cypridium calceolus*, eine Besonderheit auf Skipisten, wurden von den Schafen im Laufe der Beweidungsperiode mehr und mehr verbissen. Die generative Reproduktion wurde verhindert; derartige Bestände sollten von der Beweidung ausgeschlossen werden. Zur Pflege größerer Pistengebiete dürften sich Wanderschafherden, die kurzfristig in relativ hoher Besatzdichte die Flächen befressen, besser eignen als das ganze Jahr über in Koppeln weidende und so die Fläche als Standweide nutzende Schafe.

Grazing of sheep on skiing grounds — possibilities and limitations

Summary

The influence of sheep grazing and fertilization on the vegetation of a steep skiing course was investigated within the years 1980—1983. Grazing on PK-fertilization improved the fodder value of the original pasture and increased its capacity to protect the soil against erosion. The vegetation which has been injured by heavy skiing regenerated best after fertilization and restricted grazing. Sheep grazing proved to be a good measure for taking use of skiing grounds. Protected plants not adapted on sheep grazing may be destroyed by permanent grazing.

Pâturage à ovins pour l'entretien des pistes de ski, possibilités et limites

Résumé

Sur un herbage calcaire, maigre et humide s'étant formée sur une piste de ski à la suite du défrichement d'une forêt ainsi que sur un terrain aplanié et ensuite engazonné on étudia l'influence de la fertilisation et du pâturage à moutons sur le développement du couvert végétal. Sous l'effet du pâturage et de la fumure en P et K la composition botanique subit relativement vite une amélioration quant à ses qualités fourragères. Le pâturage seul sans application supplémentaire de fumures mena plus lentement à un changement de la végétation. Un sous-pâturage sélectif est susceptible d'entraîner à la longue une dégradation de la valeur fourragères des herbages. La régénération des skis sillonnées par les arêtes des skis fut surtout accélérée par l'apport de fumures, et ne fut pas visiblement ralentie par le pâturage. Les espèces protégées existantes, notamment *Cypridium calceolus*, une particularité des pistes de ski, furent progressivement abruties par les moutons au cours de la période de pacage. La reproduction générative fut empêchée; de tels terrains devraient être exclus du pacage. Pour l'entretien des régions de ski plus étendues des troupeaux migrants à charge ovine élevée pâturant intensivement les herbages pendant une courte période sont mieux appropriés, que des moutons pâturant à l'enclos tout au long de l'année ce qui correspond à un pâturage permanent des terrains.

Standort und Versuchsmethodik

Das nach Norden exponierte, auf 800 bis 1000 m ü. NN liegende Untersuchungsgebiet „Glaslhang“ liegt etwa 3 km südlich des Tegernsees im Landkreis Miesbach im unteren Teil der Wallberg-Skiabfahrt. Bodenbildendes Gestein ist Hauptdolomit der Carbonatgesteinszone der bayerischen Alpen.

Unter dem vormals im Bereich des Glaslhanges stockenden Bergmischwald hat sich eine relativ tiefgründige, frische bis sickerfeuchte Braunerde mit der Horizontfolge AH-BV-C gebildet. Der gut ausgeprägte AH-Horizont weist die Humusformel Mull und Moder auf. Im unteren, schmaler werdenden Bereich des Hanges wurde das Bodenprofil durch Planierungsarbeiten zerstört, so daß nur noch Reste des Oberbodens vorhanden sind. Die Ergeb-

nisse der Bodenuntersuchung weisen zu Versuchsbeginn 1980 auf eine knappe Kaliversorgung und eine sehr geringe Phosphatversorgung hin.

An Stelle der früheren Waldvegetation ist eine kalkliebende autochthone Rasenvegetation getreten, die von Elementen der Rostseggenrasen und der Krautschicht des ehemaligen Buchenwaldes geprägt wird.

Die langjährige durchschnittliche Jahrestemperatur dürfte am Versuchsstandort um 5°C liegen, die langjährigen Jahresniederschläge bei 1700—1800 mm mit einem deutlichen Optimum während der Vegetationsperiode.

Das gesamte beweidete Areal mit den einschlägigen Untersuchungspunkten ist in Abbildung 1 dargestellt. Im planierten und schon früher angesäten Teil A wurde die Hälfte gedüngt, während im übrigen Bereich mit auto-

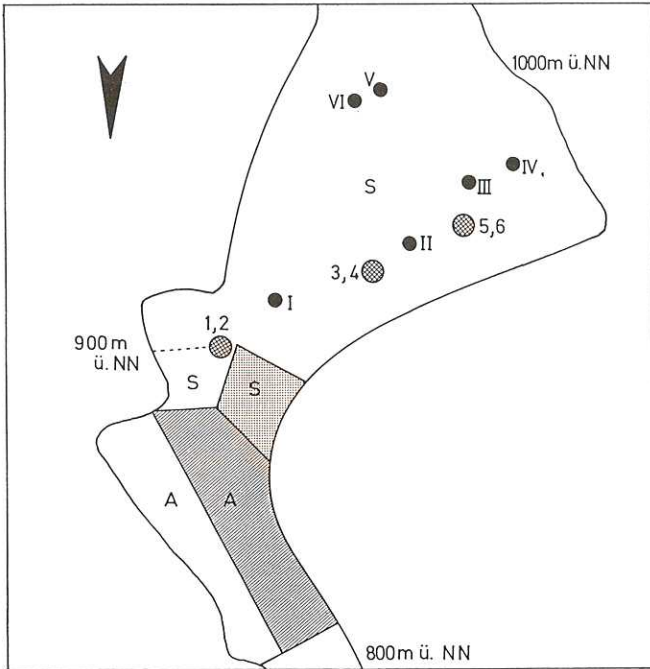


Abb. 1: Anordnung der Versuchsvarianten am Glaslhang

- A : Planierte und angesäte Fläche
- S : Autochthone Sekundärgesellschaft des Bergmischwaldes
- A : PK-gedüngte Ansaat
- S : PK-gedüngte autochthone Sekundärgesellschaft

Parzellen zur Untersuchung der Regeneration auf erodierten Flächen

- | | | | |
|-----------------|-----|------------------|-----|
| 1,2: unbeweidet | 0 | I, III: beweidet | 0 |
| 3,6: unbeweidet | NPK | II, IV: beweidet | NPK |
| 4,5: unbeweidet | PK | V, VI: beweidet | PK |

chthoner Sekundärvegetation nur die schraffierte Teilfläche S mit Grunddüngung versorgt wurde. Auf der gesamten übrigen Versuchsfläche sind kleinere Parzellen eingemessen, auf denen der Frage der Regeneration von Erosionsschäden, die durch die Skifahrer verursacht wurden, unter Beweidung bzw. ohne Beweidung mit und ohne Düngung nachgegangen wird.

Pflanzenbestandsaufnahmen nach KLAPP (Masse- bzw. Ertragsanteile in %) dienen zur Analyse der Vegetationsveränderungen. Zur Erfassung der Regenerationsgeschwindigkeit von Narbenschäden wurden Deckungsgradmessungen und Detail-Kartierungen durchgeführt. Mehrere hundert Individuen geschützter Pflanzenarten wurden markiert und regelmäßig nach Verbiß- und anderen Schäden bonitiert.

Ergebnisse

Vegetationsveränderungen durch Beweidung und Düngung

Zunächst sollte die Frage geklärt werden, wie wirkt sich die Schafbeweidung auf die Vegetation der planierten und angesäten Teilfläche bzw. die autochthone Sekundärvegetation der übrigen Pistenfläche mit und ohne Düngung aus. Die Reaktion der Artengruppen Gräser, Grasartige, Leguminosen und Kräuter ist im Diagramm (Abbildung 2) dargestellt.

Von einer vergleichbaren Situation ausgehend, veränderte sich der Anteil der Artengruppen im Laufe der Versuchsperiode durch die Düngung erheblich. Wenngleich der Gräseranteil auf der gedüngten Variante fast konstant blieb, so nahmen doch die relativ wertvollen Futtergräser wie *Poa trivialis* und *Festuca rubra* in großem Umfang zu, während minderwertige Grasarten wie *Bromus inermis* stark zurückwichen. Der Leguminosenteil

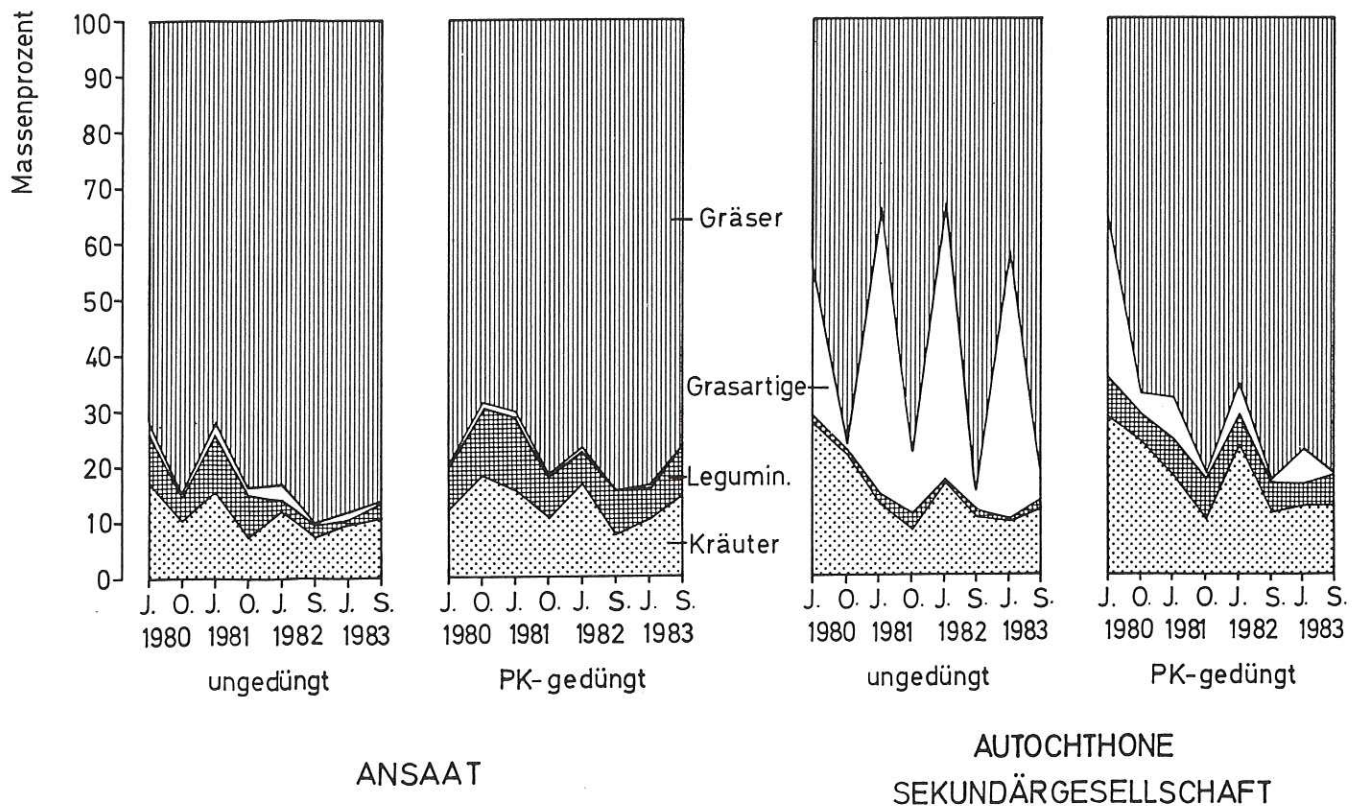


Abb. 2: Die Massenanteile der landwirtschaftlichen Artengruppen in einer Skipistenansaats- und einer autochthonen Sekundärgesellschaft in Abhängigkeit von Schafbeweidung und Düngung im Frühjahr und Herbst am Glaslhang

stieg zunächst stark an, ging dann aber wieder etwas zurück. Immerhin fanden sich zu Versuchsende auf der gedüngten Fläche etwa viermal soviel Leguminosen als auf der ungedüngten. Ihr Gesamtanteil von etwa 9 % der Biomasse ist allerdings als relativ gering anzusehen. Auch der Kräuteranteil änderte sich nur unwesentlich. Auf der ungedüngten Fläche nahm der Gräseranteil im Laufe des Versuchszeitraumes etwas zu. So konnten sich vor allem *Festuca rubra* und *Festuca arundinacea* stärker ausbreiten. Andererseits nahmen die Leguminosen, die offensichtlich von den Schafen verstärkt verbissen wurden, von Jahr zu Jahr ab. Die Gräserartigen verschwanden auf der gedüngten Fläche vollständig, blieben aber auch auf der ungedüngten relativ bedeutungslos. Was in der Verschiebung der Artengruppen in ihren relativen Biomasseanteilen nicht deutlich wird, sind die enormen Unterschiede in der absoluten Biomasse auf den Vergleichsflächen. So war die gedüngte Fläche zu etwa 85 % begrünt, während die ungedüngte Ansaatfläche lediglich zu 30 % mit grüner Pflanzenmasse bedeckt war.

In der gedüngten autochthonen Sekundärgesellschaft folgte eine vergleichbare Umschichtung der Pflanzenbestände, die offensichtlich zu Versuchsende noch nicht abgeschlossen war. Die Anteile der guten Futtergräser, *Poa pratensis* und *Festuca rubra*, nahmen unter Düngung erheblich zu und verdrängten die Gräserartigen, vor allem *Carex ferruginea*, bis auf unbedeutende Massenanteile von weniger als 5 %. Der Anteil der Leguminosen blieb bei der PK-Düngung konstanter als in der ungedüngten Variante. Aber auch hier zeigte sich, daß der Leguminosenanteil nicht nennenswert angehoben werden konnte. Offensichtlich konzentrierten sich die Schafe auf die gedüngten Flächen, da im übrigen Teil nur sehr wenig Leguminosen anzutreffen waren. Sehr deutlich zeigt sich der Einfluß des Weideganges, vor allem auf der ungedüngten Hangfläche; so dominierten im Juni regelmäßig die Seggen mit hohen Massenanteilen und gingen bis zum Herbst jedes Jahres drastisch zurück. Erklärlich sind diese Schwankungen aus der Tatsache, daß die Seggenarten im Frühjahr viel Masse bilden, dann im Laufe des Sommers abgeweidet werden, ohne über ausreichendes Nachwuchsvermögen zu verfügen. Insofern nahmen die Anteile der massenbildenden Gräserarten *Melica nutans*, *Brachypodium sylvaticum*, *Poa trivialis* und *Sesleria varia* im Herbst stark zu.

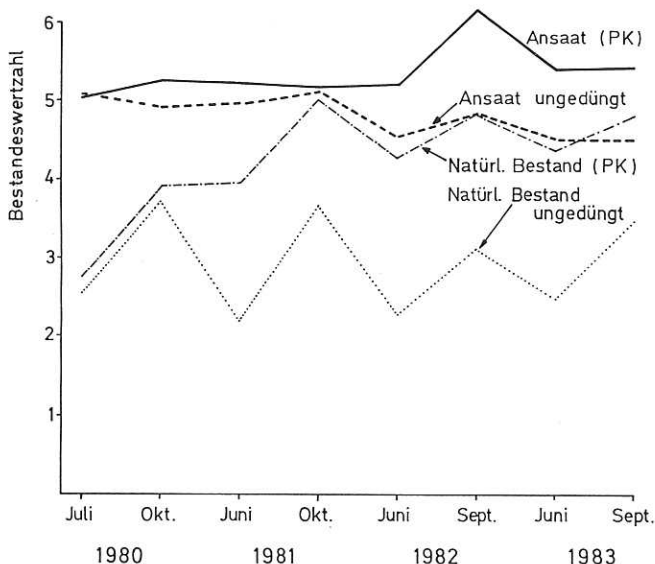


Abb. 3: Die Veränderung der Bestandes-Futterwertzahlen

Qualitative Veränderung der Pflanzenbestände

Während im Ausgangsjahr 1980 die Bestandeswertzahlen der Ansaatvarianten um 5 lagen, in der autochthonen Sekundärgesellschaft bei 2,5 und 2,8, so zeigte sich vor allem auf dem natürlichen Bestand eine schnelle und deutliche Erhöhung der Futterwertzahlen (Abbildung 3). So erreichte der Qualitätsmaßstab Futterwertzahl des natürlichen PK-gedüngten Bestandes im Herbst 1982 den der ungedüngten Ansaat. Die Bestandes-Futterwertzahl der gedüngten Ansaat liegt zu Versuchsbeginn etwa um einen Skalenwert höher als die der ungedüngten Ansaat. Bemerkenswert ist wiederum das starke Auf und Ab der Futterwertzahl im ungedüngten natürlichen Bestand. Er spiegelt die Verschiebung im Anteil Seggen und Gräser vom Frühsommer zum Spätherbst wider. Innerhalb des vierjährigen Versuchszeitraums hat sich die Schafbeweidung eher negativ auf die Bestände ausgewirkt, während diese negative Entwicklung durch eine zusätzliche Düngung mehr als ausgeglichen werden konnte. Betrachten wir das Verhalten einzelner wichtiger Arten in Abbildung 4, so verschwindet die anfänglich dominierende *Carex ferruginea* unter Beweidung und PK-Düngung innerhalb von 4 Jahren. Ähnlich verhält sich das Waldgras *Melica nutans*. Gräser, die ihre größte Massenbildung in mittelintensiven Flächen erreichen, wie *Festuca rubra* und *Agrostis capillaris*, nehmen zunächst stark zu, verlieren aber dann wieder an Bedeutung eben zu dem Zeitpunkt, an dem z. B. *Poa trivialis*, die durch die Düngung noch stärker gefördert wird, stark ansteigt. Dieser starke Anstieg von *Poa trivialis* dürfte, wie wir aus vielen Erfahrungen und anderen Untersuchungen wissen, vor allem durch die Schafbeweidung verursacht sein. Sie wird offensichtlich von den Schafen ungern gefressen. Der lichtbedürftige Weißklee, der von den Schafen stark verbissen wird, kann sich dennoch infolge der PK-Düngung und des durch die Schafe kurzgehaltenen Bestandes langsam ausbreiten.

Erosionsschäden und ihre Regeneration

Von besonderer Bedeutung für die Skipistenpflege ist die Ausheilung von Erosionswunden, die durch den Schliff der Skikanten in die Weidenarbe geschlagen wurden. Besonderes Augenmerk wurde dem Schafweidegang in seiner Wirkung auf den Deckungsgrad der Vegetation, der als Indiz für ihre Erosionsschutzwirkung gelten mag, gewidmet. Ferner wurde untersucht, ob und inwieweit PK- und NPK-Düngung die Regenerationsfähigkeit der Weidenarbe verbessern kann. Als Beispiel für die Detailkartierung auf verschiedenen Flächen ist das Ergebnis der Gegenüberstellung auf der PK-gedüngten, beweideten Parzelle vom 3. Juni zum 23. September 1983 in Abbildung 5 dargestellt. Von Juni bis September regenerieren sich die offenen Bodenstellen weitgehend. In erster Linie breiten sich *Leontodon hispidus*, *Dactylis*

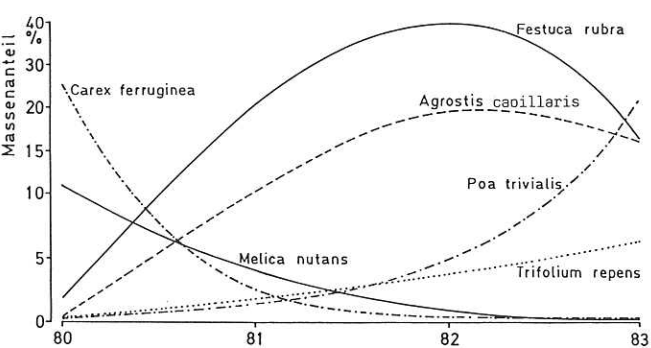


Abb. 4: Die Veränderung der Massenanteile verschiedener Pflanzenarten infolge der PK-Düngung und der Schafbeweidung (*Caricetum ferrugineae*)

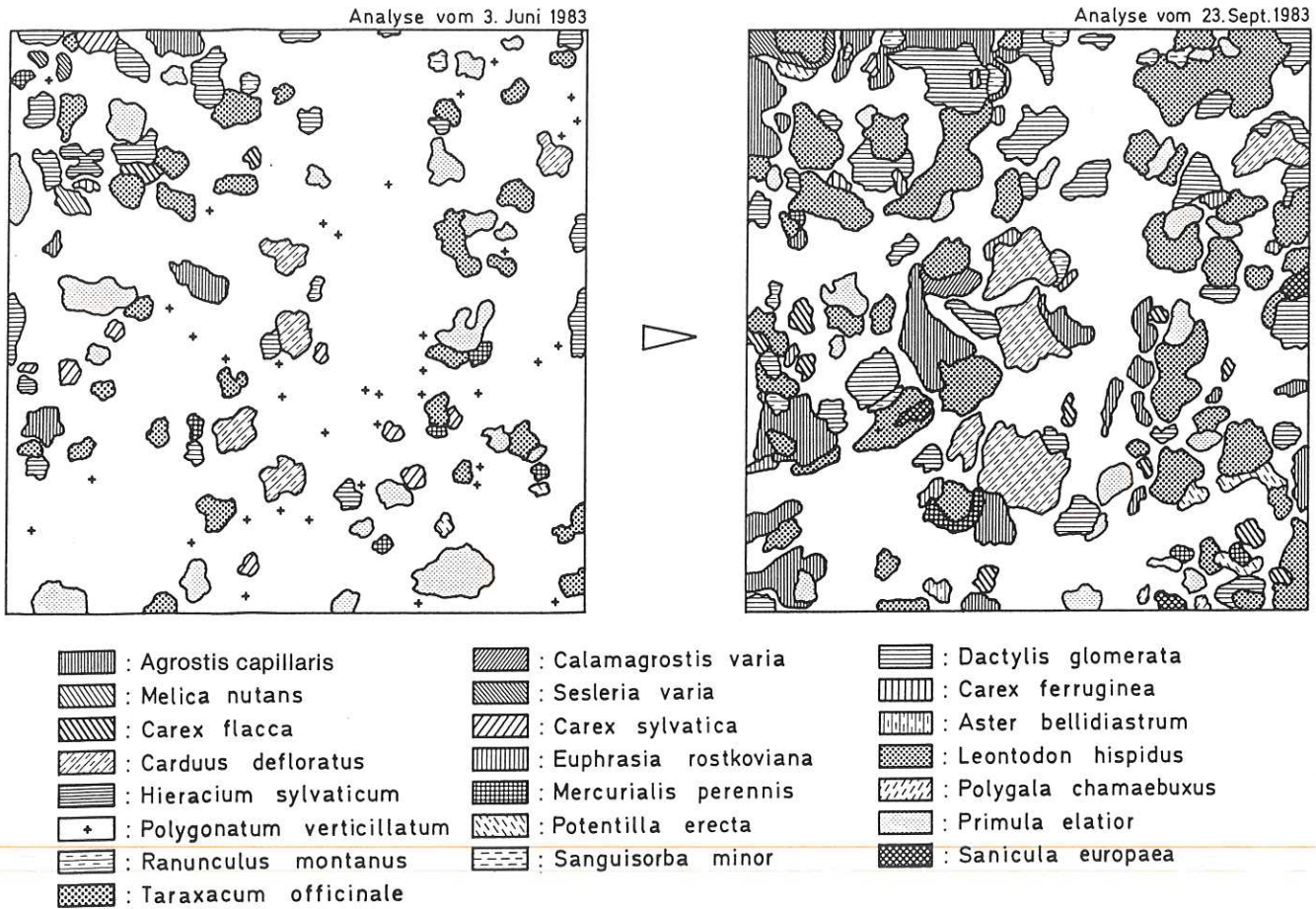


Abb. 5: Veränderung des Pflanzenbestandes auf der PK-gedüngten und beweideten, durch Skikantenschliff verursachten Erosionsstelle am Glaslhang (Aufnahmefläche jeweils 1 m²)

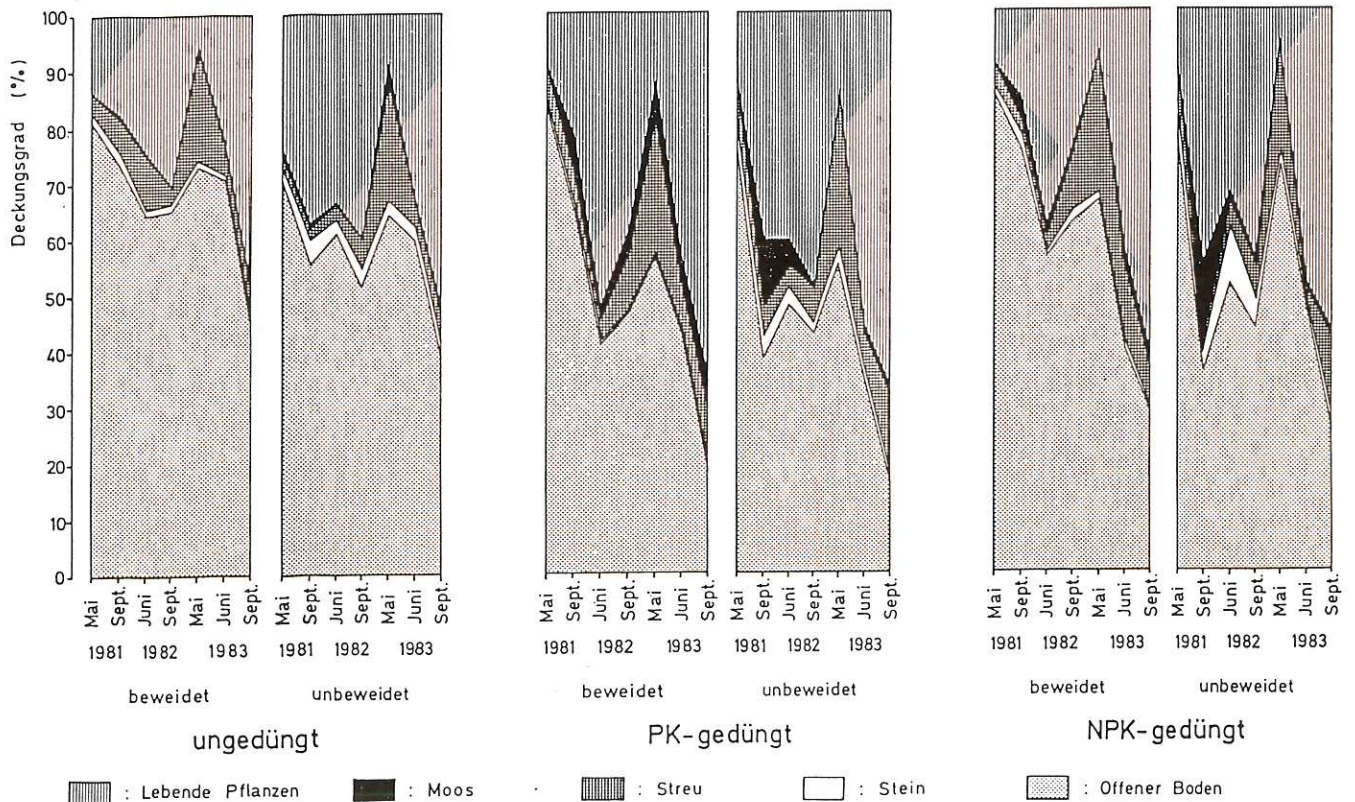
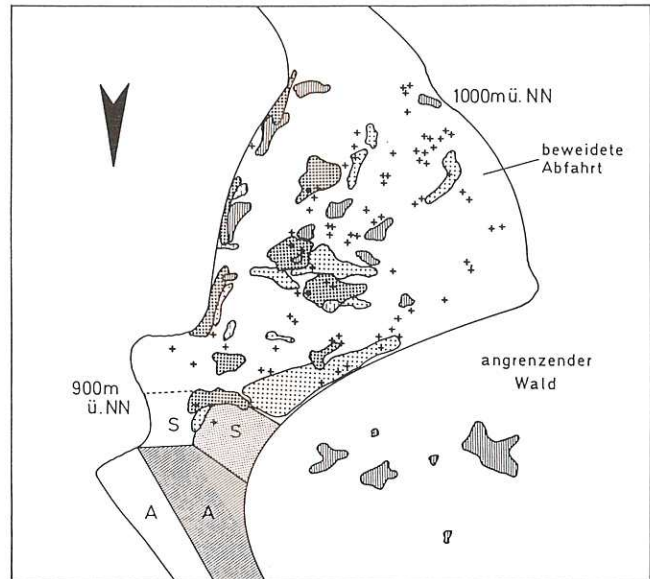


Abb. 6: Die Veränderung der Deckungsgradanteile auf unterschiedlich gedüngten Erosionsstellen in Abhängigkeit vom Weidegang der Schafe am Glaslhang

glomerata, *Agrostis capillaris* erfolgreich aus. Ein Vergleich der Gesamtdeckungsgrade für die unterschiedlich behandelten Flächen in Abbildung 6 macht deutlich, daß vor allem durch die Düngung eine wesentlich raschere Regeneration erfolgt. Zwischen beweidet und unbeweidet besteht kein großer Unterschied. Man kann folgern, daß die Regeneration von beschädigten Pistenflächen durch die Beweidung nicht gehemmt wird. Schichtet man das Material entsprechend der Fragestellung gedüngt-ungedüngt bzw. beweidet-unbeweidet, wie das in Abbildung 7 geschehen ist, so wird nochmals die Aussage bestätigt: Düngung fördert die Wiederbegrünung gegenüber ungedüngt, während beweidet und unbeweidet praktisch zu denselben Ergebnissen führt.

Beeinflussung geschützter Pflanzenarten durch die Schafbeweidung

Eine Besonderheit des untersuchten Pistenabschnittes ist das Vorkommen einer Menge geschützter Arten. So konnten 13 vollkommen geschützte Pflanzenarten im untersuchten Bereich festgestellt werden. Die Arten mit einem bedeutenderen Vorkommen sind in Karte 2 auskartiert. Die speziellen Untersuchungen über den Einfluß des Schafweideganges auf die geschützten Pflanzenarten wurden mit besonderer Intensität durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden die Arten *Cypripedium calceolus*, *Digitalis grandiflora*, *Lilium martagon* und *Gentiana asclepiadea*, die sich aufgrund ihrer hohen Anzahl für eine intensive Analyse eigneten, dauerhaft markiert. Jede Einzelpflanze erhielt ein rotfarbiges Band angeheftet, auf dem eine Nummer eingepreßt war. Als Referenzfläche wurde für *Cypripedium calceolus* ein Bestand außerhalb des Zaunes mit der gleichen Intensität bonitiert. Während der gesamten Weideperiode im Jahr 1983



Karte 2: Kartierung der geschützten Pflanzenarten am Glashang

- A : Planierte und angesäte Fläche
- S : Autochthone Sekundärgesellschaft des Waldes
- A (with diagonal lines) : PK-gedüngte Ansaat
- S (with diagonal lines) : PK-gedüngte autochthone Sekundärgesellschaft
- (stippled) : *Digitalis grandiflora*
- (horizontal lines) : *Cypripedium calceolus*
- (vertical lines) : *Lilium martagon*
- (cross-hatched) : *Daphne mezereum*
- (dotted) : *Gentiana asclepiadea*

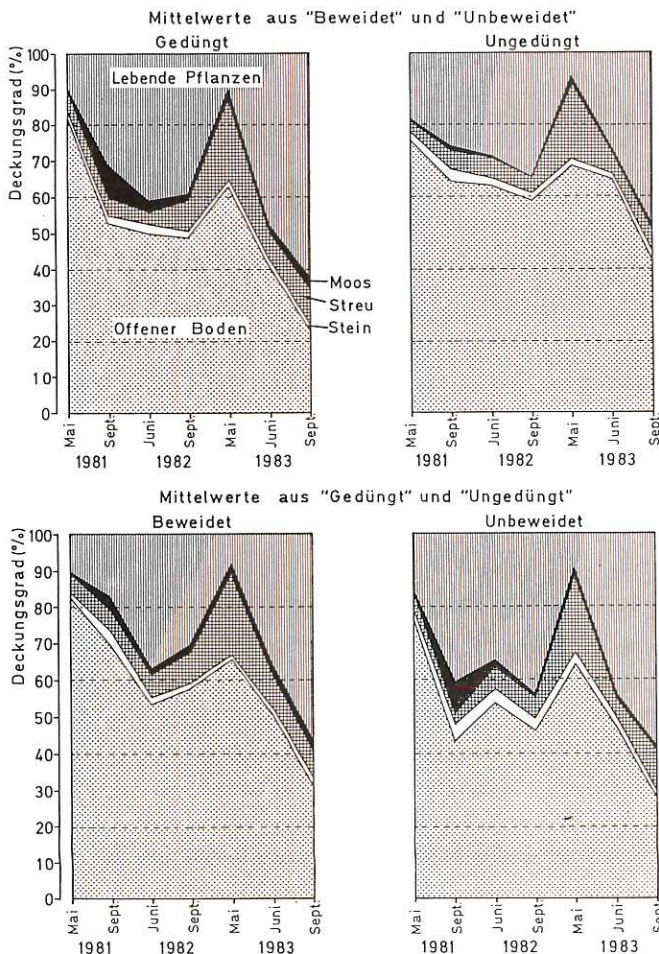
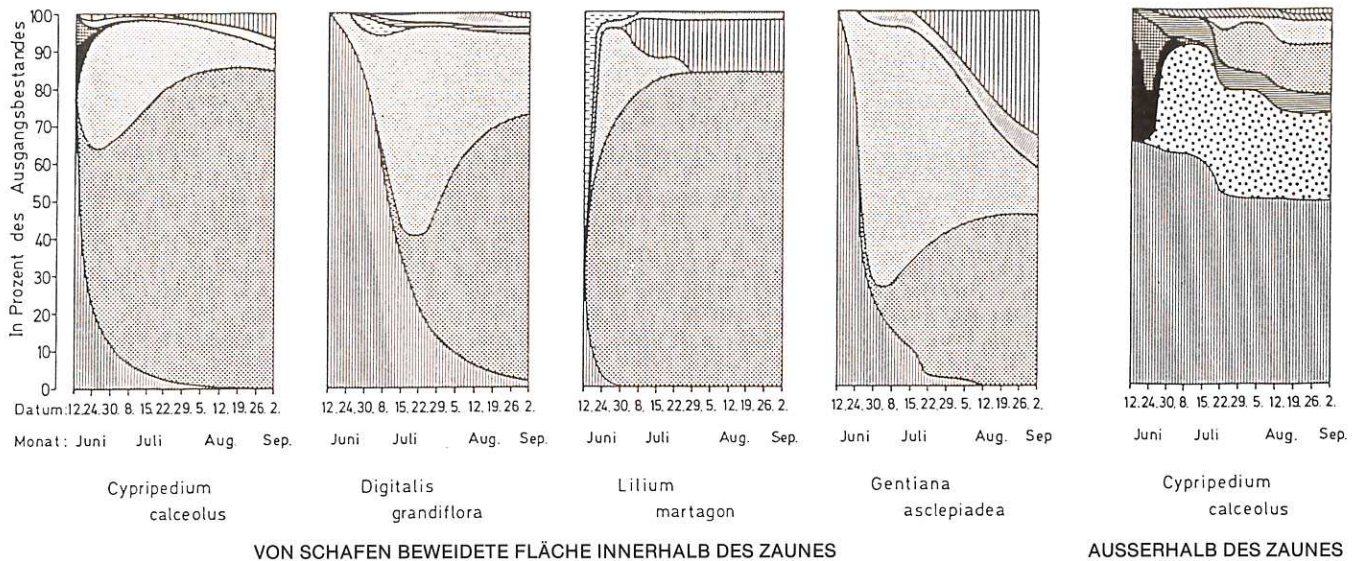


Abb. 7: Die Veränderung der Deckungsgradanteile auf Erosionsstellen infolge unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen

konnten 532 Exemplare inner- und außerhalb des Zaunes an 12 verschiedenen Terminen einzeln erfaßt und in ihrer Entwicklung verfolgt werden. Die Zunahme des Verbißgrades im Laufe der Vegetationsperiode an den 4 genannten Arten ist in Abbildung 8 wiedergegeben. Für *Cypripedium calceolus* ist die Situation auf der unbeweideten Fläche außerhalb des Zaunes als Vergleich dargestellt. Es zeigt sich, daß ein relativ starker Verbiß nach dem Schafauftrieb am 13. Juni 1983 einsetzt. An allen Arten, insbesondere aber an Frauenschuh und Türkenbund, sind erhebliche Verbißschäden zu erkennen. Das Diagramm zeigt, wie sich im Laufe der Vegetationsperiode das Verhältnis zwischen teilweise gefressenen Pflanzen und vollständig gefressenen Pflanzen verändert. Am Ende der Untersuchungen waren innerhalb der Weidefläche 86 % der Individuen von *Cypripedium calceolus* vollkommen verbissen, 4,7 % teilweise, das bedeutet mehr als ein Blatt, und 7,1 % vertrocknet. Von *Digitalis grandiflora* waren 71,4 % total und 21 % teilweise verbissen. Auch *Lilium martagon* erfuhr mit 84 % einen sehr hohen totalen Verbißgrad. Am wenigsten unter Verbiß zu leiden hatte *Gentiana asclepiadea*; so waren am Ende des Beobachtungszeitraums nur 26 % total verbissen. Im Vergleich dazu waren außerhalb des Zaunes nur 12,5 % der Individuen von *Cypripedium calceolus* vollständig verbissen, wofür wahrscheinlich Schalenwild verantwortlich zu machen ist. 7,1 % waren teilweise abgefressen und weitere 5,4 % sichtbar durch Insekten geschädigt. Für den Fortbestand einer Art ist in erster Linie die Anzahl fruktifizierender Exemplare von Bedeutung. Betrachtet man die Situation für *Cypripedium calceolus* in der Weidefläche, so konnte kein einziges Individuum Samen bilden. Ähnlich verhält es sich bei den anderen geschützten Pflanzenarten. Der Vergleich außerhalb des Zaunes zeigt, daß 34,8 % der Frauenschuhpflanzen zur



- | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| ▨ : Teilweise gefressene Pflanzen | ▩ : Vollkommen gefressene Pflanzen | ▧ : Schafklauen geschädigte Pflanzen |
| ▨ : Insekten geschädigte Pflanzen | ■ : Blühende Pflanzen | ▧ : Blütenstand (noch nicht blühend) |
| ▨ : Verblühte Pflanzen | ▨ : Pflanzen (ohne Blütenstand) | ▧ : Pflanzen mit Samenkapsel |
| ▨ : Vertrocknete Samenkapsel | ▨ : Vertrocknete Pflanzen | |

Abb. 8: Der prozentuale Anteil der beobachteten geschützten Pflanzenarten innerhalb des Zaunes bzw. außerhalb des Zaunes am Glashang im Jahr 1983

Blüte kam. Davon bildeten jedoch lediglich 2 Pflanzen, das sind 1,8 % aller außerhalb des Zaunes erfaßten Individuen, reife Samenkapseln. Insofern ist offenbar die Samenvermehrung auch bei fehlendem Weideeinfluß nur sehr gering. Wenngleich sich im zur Verfügung stehenden Versuchszeitraum die Anzahl der Individuen von *Cypripedium calceolus* nicht verringerte, so muß doch davon ausgegangen werden, daß durch die unterbrochene generative Regeneration langfristig der Bestand zurückgehen wird.

Diskussion der Ergebnisse

Vegetationsveränderungen infolge von Düngung und Schafbeweidung

Auf der untersuchten Piste konnte die Futterqualität der autochthonen Sekundärgesellschaft, die einem *Caricetum feruginiae* ähnelt, infolge der PK-Düngung und Schafbeweidung in wenigen Jahren wesentlich verbessert werden. Dieses Ergebnis überrascht nicht; die qualitätsverbessernde Wirkung einer PK-Düngung ist in vielen Untersuchungen nachgewiesen worden. So konnte WEIS 1980 zeigen, daß die Zunahme von Leguminosen eher durch PK-Düngung als durch Umtriebsbeweidung verursacht wird.

In der nicht gedüngten Weidefläche wirkte sich die Schafbeweidung nicht unbedingt positiv auf die Zusammensetzung des Bestandes aus. Besonders fällt die starke Zunahme von *Poa trivialis* auf, ein Phänomen, das auf vielen Schafweiden zu beobachten ist. Ist es also das Ziel, auf einem von Schafen beweideten Ödlandrasen die Futtergrundlage für die Schafe zu erhöhen, so ist eine PK-Düngung unbedingt angeraten. Gilt es aber, wie es wohl in den meisten Fällen zutrifft, lediglich einen Pflegezweck zu verfolgen, so sollte dennoch auf Düngung nicht ganz verzichtet werden. Sie fördert die Vitalität der Narbe und verhindert, daß sich die Futtergrundlage für die Schafe von Jahr zu Jahr zwar langsam aber stetig verschlechtert und somit auch die Rentabilität der Beweidung, wenn von einer solchen überhaupt gesprochen werden kann.

Schafbeweidung und Naturschutz

Hierzu ist zu bemerken, daß die Vegetation des Glashangs spontan nach dem Entfernen des Waldes entstanden ist und in keiner Weise das Produkt einer früheren Schafbeweidung oder auch einer anderen Beweidung ist. Insofern konnte nicht erwartet werden, daß die bestehende Zusammensetzung der Vegetation durch eine Schafbeweidung erhalten bleibt. Ganz anders ist in diesem Hinblick die Schafbeweidung auf Vegetationsformen zu beurteilen, die durch frühere extensive Schafweiden entstanden sind, wie z.B. Wachholderheiden oder ähnliche magere Triften und Heiden. Von den 13 beobachteten vollkommen geschützten Pflanzenarten war zwar während der 3jährigen Weideperiode keine deutliche Abnahme festzustellen, was die Individuenzahl anbelangt, doch muß langfristig infolge einer Verhinderung der generativen Regeneration mit einer Abnahme, also mit einer Umschichtung der vorhandenen Vegetation, gerechnet werden. Wie sie sich letztlich auf die Artendiversität und den Anteil geschützter Arten auswirken wird, kann anhand der dreijährigen Versuchsperiode nicht gesagt werden.

Pistenpflege durch Schafe

Das eigentliche Ziel bei der Beweidung von Pisten mit Schafen ist die Schaffung eines widerstandsfähigen, strapazierfähigen Rasens und eine Unterbindung von unerwünschter Verbuschung. Die Bildung einer strapazierfähigen Narbe ist eindeutig durch die starke Zunahme von Rasengräsern, wie *Poa trivialis* und *Festuca rubra* sowie auch *Trifolium repens*, angedeutet. Berücksichtigt man, daß die Schädigung des Bodens auf der untersuchten Piste vor allem durch den Skikantenschliff hervorgerufen wird, der die Vegetation stellenweise total schädigt, so sind die genannten regenerationsfreudigen Arten sicherlich besser in der Lage, diese Wunden schnell wieder zu schließen. Aus den detaillierten Untersuchungen geht hervor, daß die Beweidung solcher gestörter Flächen, wenn sie mäßig und sinnvoll durchgeführt wird, nicht schädlich ist und die Regenera-

tion dadurch nicht gehemmt wird. Die im Herbst 1983 durchgeführte Kartierung aller Pflanzenindividuen auf den Erosionsstellen ergab, daß die Grasnarbe unter Schafbeweidung dichter als bei fehlender Beweidung war. Eine dichte, kurze Narbe dürfte gegen Kantenschliff viel widerstandsfähiger sein als eine lockere, hochwüchsige, horstreiche Narbe, die den gleichen Deckungsgrad aufweist. Andererseits ist eine Überbeweidung auf alle Fälle zu vermeiden, um Trittschäden und zu starkes Selektieren der Tiere zu verhindern. Es geht also letztlich darum, eine kontrollierte Beweidung mit angepaßter Tierzahl zu praktizieren.

Aus den vorhandenen Ergebnissen kann man folgern, daß Schafbeweidung durchaus dazu dient, Pisten zu pflegen, widerstandsfähige, regenerationsfreudige Narben zu fördern und das Aufkommen von Gehölzen zu verhindern oder zumindest sehr zu verlangsamen. Da in der Regel auf den meisten Pisten geschützte Arten nicht die Rolle spielen wie im untersuchten Beispiel, kann eine Pistenpflege über Schafe durchaus empfohlen werden. Noch günstiger als im besprochenen Beispiel, in dem eine Standbeweidung praktiziert wurde, würde sich si-

cherlich eine kurzfristige Beweidung mit relativ großen Tierzahlen auswirken, also eine Beweidungsform, wie sie im Rahmen einer Beweidung durch Wanderschafherden gegeben wäre. Der Einsatz von Wanderschafherden würde allerdings die ständige Anwesenheit eines Schäfers mit Hund verlangen. Insofern ist diese Weideform nur für größere Bereiche im Rahmen einer gut organisierten Zusammenarbeit zu verwirklichen.

VERFASSER: Prof. Dr. G. SPATZ, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen

Literatur

- WEIS, G. B., 1980: Vegetationsdynamik, Ertragsleistung und Futterqualität unterschiedlich bewirtschafteter Almweiden. Diss. TU München
SPATZ, G., 1978: Die Beeinflussung des Artengefüges einer Almweide im Bereich der Skiabfahrt Stubnerdogel. In Carnusca, A., Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal, 335—340. Univ. Verlag, Innsbruck
Spatz, G., 1981: Die Weidewirtschaft im Gebirge und ihre Auswirkung auf die Bodenerosion. Berichte über die Landwirtschaft 197. Sonderheft, 49—53

Wirkung verschiedener Zuschlagstoffe auf physikalische Eigenschaften eines sandreichen Gemisches in unterschiedlicher Verdichtung

B. Deller

Wirkung verschiedener Zuschlagstoffe auf physikalische Eigenschaften eines sandreichen Gemisches in unterschiedlicher Verdichtung

Zusammenfassung

Sechs Zuschlagstoffe (Lavasand 0/3, Blähton 4/8, geblähter Perlit, HFH/Polystyrolschaum-Gemisch, Rindenkompst, Torf) wurden in Anteilen von jeweils 20Vol.-% einem Oberboden/Sand-Gemisch zugesetzt und ihre Wirkung auf den Hohlraumanteil und die Porenverteilung, die Wasserspeicherfähigkeit sowie die Wasserdurchlässigkeit in unterschiedlicher Verdichtung geprüft. Als Basis für die Bemessung der Mischungsanteile diente die Rohdichte nach einer im Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) gebräuchlichen Methode.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse wird angeregt, die Wasserdurchlässigkeit von Rasentragschichtgemischen gemäß DIN 18035 T 4 in der Weise zu prüfen, daß dabei der gesamte Feuchtebereich, den das betreffende Gemisch unter praktischen Bedingungen einnehmen kann, abgedeckt wird.

Die Angabe von Mischungsanteilen auf der Basis der Rohdichten, wie sie nach dem VDLUFA-Verfahren zu ermitteln sind, würde Fehler bei der Herstellung von Vegetationsschichtgemischen vermeiden, Kontrollprüfungen erleichtern und deren Aussage verbessern helfen.

The effect of different supplements on the physical qualities of a highly sandy mixture in soils of different density

Summary

Six supplements (lava sand 0/3, inflated clay 4/8, inflated perlit, HFH/polystyrol foam mixture, bark compost, peat) in different proportions of 20 vol. per cent each were added to a topsoil/sand mixture to examine their effect on the proportion of empty space and the distribution of the pores, the capacity of water storage as well as the water permeability in soils of different density. The basis for the proportioning of the percentages of the mixture was the crude density method as used by the Association of the German Agricultural Experimental and Research Stations (VDLUFA).

According to the results, it is suggested to test the water permeability of mixtures for turf vegetation layers by using DIN 18035 T 4, extending this test to the total moist area to which the mixture can spread under practical conditions. Quoting proportions of the mixture based on the crude density as assessed by the VDLUFA-procedure would avoid mistakes in the production of mixtures for vegetation layers, facilitate control tests and improve their results.

Effet de différents matériaux additifs sur les propriétés physiques d'un mélange sableux en fonction du degré de compaction

Résumé

Six matériaux additifs (sable de lave 0/3, argile expansé 4/8, perlite expansé, mélange de HFH/granulés de polystyrène, compost d'écorces, tourbe,) furent ajoutés dans une proportion de 20 % en volume à un mélange de sol-sable et étudiés par rapport à leur effet sur la porosité, la répartition des pores, la capacité de rétention pour l'eau et la perméabilité sous différents états de compaction. La mesure des pourcentages constituant les mélanges s'effectua sur base de la densité (Rohdichte) déterminée selon une méthode utilisée par les services allemands de recherche et d'études agronomiques (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten — VDLUFA —). A partir des résultats obtenus il est proposé de déterminer la perméabilité des mélanges pour les couches gazonnantes selon la norme DIN 18035 T 4 en prenant en considération tous les degrés d'humidité susceptibles d'être rencontrés par les mélanges en question sous des conditions pratiques en plein champs.

La spécification des pourcentages des constituants entrant dans les mélanges en se basant sur les densités déterminées d'après le procédé appliqué par le VDLUFA éviterait des erreurs lors de la confection des mélanges pour couches de végétation et faciliterait les examens contrôle et l'interprétation des résultats.

1. Einleitung und Problemstellung

Funktionsgerechte Vegetationsschichten im Landschafts-, Sportplatz- und Dachgartenbau lassen sich nur in seltenen Fällen aus bauseits vorhandenen reinen Oberböden herstellen. Meist müssen deren Eigenschaften verändert und den Ansprüchen angepaßt werden, die an die künftige Vegetationsschicht gestellt werden.

Häufig ist eine Steigerung der Wasser- und Luftdurchlässigkeit erforderlich. Sie wird durch Vermischung mit möglichst ton- und schlufffreien Sanden erreicht. Die entstehenden Gemische sind daher in der Regel ton- und schluffarm und somit wenig wasser- und nährstoffhaltig. Dies sucht man durch das Hinzufügen sogenannter Zuschlagstoffe zu verbessern (DNA 1974, FLL 1984).

In der Praxis herrscht häufig eine gewisse Unsicherheit über den Wert der verschiedenen Zuschlagstoffe im Hinblick auf den Grad der durch sie bewirkten Verbesserungen von Boden-/Sand-Mischungen in Vegetationsschichten. Vor allem gilt dies für die Erhöhung des Mischungsvolumens im eingebauten, mehr oder weniger stark verdichteten Zustand, für die Verbesserung der Wasserhaltefähigkeit und die Veränderung der Wasserdurchlässigkeit. Dies ist verständlich, denn diesbezügliche physikalische Untersuchungen sind oft nur an den Baustoffen selbst durchgeführt worden. Die Ergebnisse können nur bedingt auf Mischungen übertragen werden, weil anzunehmen ist, daß sich die Merkmale der Mischungskomponenten gegenseitig beeinflussen können. Besonders gilt dies für die physikalischen Eigenschaften belasteter Vegetationsschichten, da dort die Verformbarkeit der Zuschlagstoffe und die Art der Lagerung unter Druck eine besondere Rolle spielen können.

Über die in Sandmischungen bzw. Mischungen aus Sanden und porösen Baustoffen vorliegenden physikalischen Eigenschaften wurde vor einiger Zeit von Liesekke (1978, 1980) berichtet.

Ziel der nachfolgend beschriebenen Modellversuche war, an einer Boden-/Sand-Mischung, die im Kornaufbau den Anforderungen der DIN 18035 T 4 entspricht (DNA 1974), zu prüfen, inwieweit der Zusatz handelsüblicher Zuschlagstoffe wichtige physikalische Eigenschaften dieses Gemisches unter dem Einfluß unterschiedlich starker Verdichtung verändert.

2. Material und Methoden

2.1 Material

Aus einem kalkfreien Oberboden und kalkfreien Kompaktsanden wurde eine Gerüstbaustoffmischung hergestellt, welche im Kornaufbau den Anforderungen der DIN 18035 T 4 an Rasentragschichten entsprach (DNA 1974). Von dieser Mischung, deren Körnungslinie in Abbildung 1 dargestellt ist, sowie einer Reihe natürlicher bzw. synthetischer Zuschlagstoffe wurde das Volumengewicht (Rohdichte) nach der Methode des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten für die Untersuchung Gärtnerischer Erden und Substrate (VDLUFA 1987) ermittelt. Auf der Basis der Volumengewichte wurden Gerüstbaustoffe und Zuschlagstoffe jeweils im Volumenverhältnis 80:20 gemischt und an diesen Gemischen sowie dem ursprünglichen Gerüstbaustoffgemisch die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen durchgeführt.

Die Zusammensetzung der Prüfgemische sowie die Rohdichten der Ausgangsstoffe sind in Tabelle 1 aufgeführt.

2.2 Methoden

- a) Volumengewicht (Rohdichte) der einzelnen Baustoffe bzw. Gemische, Verdichtungsstufe 0 (VDLUFA 1987):

Einfüllung der Materialien im Feuchtezustand der Anlieferung bzw. nach Anfeuchtung (Torf) in 250 ml Meßzylinder ($h = \text{ca. } 15 \text{ cm}$), Wägung und Ablesung des vom Material eingenommenen Volumens nach zehnmaligem Fallen des Einfüllgefäßes aus 10 cm Höhe auf eine Gummiplatte; lediglich die sehr niedrige Rohdichte des HFH-Polystyrol-Schaumgemisches wurde im 2-l-Meßzylinder ($h = 40 \text{ cm}$) ermittelt.

Für die Berechnung der Trockenrohddichte Ermittlung des Wassergehaltes einer Teilprobe durch Trocknung bei 105°C .

- b) Rohdichte, Wasserdurchlässigkeit und Wasserhaltefähigkeit nach Einfüllung in Proctorgefäße und Verdichtung in Anlehnung an DIN 18035 T 4 (DNA 1974) in folgenden Verdichtungsstufen (VS):

VS 1: Verdichtung durch 2 Schläge mit dem Proctorhammer in dem Feuchtezustand, der sich nach Herstellung der Gemische ergab;

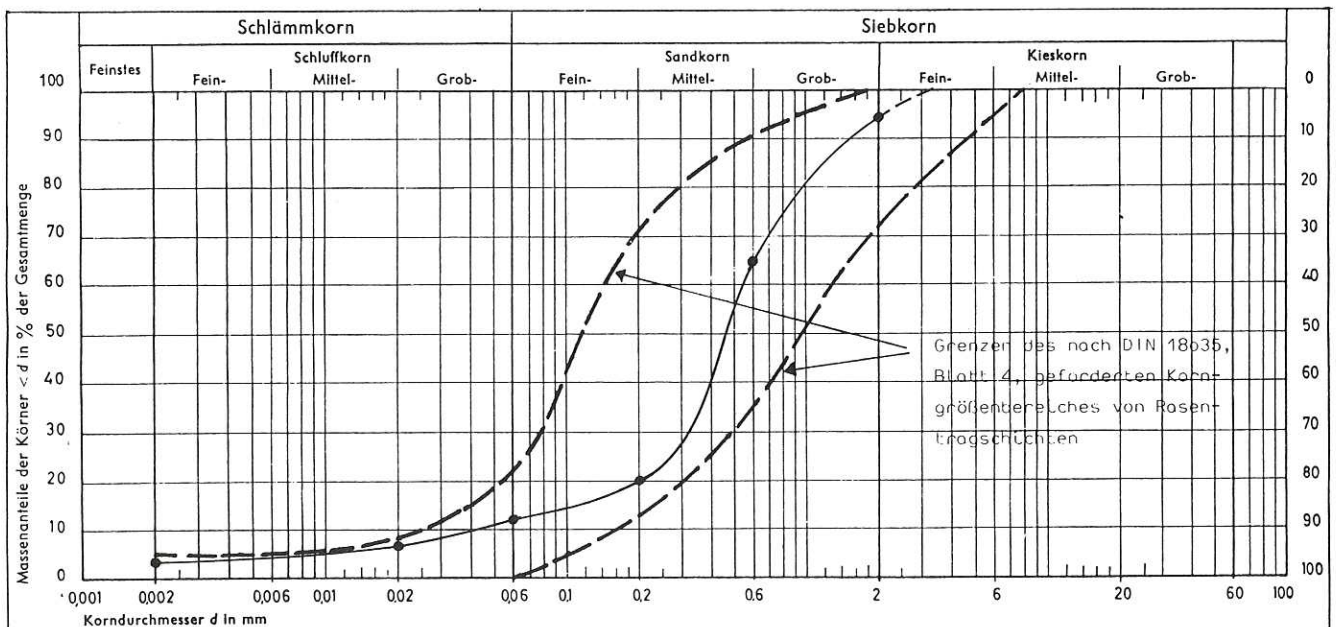


Abbildung 1: Körnungslinie der verwendeten Gerüstbaustoffmischung

Tabelle 1: In den Prüfgemischen verwendete Baustoffe (in Klammern die ggf. nachfolgend gebrauchten Abkürzungen), deren Rohdichten und Anteile in den Mischungen (Volumenanteile bemessen auf der Basis der jeweiligen Rohdichte).

Nr.	Materialart	Handelsname	Rohdichte (Volumengewicht)		Anteil der betreffenden Materialart im Prüfgemisch	
			frisch	trocken	Vol.-%	M.-%
			— t/m ³ —			
1	Gerüstbaustoffe (GB)	—	1,53	1,39	100	100
2	Lavasand 0/3	Lavalit	1,38	1,22	20	17,9
3	Blähton	Liapor 3	0,40	0,32	20	5,4
4	geblähter Perlit	Agriperl	0,12	0,12	20	2,0
5	HF-Harz-/Polystyrol- Schaumgemisch (HFH/PS)	Hygropor 73	0,015	0,015	20	0,3
6	Rindenkompost (Riko)	Waldhumus	0,63	0,17	20	2,9
7	Hochmoortorf	Floratorf	0,40	0,10	20	1,8

VS 2: Verdichtung durch 12 Schläge mit dem Proctorhammer bei gleichem Feuchtezustand wie in VS 1;

VS 3—5: Steigerung des Prüfwassergehaltes bis zur Sättigung (VS 5) bzw. Zufügung von $\frac{1}{3}$ (VS 3) bzw. $\frac{2}{3}$ (VS 4) der dazu benötigten Wassermenge und Verdichtung mit 12 Schlägen des Proctorhammers.

Die Trockenrohddichte wurde jeweils aus der Höhe des verdichteten Prüfgutes, der eingewogenen Prüfgutmenge und deren Wassergehalt berechnet.

Die Wasserdurchlässigkeit ergab sich aus dem Absinken des Wasserspiegels über dem verdichteten Prüfgut von 4,5 auf 3,5 cm bzw. (bei sehr geringer Durchlässigkeit) aus der zum Erreichen des ursprünglichen Niveaus nach einer gewissen Zeit ergänzten Wassermenge.

Die Wasserkapazität wurde durch Rückwiegen der mit Prüfgut gefüllten Proctorgefäße ca. 20 h nach Beendigung der Wasserperkolatin ermittelt. Dadurch war gewährleistet, daß auch in den sehr wenig wasserundurchlässigen Prüfvarianten das hydraulische Potential im Gleichgewicht mit dem Gravitationspotential war.

c) Dichte des festen Materials der Prüfgemische durch submerse Wägung einer fein gemahlene Teilprobe in Xylol, daraus errechnet das Gesamthohlraumvolumen (Kuntze et al. 1983).

d) Anteil der wasser- und luftgefüllten Hohlräume bei pF 0, 1,8, 2,5 und 4,2 bei Verdichtungsstufe 0:

Das Prüfgut wurde in 2 cm hohe, am Boden mit einem Papierfilter versehene Plastikringe in der VS 0 entsprechenden Rohdichte eingefüllt und 24 h ge-

wässert. Die Wassergehalte der einzelnen pF-Stufen wurden bestimmt durch Rückwiegen der Proben nach 6 h Abtropfen über einem Drahtsieb mit 5 mm Maschenweite (pF 0) bzw. nach Gleichgewichtseinstellung mit dem gewählten Unter- bzw. Überdruck auf einer keramischen Platte (Druckplattenapparat, Firma Soil Moisture, Santa Barbara, USA; Verfahren in Anlehnung an DIN 19683 T 5, (DNA 1973). Da nach Anlegen höherer Saugspannungen teilweise eine beträchtliche Volumenminderung des Prüfgutes festzustellen war, wurde nach Einstellung von pF 4,2 erneut kapillar gewässert und die pF 0, 1,8 und 2,5 entsprechenden Wassergehalte der Proben nochmals ermittelt. Die Prüfungen unter d) wurden vierfach durchgeführt. Die statistische Verrechnung der Daten erfolgte auf einem PC, IBM XT, mit Statistikprogrammen der Firma PIC, München. Die Signifikanz ist nachfolgend mit ns für nicht signifikant, x für $95 > P < = 99\%$, xx für $99 > P < = 99,9\%$ und xxx für $P > 99,9\%$ gekennzeichnet.

3. Ergebnisse

3.1 Trockenrohddichte, Dichte des Festmaterials, Gesamthohlraumvolumen

Die Trockenrohddichte der Proben in Abhängigkeit von der jeweils vorliegenden Verdichtung, die Dichte des Festmaterials und das aus diesen Kenngrößen errechnete Gesamthohlraumvolumen der Prüfgemische sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Der Begriff „Gesamthohlraumvolumen“ wurde aus den nachfolgenden Überlegungen heraus dem sonst üblichen und in Böden aus kompakten Bestandteilen synonymen Begriff „Gesamtporenvolumen“ vorgezogen.

Tabelle 2: Trockenrohddichte, Dichte des Festmaterials und daraus berechneter Gesamthohlraumanteil der Prüfgemische in Abhängigkeit von der vorliegenden Verdichtungsstufe.

Gemisch	1 GB	2 + Lavasand	3 + Blähton	4 + Perlit	5 + HFH/PS	6 + RiKo	7 + Torf
Trockenrohddichte (t/m³)							
Verdicht.-Stufe 0	1,39	1,37	1,24	1,16	1,24	1,21	1,02
Verdicht.-Stufe 1	1,47	1,44	1,32	1,20	1,29	1,25	1,14
Verdicht.-Stufe 2	1,64	1,59	1,45	1,35	1,44	1,45	1,30
Verdicht.-Stufe 3	1,67	1,65	1,50	1,42	1,57	1,52	1,35
Verdicht.-Stufe 4	1,71	1,69	1,55	1,47	1,56	1,50	1,29
Verdicht.-Stufe 5	1,65	1,72	1,53	1,49	1,49	1,38	1,21
Dichte des Festmaterials (t/m³)	2,635	2,700	2,624	2,622	2,626	2,579	2,555
Gesamthohlraumanteil (Vol.-%)							
Verdicht.-Stufe 0	47,2	49,3	52,7	55,8	52,8	53,1	60,1
Verdicht.-Stufe 1	44,2	46,7	49,7	54,3	50,9	51,5	55,4
Verdicht.-Stufe 2	37,8	41,0	44,7	48,5	45,2	43,8	49,1
Verdicht.-Stufe 3	36,5	39,1	43,0	45,8	40,4	41,2	47,4
Verdicht.-Stufe 4	35,0	37,5	40,9	44,0	40,7	42,0	49,5
Verdicht.-Stufe 5	37,6	36,4	41,9	43,2	43,4	46,5	52,8

Die Trockenrohddichten zeigen erwartungsgemäß Unterschiede in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Prüfgemische und der gewählten Verdichtung.

In VS 0 lagert das Gerüstbaustoffgemisch (GB) am dichtesten, die Mischung mit Torf am lockersten (Abnahme der Rohdichte gegenüber GB um 28%). Die Rohdichten der übrigen Gemische liegen zwischen diesen Extremen. Allerdings besteht zwischen der Trockenrohddichte der Zuschlagstoffe und der des zugehörigen Gemisches nur ein relativ loser Zusammenhang ($r = 0,722x$).

In den weiteren Verdichtungsstufen erhöht sich die Rohdichte zunächst kontinuierlich. Allerdings steigt sie nur bei den Mischungen mit Lava und Perlit bis VS 5, der Stufe mit dem höchsten Prüfwassergehalt, an. Die übrigen Gemische erreichen bereits bei niedrigerer Verdichtungsstufe (submaximalem Wassergehalt) die dichteste Lagerung. Bezogen auf VS 0, tritt bei maximaler Verdichtung ein Volumenschwund zwischen 26% (GB) und 21% (GB + Torf) ein.

Aus den Rohddichten der eingesetzten Materialien und ihren Volumenanteilen lassen sich Erwartungswerte für die Lagerungsdichten der jeweiligen Gemische berechnen. Vergleicht man diese mit den ermittelten Rohdichten in VS 0, dann ist zu erkennen, daß letztere in allen Fällen — ausgenommen die Mischung mit Torf — höher sind als die theoretischen Werte. Der Zuwachs liegt zwischen <1% (GB + Lava) und 10,3% (GB + HFH/PS). Er ist damit zu erklären, daß die Gemische gleichförmiger gekörnt sind als die Ausgangsmaterialien und/oder Zuschlagstoffe durch die Auflast der Mischungspartner in VS 0 stärker komprimiert werden als für sich allein, wenn sie verformbar sind und niedrige Rohdichten aufzuweisen haben. Wenn Torf hierbei eine Ausnahme bildet, dann wohl deshalb, weil vor Ermittlung seiner Rohdichte ein relativ hoher Wassergehalt eingestellt wurde ($w = 300\%$). Möglicherweise infolge höherer Auflast wurde er

daher bei der Feststellung der Rohdichte stärker verdichtet als in der Mischung mit den Gerüstbaustoffen.

Die Werte im unteren Teil von Tabelle 2 zeigen, daß das Gesamthohlraumvolumen (GHV) in VS 0 zwischen GB ($\text{GHV} = 47,2 \text{ Vol.-%}$) und GB + Torf ($\text{GHV} = 60,1 \text{ Vol.-%}$) variiert.

In welcher Weise sich die unterschiedliche Verdichtungsarbeit in VS 0 bis VS 2 bei gleichem Prüfwassergehalt (M.-%) und die gleichbleibende Verdichtungsarbeit bei höheren Prüfwassergehalten in VS 2 bis VS 5 auf das Gesamthohlraumvolumen und den nach der Verdichtung herrschenden volumenbezogenen Wassergehalt der Gemische auswirken, ist in Abbildung 2 dargestellt. Die dort dargestellten Kurven haben jeweils einen gestrichelten linken Ast und einen durchgezogenen rechten Ast. Ersterer kennzeichnet die Abnahme des Gesamthohlraumvolumens von VS 0 bis VS 2. Bekanntlich ist dort der Wassergehalt in der jeweiligen Mischung — bezogen auf die Trockenmasse — immer gleich. Volumenbezogen steigt er allerdings proportional zur Verminderung des Gesamtmischungsvolumens bzw. (da das Volumen der festen Masse sich nicht ändert) des Gesamthohlraumvolumens an.

Die Anfangspunkte der Kurven zeigen die deutlichen Unterschiede im Wassergehalt bzw. im Gesamthohlraumvolumen der Prüfgemische in VS 0 an. Hinsichtlich des volumenbezogenen Wassergehaltes (w_v) liegen die Extreme bei Mischung 4 (GB + gebl. Perlit, $w_v = 10,7\%$) und Mischung 7 (GB + Torf, $w_v = 19,3\%$).

Aus der Länge des gestrichelten Astes der Verdichtungskurven in Abbildung 2 kann auf die relative Verdichtungsanfälligkeit des betreffenden Gemisches bei mäßigem Wassergehalt und steigender Verdichtungsarbeit geschlossen werden. Das Hohlraumvolumen vermindert sich von VS 0 bis VS 2 zwischen 7,6 (GB + HFH/PS) und 11,0 Vol.-% (GB + Torf).

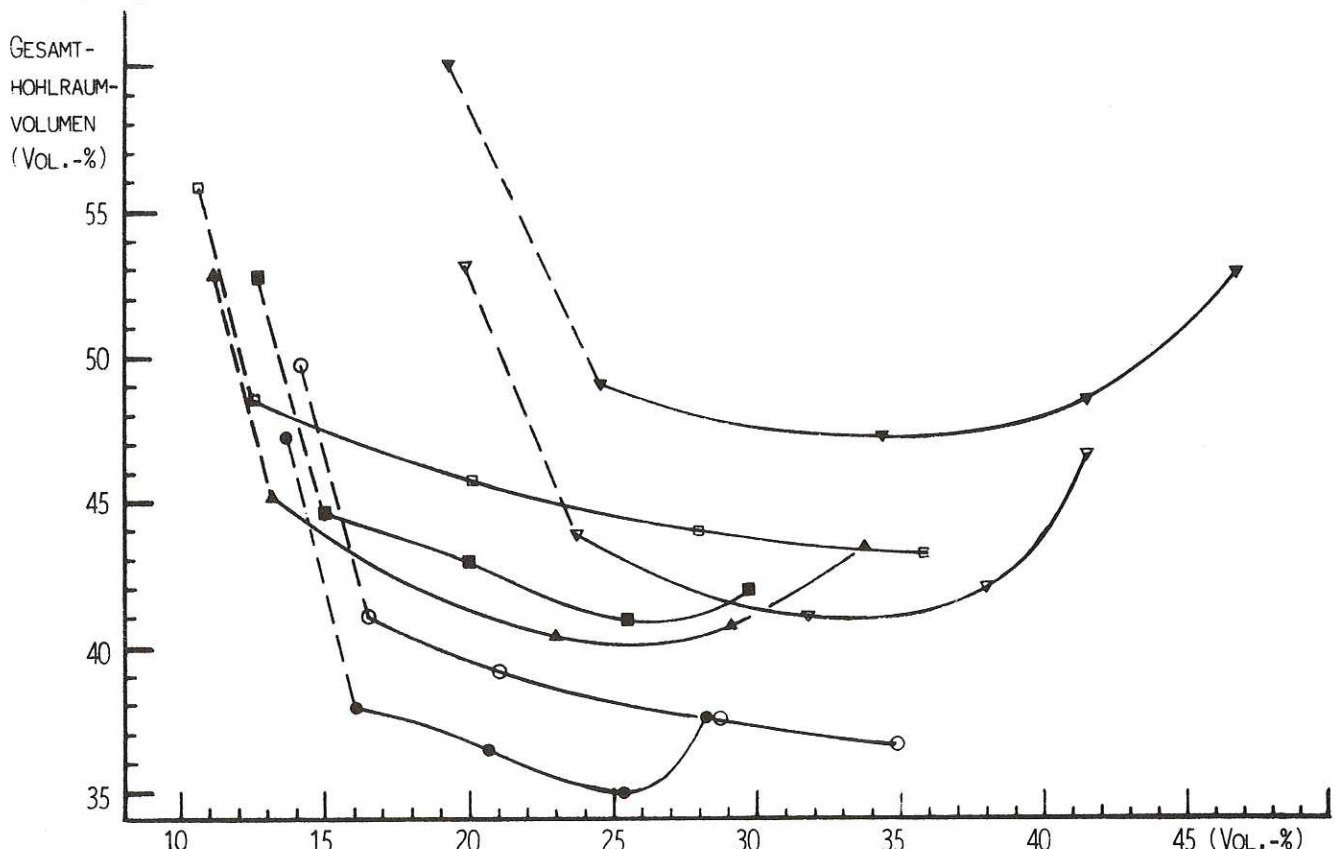


Abbildung 2: Abhängigkeit des Hohlraumvolumens in den einzelnen Verdichtungsstufen vom Prüfwassergehalt bzw. der Verdichtungsarbeit.

- Gerüstbaustoffe (GB) ○ GB + Lavasand ■ GB + Blähton □ GB + gebl. Perlit
- ▲ GB + HFH/PS ▼ GB + Rindenkompost ▼ GB + Torf

Zwischen dem Gesamthohlraumvolumen bei VS 0 und der Reduzierung bis VS 2 besteht kein Zusammenhang ($r = 0,11$ ns). Ein solcher ist wegen der Verschiedenartigkeit der verwendeten Zuschlagstoffe (unterschiedliche Komprimierbarkeit) und der verschiedenen Prüfwassergehalte bei der Verdichtung auch nicht zu erwarten.

Die Veränderung des GHV in den weiteren Verdichtungsstufen ist unterschiedlich. Die Prüfgemische 1, 3 und 5—7 erreichen einen Zustand maximaler Verdichtung und erniedrigen ihre Trockenrohddichte demgegenüber wieder, wenn der Prüfwassergehalt weiter gesteigert wird, wie dies den bekannten Proctorkurven entspricht. Bei den Mischungen 2 und 4 liegt dagegen die maximale Trockenrohddichte nicht innerhalb des vorliegenden Prüfwasserbereiches, obwohl die Wassergehalte teilweise höher liegen als in den übrigen Gemischen bzw. bei Einstellung der Prüfwassergehalte Wassersättigung angezeit wird.

Dies hängt offensichtlich mit der Struktur der in den Gemischen 2 und 4 eingesetzten Zuschlagstoffe zusammen.

In beiden Fällen handelt es sich um relativ volumenstabiles Material mit hohem Hohlraumanteil. Letzterer besteht offensichtlich zum großen Teil aus echten Poren, die in Abhängigkeit vom vorherrschenden Druck unterschiedliche Wassermengen eindringen lassen. Dadurch kommt es, daß zum Beispiel die betreffende Mischung wassergesättigt erscheint, wenn sie niedrigen Drücken ausgesetzt ist (VS 0), andererseits bei hohem Druck noch Wasser aus der Umgebung aufnehmen kann, so daß ein Rückgang der Lagerungsdichte bzw. eine Erhöhung des Porenvolumens im Proctorversuch nicht eintritt.

Hinzuweisen ist auch darauf, daß der Wassergehalt, bei dem der niedrigste Gesamthohlraumanteil erreicht wird, in den Gemischen 1, 3 und 5 nur in einem Bereich zwischen ca. 25 und 26 Vol.-% schwankt, in den Gemischen 6 und 7 dagegen wesentlich höher liegt (ca. 32—34 Vol.-%). Im Zustand maximaler Verdichtung ist das GHV in Mischung 1 mit ca. 35 Vol.-% am niedrigsten, gefolgt von Mischung 2 (36 Vol.-%), Mischung 3, 5 und 6 (je ca. 41 Vol.-%), Mischung 4 (43 Vol.-%) und Mischung 7 (47 Vol.-%).

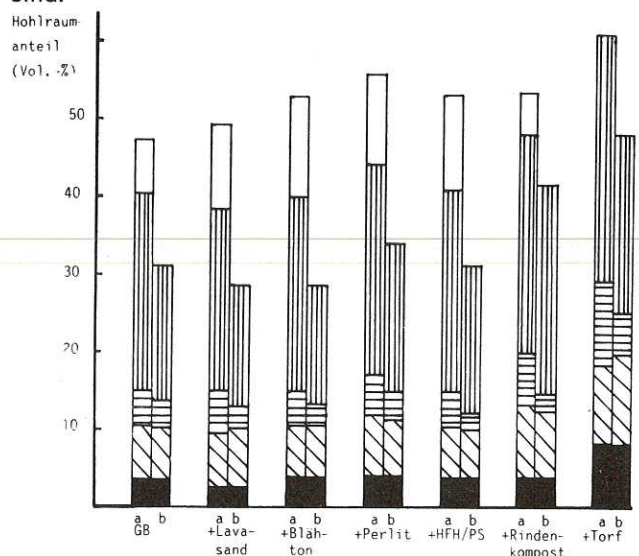
Die Differenz zwischen GHV und w_v (= luftgefüllter Hohlraumanteil) liegt in VS 0 zwischen ca. 33 und 45 Vol.-% und vermindert sich bis VS 2 unter dem Einfluß steigender Verdichtungsarbeit auf Werte zwischen 20 und 36 Vol.-% (GB + Rindenkompost bzw. GB + Perlit).

Mit steigendem Prüfwassergehalt reduziert sich der Anteil der Hohlräume, die zu Beginn der Prüfung luftgefüllt sind, weiter und beträgt bei maximaler Verdichtung in GB etwa 10 Vol.-%, in den Gemischen 2, 5 und 6 teilweise erheblich weniger und in den Gemischen 3 (+ Blähton) und 7 (+ Torf) 3—5 Vol.-% mehr als in GB.

Der zunächst vorgegebene Prüfwassergehalt bei maximaler Verdichtung lag allerdings in fast allen Prüfgemischen höher als die sich nachfolgend einstellende Wasserkapazität, nämlich in Gemisch 2 (+ 1,3), 3 (+ 1,2), 4 (+ 1,9), 5 (+ 2,3), 6 (+ 3,5 Vol.-%). Durch die Entwässerung im Proctorgefaß erhöhte sich daher der Anteil luftgefüllter Poren gegenüber dem Ausgangszustand um den gleichen Betrag.

3.2 Porengrößenverteilung in Verdichtungsstufe 0

Die Anteile einzelner Porengrößenklassen am Gesamtporenvolumen sind in Abbildung 3 dargestellt. Tabelle 3 enthält zusätzliche Angaben, inwieweit die Differenzen zwischen den jeweiligen Porenanteilen im Gerüstbaustoffgemisch (1) und den Mischungen 2—7 signifikant sind.



a: Ausgangszustand nach Herstellen der Gemische und Wassersättigung

b: Zustand nach Entwässerung bis pF 4,2 und erneute Sättigung

□ : bei pF0 luftgefüllte Hohlräume

Porengrößenklassen:

▨ 50—3000 μm ▨ 10—50 μm ▨ 0,2—10 μm ▨ <0,2 μm

Abbildung 3: Volumenanteile von Hohlräumen und Porenklassen in den Gemischen bei Verdichtungsstufe 0

Tabelle 3: Volumenanteile der einzelnen Porengrößenklassen in den Prüfgemischen und Signifikanz der Differenzen zur Gerüstbaustoffmischung (Gemisch 1), Mittelwerte aus je 4 Wiederholungen.

1. Durchlauf: nach Einfüllung in Prüfringe und Wassersättigung;
2. Durchlauf: nach Entwässerung bis pF 4,2 und erneute Wassersättigung.

Gemisch	1 GB	2 + Lavasand	3 + Blähton	4 + Perlit	5 + HFH/PS	6 + RiKo	7 + Torf
Porenanteil (Vol.-%)							
pF-Bereich (Porendurchmesser, μm)							
1. Durchlauf							
pF 0—1,8 (50—3000)	25,4	23,5xx	25,2ns	27,1xx	26,0ns	28,3xx	31,8xxx
pF 1,8—2,5 (10—50)	4,6	5,5xx	4,4ns	5,3x	4,4ns	5,7xx	10,7xxx
pF 2,5—4,2 (0,2—10)	7,0	6,9ns	6,5ns	7,7x	6,6ns	10,2xxx	10,2xxx
pF >4,2 (<0,2)	4,0	2,6xx	4,3ns	5,4ns	3,8ns	4,1ns	8,4xxx
pF >2,5 (<10)	10,9	9,6xx	10,8ns	12,2x	10,4ns	14,3xxx	18,6xxx
2. Durchlauf							
pF 0—1,8 (50—3000)	17,3	15,6x	15,4xx	18,9xx	19,1x	26,8xxx	23,1xxx
pF 1,8—2,5 (10—50)	2,5	2,7ns	2,7ns	3,7xx	2,2ns	2,4ns	5,3xxx
pF >2,5 (<10)	11,5	10,1xx	10,8ns	11,6ns	9,9xx	12,5ns	19,9xxx

Betrachtet man zunächst Variante a) in Abbildung 3, so erkennt man, daß ein erheblicher Anteil des GHV von Hohlräumen gebildet wird, die nach 24 h Wassersättigung und anschließendem 6 h Abtropfen auf einem groben Sieb (Saugspannung = 1 mbar, pF = 0) nicht mit Wasser gefüllt sind. Nach dem Kapillaritätsgesetz (Kuntze et al. 1983) handelt es sich dabei um Poren mit einem Durchmesser >3 mm. Durchgängige Poren dieser Art sind angesichts der vorgenommenen Verdichtung wenig wahrscheinlich. Vielmehr dürfte es sich dabei um luftgefüllte Hohlräume handeln, in die Wasser nicht eindringen kann, weil sie geschlossen sind oder die dort vorhandene Luft nicht entweicht.

Ein Hinweis für diese Vermutung ist die Tatsache, daß Gemische mit Zuschlagstoffen, die als „porös“ oder „geschlossen zellig“ bezeichnet werden, um ca. 4–5 Vol.-% höhere Anteile an solchen Poren aufzuweisen haben als das Gerüstbaustoffgemisch und die Mischung mit Rindenkompost.

Bei pF 0 gänzlich mit Wasser gefüllt ist das GHV lediglich in der Mischung mit Torf. Möglicherweise ist hierfür die Faserstruktur des Torfs verantwortlich, welche das kapillare Wässern und Entweichen von Luft in dünnen Bodenschichten gegenüber den anderen Baustoffen erleichtert.

Damit kann festgestellt werden, daß durch das Hinzufügen von Zuschlagstoffen zur Gerüstbaustoffmischung in VS 0 zwar immer das Gesamthohlraumvolumen erhöht wird, jedoch Lavasand 0/3, Blähton und HFH-PS dieser gegenüber keine zusätzliche Poren schaffen, die innerhalb der für die Gleichgewichtseinstellung gewählten Zeit am Wasser- und Luftaustausch teilnehmen. Ein wirklicher Anstieg des Porenvolumens gegenüber der Gerüstbaustoffmischung ist lediglich für die Mischungen mit Perlit, Rindenkompost und Torf zu verzeichnen. In gleicher Reihenfolge beträgt die Zunahme des Porenvolumens 3,7 (xxx), 7,4 (xxx) und 20,2 (xxx) Vol.-%.

Der größte Teil der bei pF 0 wassergefüllten Poren wird von solchen mit einem Durchmesser >50 µm gebildet, die bei pF 1,8 (= 60 mbar) entwässern. Ihr Anteil liegt zwischen 23,5 und 31,8 Vol.-%. Er ist gegenüber der Gerüstbaustoffmischung in der Mischung mit Lava um 1,9 Vol.-% (xx) erniedrigt, in denjenigen mit Blähton und HFH-PS nicht signifikant verschieden und in den übrigen erhöht (+ Perlit 1,7 [xx], + Rindenkompost 2,9 [xx], + Torf 6,4 Vol.-% [xxx]).

Der Anteil der langsam dränenden Poren mit einem Durchmesser von 10–50 µm (Entwässerung bei Saugspannungen zwischen 60 und 300 mbar, entsprechend pF 1,8–2,5) liegt zwischen 4,4 und 10,7 Vol.-%. Signifikant erhöht ist der Anteil dieser Porenklasse gegenüber GB in den Mischungen mit Lava (0,9 Vol.-% xx), Perlit (0,7 Vol.-% x), Rindenkompost (1,1 Vol.-% xx) und Torf (6,1 Vol.-% xxx).

Der Anteil der nicht dränenden Mittelporen (Durchmesser 0,2–10 µm, Entwässerung bei Saugspannungen zwischen 0,3 und 15 bar, entsprechend pF 2,5–4,2) liegt mit 6,5–10,2 Vol.-% in ähnlicher Größenordnung vor wie die zuvor genannte Porenklasse. Signifikant erhöht gegenüber der Gerüstbaustoffmischung ist ihr Anteil lediglich in den Mischungen mit Perlit (0,7 Vol.-% x), Rindenkompost (3,2 Vol.-% xxx) und Torf (3,2 Vol.-% xxx).

Der Anteil der Feinporen mit einem Durchmesser <0,2 µm (Saugspannung >15 bar, pF >4,2) liegt im Gerüstbaustoffgemisch bei ca. 4 Vol.-%. Statistisch gesicherte Unterschiede sind nur zu den Mischungen mit Lavasand (–1,4 Vol.-% xx) und Torf (+4,4 Vol.-%) vorhanden.

Der nach Anlegen höherer Saugspannungen bemerkba-

re Volumenschwund der Gemische in den Prüfringen ist in Abbildung 4 dokumentiert. Er gab Anlaß zu erneuter Wässerung der Proben und anschließender Bestimmung der Porengrößenverteilung. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 und Tabelle 3 unter der Bezeichnung „2. Durchlauf“ aufgeführt. Sie zeigen, daß allein durch die vorangegangene Entwässerung alle Gemische eine deutliche Reduzierung der bei pF 0 wasserführenden Poren erfahren haben. Diese ist offensichtlich größtenteils irreversibel, jedenfalls durch die nachfolgende Wässerung nicht zu beseitigen, wie Abbildung 3, Variante b) im Vergleich zu Variante a), zeigt.

Der Anteil der Poren mit einem Durchmesser >50 µm vermindert sich in den Gemischen 1–5 und 7 hoch signifikant um 6,9 bis 9,8 Vol.-%. Lediglich in der Mischung mit Rindenkompost ist die Differenz zum 1. Durchlauf mit –1,5 Vol.-% nicht signifikant. Im Gegensatz zum 1. Durchlauf sind nunmehr auch die Differenzen zwischen GB und + Blähton (–1,9 Vol.-% xx) sowie + HFH/PS (+1,8 Vol.-% xx) statistisch gesichert.

Von der Reduktion des Gesamtporenvolumens durch die vorangegangene Entwässerung bis pF 4,2 sind auch die Poren mit Durchmessern von 10–50 µm betroffen. Die Erniedrigung ihres Anteils (bezogen auf das Ausgangsvolumen) von im Mittel 5,8 auf 3,1 Vol.-% ist statistisch hoch signifikant (xxx). Sie führt dazu, daß zuvor signifikante Differenzen in dieser Porenklasse zwischen der Gerüstbaustoffmischung und den Mischungen mit Lava bzw. Rindenkompost nun nicht mehr gegeben sind.

Der Anteil der Poren mit einem Durchmesser <10 µm vermindert sich durch die Entwässerung im Mittel nur um 0,05 Vol.-% (ns). In Einzelfällen ist die Änderung jedoch beträchtlich (+ Rindenkompost –1,8 Vol.-%, Torf +1,3 Vol.-%) und wohl auf Umstrukturierungen der ursprünglich vorhandenen Poren zurückzuführen.

3.3 Veränderung der Wasserspeicherfähigkeit durch die verwendeten Zuschlagstoffe

In Tabelle 4 sind die Werte für die Wasserkapazität aufgeführt, ermittelt durch Rückwiegen der Proctorgefäße ca. 20 h nach Beendigung der Perkolationsmessung (Verdichtungsstufen 1 bis 5).

Für die Beurteilung der Wasserspeicherfähigkeit der verschiedenen Prüfgemische ist allerdings nicht so sehr die maximale Wasserkapazität entscheidend, sondern deren pflanzenverfügbare Anteil. Nach den zuvor aufgeführten Ergebnissen hatten sich als Folge einer weitgehenden Entwässerung die Anteile der Poren >10 µm gegenüber dem Ausgangszustand in Verdichtungsstufe 0



Abbildung 4: Volumenschwund der Gemische durch Entwässerung bis pF 4,2, dargestellt an der Gerüstbaustoffmischung (links) und der Mischung mit Blähton (Mitte); Innendurchmesser der Ringe 5 cm.

Tabelle 4: Wasserkapazität der Gemische, bestimmt durch Rückwiegen der Proctorgefäße ca. 20 h nach Beendigung der Perkolationsmessungen.

Gemisch	Wasserkapazität bei Verdichtungsstufe				
	1	2	3 Vol.-%	4	5
1 Gerüstbaustoffe (GB)	35,1	31,2	30,1	29,3	29,8
2 GB + Lavasand	37,6	33,4	32,0	30,4	33,7
3 GB + Blähton	33,3	29,9	28,2	26,2	28,5
4 GB + Perlit	36,8	33,3	33,7	30,0	33,9
5 GB + HFH/PS	35,5	29,9	31,1	28,0	31,5
6 GB + Rindenkompst	44,6	40,1	37,8	37,8	25,3
7 GB + Torf	42,5	42,0	43,5	42,2	43,2
Mittelwert	37,9	34,3	33,8	32,0	32,3

deutlich erniedrigt. Daraus war abzuleiten, daß der Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers in den Gemischen u. a. von der jeweils vorliegenden Verdichtung abhängen muß.

Eine weitere Einflußgröße auf den als pflanzenverfügbar ausgewiesenen Wassergehalt ist die Höhe der anzusetzenden Saugspannungen. Deren Maximalwert von 15 bar (pF 4,2) ist zwar kaum strittig, wohl aber der Minimalwert. In der landwirtschaftlichen Bodenuntersuchung setzt man ihn je nach Standort bzw. Bodenprofil zwischen pF 1,8 und 2,5 an (Feldkapazität). Dabei wird vorausgesetzt, daß im Gleichgewichtszustand zwischen den Kräften, die das Wasser an der Oberfläche der Bodenteilchen binden (Matrixpotential) und der Schwerkraft, die das Bodenwasser in größere Tiefen zu verlagern sucht (Gravitationspotential) (Scheffer und Schachtschabel 1979), eine Saugspannung zwischen 60 und 300 mbar herrscht, die von einer hängenden Wassersäule zwischen 60 und 300 cm Länge verursacht wird. Solche Verhältnisse mögen in landwirtschaftlich genutzten Böden die Regel sein, wo Oberböden auf natürlich gewachsenen Unterböden entsprechender Entwicklungstiefe direkt aufliegen. Auf Sportflächen in Schichtbauweise werden sich ähnliche Gravitationspotentiale schon nicht mehr aufbauen können, weil dort die Kontinuität der Poren bis in 60 bzw. 300 cm Tiefe in der Regel unterbrochen ist. Diese Ansicht wird durch praktische Versuche bestätigt. Wenn z. B. Baader und Skirde (1987) feststellen, für den Anteil an pflanzenverfügbar gespeichertem Wasser in Rasentragschichten sei eine niedrigere Saugspannung als 60 mbar anzusetzen, dann ist dies angesichts der zugrundeliegenden Bodenaufbauten erklärlich.

Vermeintlich trifft dieses Argument für Vegetationsschichten mit Unterflurbewässerung zu, in denen bei Feldkapazität bestenfalls eine mittlere Saugspannung in Höhe der halben Vegetationsschichtdicke herrschen kann, nach Wasseranstau gar nur in Höhe des halben Abstandes zwischen Stauwasserspiegel und Bodenoberfläche.

Welchen Wert der Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers annehmen kann, hängt somit von den standörtlichen Gegebenheiten ab. Ist daher der Einfluß von Zuschlagstoffen auf den Anteil an pflanzenverfügbarem Wasser zu charakterisieren, dann müssen die möglichen Zustände, in denen das Gemisch in der Praxis vorliegen kann, berücksichtigt werden. Die in den nachfolgenden Tabellen aufgeführten Werte für den Anteil an pflanzenverfügbarem Wasser sind unter diesem Gesichtspunkt zu sehen.

Tabelle 5 gibt die Verhältnisse wieder, in denen die Gemische in relativ lockerer Lagerung (VS 0) einer Saugspannung von 60 mbar ausgesetzt wurden.

Der Anteil an pflanzenverfügbarem Wasser liegt nach dieser Tabelle zwischen $w_v = 11,0$ Vol.-% (GB + Blähton) und $w_v = 21,0$ Vol.-% (GB + Torf).

Gegenüber GB steigt die Wasserhaltefähigkeit in Mischung 4 (+ Perlit), 6 (+ Riko) und 7 (+ Torf) signifikant an, in Mischung 2 (+ Lava) und 5 (+ HFH/PS) ist sie nicht signifikant von GB verschieden, und in Mischung 3 (+ Blähton) ist sie geringfügig, aber signifikant, niedriger.

Die Entwässerung bis pF 4,2 und anschließende kapillare Sättigung — kennzeichnend für Vegetationsschichten auf natürlich gewachsenen Böden mit geringem Grundwasserabstand unter wechselfeuchten Bedingungen — führt zu einem Rückgang des Anteils an pflanzenverfügbarem Wasser um durchschnittlich ca. 3 Vol.-% gegenüber der Ausgangssituation, wie in Tabelle 6 gezeigt wird. Überdurchschnittlich geht er in den Mischungen 6 und 7 mit volumeninstabilen organischen Zuschlagstoffen, unterdurchschnittlich in den übrigen Mischungen zurück.

Bis auf Torf bringen alle übrigen Zuschlagstoffe gegenüber GB nur noch Steigerungen der Wasserhaltefähigkeit von weniger als 1 Vol.-% (im Falle von Mischung 2 nicht signifikant), in den Mischungen 3 und 5 ist die Wasserhaltefähigkeit sogar gesichert niedriger als in GB.

Tabelle 5: Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers, berechnet als Differenz der Wassergehalte bei pF 1,8 und 4,2, und Differenzenmatrix der Mittelwerte der Prüfmischungen in Verdichtungsstufe 0, 1. Durchlauf.

1): MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung bei $n = 4$.

Gemisch	7	6	4	2	1	5	3
	+ Torf	+ Riko	+ Perlit	+ Lava	GB	+ HFH/PS	+ Blähton
MW ¹⁾	20,97	15,96	12,95	12,38	11,52	10,99	10,95
ST ¹⁾	0,34	0,42	0,43	0,73	0,38	0,28	0,20
	Porentanteil (Vol.-%)						
Differenz zu Nr. 3	10,02 xxx	5,01 xxx	2,00 xxx	1,43 xx	0,57 x	0,04 ns	
5	9,98 xxx	4,97 xxx	1,96 xxx	1,93 x	0,53 ns		
1	9,45 xxx	4,44 xxx	1,43 xx	0,86 ns			
2	8,59 xxx	3,58 xxx	0,57 ns				
4	8,02 xxx	3,01 xxx					
6	5,01 xxx						

Eine nochmalige Reduzierung des Anteils an pflanzenverfügbarem Wasser wird in Tabelle 7 als Differenz zwischen pF 2,5 und 4,2 ausgewiesen. Sie beträgt im Mittel ca. 50% der Differenz der Wassergehalte zwischen pF 1,8 und 4,2. Gegenüber GB bringen lediglich Torf, Rindenkompost und Perlit eine höhere Wasserhaltefähigkeit, die übrigen Gemische keine gesicherten Unterschiede.

Die Bestimmung des Anteils an pflanzenverfügbarem Wasser bei gleicher Saugspannungsdifferenz nach Entwässerung bis pF 4,2 und nachfolgende Wässerung (Tabelle 8), wie dies für wechselfeuchte Standorte mit hohem Grundwasserabstand charakteristisch ist, führt gegenüber dem Ausgangszustand im Mittel zu keiner Reduktion des wasserhaltenden Porenanteils. In Einzelfällen ergibt sich ein Anstieg gegenüber den Werten von Tabelle 7 um bis zu 1,8 Vol.-%, in anderen Fällen eine Verminderung um ca. 0,5 Vol.-%. Als Erklärung bietet sich an, daß vor allem in den Gemischen mit volumeninstabilen Zuschlagstoffen (6,7) durch die Entwässerung bis pF 4,2 gröbere Poren zusammengebrochen sind und

dadurch kleinere Poren geschaffen wurden, die das Speichervolumen für pflanzenverfügbares Wasser erhöhen.

Die unterschiedliche Poren-Umstrukturierung in den verschiedenen Gemischen durch die Entwässerung bewirkt, daß nunmehr lediglich die Gemische mit Torf und Rindenkompost (statistisch gesichert) 3,9 bzw. 0,8 Vol.-% mehr pflanzenverfügbares Wasser speichern können als GB, alle anderen weniger, wobei allerdings die Differenzen zu Nr. 2 (+ Lava) und Nr. 4 (+ Perlit) nicht gesichert sind.

Insgesamt bleibt als Ergebnis dieser Untersuchungen festzuhalten, daß die anzusetzende Wasserhaltefähigkeit der Gemische je nach der gewählten Saugspannung und der vorliegenden Verdichtung sehr unterschiedliche Werte annehmen kann. Wird die Feldkapazität bei pF 1,8 angesetzt, dann erweist sich der Zusatz von Torf, Rindenkompost und Perlit gegenüber der reinen Gerüstbaustoffmischung als nützlich und die der übrigen Zuschlagstoffe als nicht relevant bzw. wassergehaltsmindernd.

Tabelle 6: Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers, berechnet als Differenz der Wassergehalte bei pF 1,8 und 4,2, und Differenzenmatrix der Mittelwerte der Prüfmischungen in Verdichtungsstufe 0, 2. Durchlauf.

1): MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung bei n = 4.

Gemisch	7 + Torf	4 + Perlit	6 + Riko	2 + Lava	1 GB	3 + Blähton	5 + HFH/PS
	Porentanteil (Vol.-%)						
MW ¹⁾	16,83	10,81	10,77	10,17	10,03	9,29	8,30
ST ¹⁾	0,70	0,42	0,12	0,17	0,24	0,18	0,26
Differenz zu Nr. 3	8,53xxx	2,51xxx	2,48xxx	1,87xxx	0,73xxx	1,00x	
5	7,53xxx	1,52xx	1,48xxx	0,87xxx	0,74xx		
1	6,80xxx	0,78xxx	0,74xx	0,14ns			
2	6,66xxx	0,64ns	0,60ns				
4	6,06xxx	0,04ns					
6	6,02xxx						

Tabelle 7: Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers, berechnet als Differenz der Wassergehalte bei pF 2,5 und 4,2, und Differenzenmatrix der Mittelwerte der Prüfmischungen in Verdichtungsstufe 0, 1. Durchlauf.

1): MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung bei n = 4.

Gemisch	7 + Torf	6 + Riko	4 + Perlit	1 GB	2 + Lava	5 + HFH/PS	3 + Blähton
	Porentanteil (Vol.-%)						
MW ¹⁾	10,24	10,23	7,71	6,97	6,93	6,56	6,51
ST ¹⁾	0,22	0,17	0,28	0,33	0,34	0,27	0,18
Differenz zu Nr. 3	3,72xxx	3,71xxx	1,20xxx	0,46ns	0,41ns	0,05ns	
5	3,67xxx	3,66xxx	1,55xx	0,41ns	0,36ns		
2	3,31xxx	3,30xxx	0,78x	0,04ns			
1	3,27xxx	3,26xxx	0,60x				
4	2,53xxx	2,52xxx					
6	0,01ns						

Tabelle 8: Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers, berechnet als Differenz der Wassergehalte bei pF 2,5 und 4,2, und Differenzenmatrix der Mittelwerte der Prüfmischungen in Verdichtungsstufe 0, 2. Durchlauf.

1): MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung bei n = 4.

Gemisch	7 + Torf	6 + Riko	1 GB	2 + Lava	4 + Perlit	3 + Blähton	5 + HFH/PS
	Porentanteil (Vol.-%)						
MW ¹⁾	11,48	8,40	7,56	7,50	7,14	6,56	6,12
ST ¹⁾	0,59	0,31	0,26	0,31	0,27	0,15	0,54
Differenz zu Nr. 5	5,37xxx	2,28xxx	1,44xx	1,38xx	1,02xx	0,45ns	
3	4,92xxx	1,83xxx	0,99xxx	0,94xx	0,57xx		
4	4,35xxx	1,26xxx	0,42ns	0,36ns			
2	3,99xxx	0,90xx	0,06ns				
1	3,93xxx	0,84xx					
6	3,09xxx						

Wird als Feldkapazität die Differenz der Wassergehalte zwischen pF 2,5 und 4,2 angesetzt, dann ergibt sich eine eindeutig positive, auch unter wechselfeuchten Bedingungen beständige Wirkung nur von Torf und Rindenkompost. Alle anderen Zuschlagstoffe bewirken gegenüber der reinen Gerüstbaustoffmischung keinen Anstieg der Wasserspeicherfähigkeit, in vielen Fällen sogar einen Abfall.

Eine weitere Variante der Feldkapazitätsmessung ist den Werten in Tabelle 9 zugrundegelegt. Sie dürfte auf belastete Vegetationsschichten mit einer Dränschicht bzw. wasserundurchlässigen Sperrschicht als Unterlage übertragbar sein. Hier ergibt sich das für die Entwässerung bis Feldkapazität maßgebliche Gravitationspotential aus der Dicke der Vegetationsschicht. Beträgt diese z.B. 10 cm, dann ist bei Feldkapazität an der Grundfläche der Vegetationsschicht eine Saugspannung von 0 und an der Oberfläche eine solche von 10 mbar, im Mittel also 5 mbar, anzusetzen.

Solche Verhältnisse sind etwa auch gegeben, wenn die Wasserkapazität in Proctorgefäßen ermittelt wird. Die Schichtdicke der Prüfgemische in den Proctorgefäßen lag z. B. in den Versuchen, über die hier berichtet wird, in Abhängigkeit vom verwendeten Zuschlagstoff und der gewählten Verdichtung zwischen 9 und 13 cm. Im Mittel herrschte in den Proctorgefäßen nach Entwässerung bis zur Gleichgewichtseinstellung also eine Saugspannung von ca. 5,5 mbar, die nach dem Kapillaritätsgesetz (Kuntze et al., 1983) lediglich zur Entwässerung der Poren mit einem Durchmesser $> 500 \mu\text{m}$ führt. In Wirklichkeit sind allerdings die Poren an der Grundfläche des Proctorzylinders voll wassergesättigt und an der Deckfläche solche mit einem Durchmesser > 300 bis $> 200 \mu\text{m}$ (je nach Schichtdicke der Prüfgemische) entleert.

Unter der Voraussetzung, daß die Anteile an nicht pflanzenverfügbarem Wasser (M.-%) im Proctorversuch und im Druckplattenversuch gleich sind, kann der Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers bei Feldkapazität als Differenz zwischen der Wasserkapazität in den Proctorgefäßen und dem Wassergehalt bei pF 4,2 in den Druckplattenversuchen berechnet werden, wenn die unterschiedliche Lagerungsdichte berücksichtigt wird. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Die in Tabelle 9 aufgeführten Anteile an pflanzenverfügbarem Wasser sind der niedrigeren Saugspannung entsprechend wesentlich höher als z.B. die Werte von Ta-

belle 5 (Saugspannung 60 mbar). Dies gilt auch für die höheren Verdichtungsstufen, in denen das Gesamtporenvolumen gegenüber VS 0 stark erniedrigt wurde. Die Differenz zu den Werten von Tabelle 5 liegt im Mittel zwischen 20 Vol.-% (VS 1) und 12,5 Vol.-% (VS 4).

Eine eindeutige Verbesserung der Wasserspeicherfähigkeit gegenüber dem Gerüstbaustoffgemisch, die über alle Verdichtungsstufen beständig ist, läßt sich in den Gemischen mit Lavasand, Rindenkompost und Torf feststellen. Ähnlich günstig wie Lavasand wirkt sich offensichtlich der Zusatz von Perlit aus. In VS 4 ist zwar eine geringere Wasserhaltefähigkeit als in GB ausgewiesen, dies kann jedoch angesichts der positiven Wirkung in den übrigen Verdichtungsstufen als Ausreißer gelten. Der Zusatz von HFH/PS zieht in den einzelnen Verdichtungsstufen in zwei Fällen eine geringfügig positive, in drei Fällen eine ebenso geringfügig negative Wirkung nach sich, erwies sich in den vorliegenden Versuchen also als indifferent. Blähton führte dagegen in allen Verdichtungsstufen zu einer niedrigeren Wasserhaltefähigkeit als die reine Gerüstbaustoffmischung.

Die Ergebnisse in Tabelle 9 bestätigen somit in etwa die Ergebnisse der Tabellen 5—8, wenngleich die Höhe der ausgewiesenen positiven bzw. negativen Wirkung einzelner Zuschlagstoffe in manchen Fällen gegenüber den Ergebnissen der vorangegangenen Druckplattenversuche verändert ist.

3.4 Einfluß der verwendeten Zuschlagstoffe auf die Wasserdurchlässigkeit der Gemische bei unterschiedlicher Verdichtung

Die im Proctorversuch in Anlehnung an DIN 18035 T 4 bei den Prüfgemischen in unterschiedlicher Verdichtung (VS 1 bis VS 5) gemessenen Wasserversickerungsraten sind in Abbildung 5 in Abhängigkeit von dem während der Verdichtung herrschenden Prüfwassergehalt dargestellt. Jede Kurve gliedert sich in einen Teil A, wo die Verdichtungsarbeit aus 2 Schlägen mit dem Proctorhammer bestand (VS 1) und einen Teil B. In Teil B wurde das Prüfgut jeweils mit 12 Schlägen des Proctorhammers verdichtet, allerdings mit steigendem Prüfwassergehalt (VS 2 bis VS 5).

Der Darstellung ist zu entnehmen, daß alle Prüfgemische mit Zunahme der Verdichtungsstufe eine deutliche Verminderung der Wasserdurchlässigkeit zu verzeichnen haben. In VS 1 (Teil A) liegt die Versickerungsrate zwischen ca. 0,8 und $20 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$. Daraus ist zu

Tabelle 9: Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers, berechnet als Differenz zwischen der in den Proctorversuchen ermittelten Wasserkapazität und dem Anteil nicht pflanzenverfügbaren Wassers (pF > 4,2) gemäß Druckplattenversuch; in Klammern die Unterschiede zur Gerüstbaustoffmischung in der jeweiligen Verdichtungsstufe.

Gemisch	Anteil des pflanzenverfügbaren Wassers bei Verdichtungsstufe				
	1	2	3	4	5
	Vol.-%				
1 Gerüstbaustoffe (GB)	30,9	26,5	25,3	24,4	25,1
2 GB + Lavasand	34,8	30,4	28,8	27,2	30,4
	(+ 3,9)	(+ 3,9)	(+ 3,5)	(+ 2,8)	(+ 5,3)
3 GB + Blähton	28,8	24,9	23,1	20,9	23,2
	(- 2,1)	(- 1,6)	(- 2,2)	(- 3,5)	(- 1,9)
4 GB + Perlit	32,2	28,1	28,2	24,3	28,1
	(+ 1,3)	(+ 1,6)	(+ 2,9)	(- 0,1)	(+ 3,0)
5 GB + HFH/PS	31,5	25,5	26,3	23,2	26,9
	(+ 0,6)	(- 1,0)	(- 1,0)	(- 1,2)	(+ 1,8)
6 GB + Rindenkompost	40,4	35,2	32,7	32,8	35,8
	(+ 9,5)	(+ 8,7)	(+ 7,4)	(+ 8,4)	(+ 10,7)
7 GB + Torf	32,6	31,8	32,4	31,6	33,3
	(+ 1,7)	(+ 5,3)	(+ 7,1)	(+ 7,2)	(+ 8,2)
Mittelwert	33,0	28,9	28,1	26,3	29,0

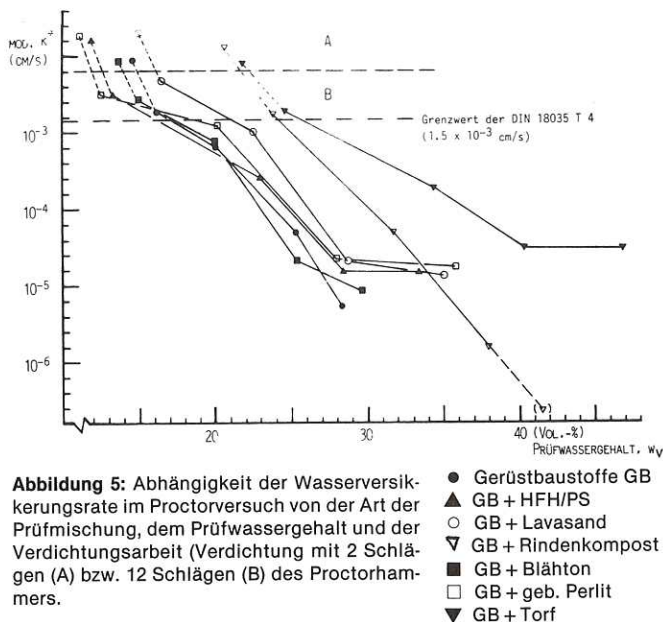


Abbildung 5: Abhängigkeit der Wasserversickerungsrate im Proctorversuch von der Art der Prüfmischung, dem Prüfwassergehalt und der Verdichtungsarbeit (Verdichtung mit 2 Schlägen (A) bzw. 12 Schlägen (B) des Proctorhammers.

- Gerüstbaustoffe GB
- ▲ GB + HFH/PS
- GB + Lavasand
- ▼ GB + Rindenkompost
- GB + Blähton
- GB + geb. Perlit
- ▼ GB + Torf

schließen, daß alle Prüfgemische ausreichend durchlässig sind, wenn sie für unbelastete Vegetationsschichten verwendet werden.

In VS 2 liegt die Versickerungsrate bei massenbezogen gleichem, volumenbezogen allerdings höherem Prüfwassergehalt (dichtere Lagerung des Prüfgutes wegen stärkerer Verdichtungsarbeit) zwischen $1,7$ und $4,3 \times 10^{-3}$ cm/s. Der nach DIN 18035 T 4 zu fordernde Wasserschluckwert (DNA 1974) stellt sich somit in allen Prüfgemischen ein. Die weiteren Verdichtungsstufen in Teil B der Abbildung 5 zeigen demgegenüber ein Absinken der Wasserdurchlässigkeit an, das je nach dem verwendeten Zuschlagstoff etwa um den Faktor 50 (GB + Torf) bis mehr als 1000 (GB, GB + Riko) variiert.

Die Durchlässigkeit des Gemisches mit Rindenkompost war in VS 5 so niedrig, daß sie innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit nicht meßbar war. Der betreffende Wert, der in Abbildung 5 eingeklammert ist, wurde aus der Meßzeit und dem geringsten noch meßbaren Versickerungsvolumen berechnet. Er ist weit unter 10^{-6} cm/s anzusetzen. In den übrigen Fällen ergaben sich unter den ungünstigsten Bedingungen (Wassersättigung der Gemische vor der Verdichtung) Versickerungsraten zwischen $0,5$ und $2,6 \times 10^{-5}$ cm/s, die allerdings bei stoffspezifisch sehr unterschiedlichen Wassergehalten er-

mittelt wurden ($w_v = 28,3$ Vol.-% [GB] bis $w_v = 41,3$ Vol.-% [GB + Torf]). Im Gegensatz zur Lagerungsdichte, die nach Durchschreiten eines Maximums mit Ausnahme der Gemische 2 und 4 bei Wassersättigung wieder erniedrigt wurde, ergibt sich keine Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit von Verdichtungsstufe 3 bzw. 4 auf 5, wohl aber in den meisten Fällen (Ausnahme: GB, GB + Riko) ein Abflachen der Kurve, im Extrem (GB + HFH, GB + Torf) auch ein annähernd waagerechter Verlauf, der anzeigt, daß zwischen VS 4 und VS 5 praktisch keine Abnahme der Wasserdurchlässigkeit mehr gegeben ist. Legt man als Gütekriterium die auch unter ungünstigsten Bedingungen noch vorhandene Wasserdurchlässigkeit zugrunde, dann wirken sich sämtliche Zuschlagstoffe positiv aus.

Die annähernd gleiche Steigerung der Kurven nach Unterschreiten des Grenzwertes der DIN 18035 T 4 zeigt darüber hinaus, daß die verschiedenen Gemische sehr ähnlich in bezug auf die Verringerung der Wasserdurchlässigkeit mit steigendem Prüfwassergehalt reagieren. Allerdings ist der Wassergehalt, bei dem die gleiche Wasserdurchlässigkeit gegeben ist, in Abhängigkeit vom verwendeten Zuschlagstoff sehr unterschiedlich. Offensichtlich kommt darin die Wasseraufnahmefähigkeit des eingesetzten Zuschlagstoffes und dessen Verdichtungsabhängigkeit zum Ausdruck.

Die beste Wirkung geht in dieser Hinsicht von Torf aus, da in Gemisch 7 die (negative) Steigung der zugehörigen Durchlässigkeitskurve am niedrigsten und die Mindestversickerungsrate am höchsten ist. Rindenkompost dagegen, der in VS 2 (trotz wesentlich höherem Prüfwassergehalt) zu ähnlichen Durchlässigkeitswerten kam wie GB, reagiert auf weiter steigende Prüfwassergehalte mit einer wesentlich größeren Abnahme der Wasserdurchlässigkeit als Torf, so daß in VS 4 und 5 die niedrigsten Versickerungsraten aller Prüfgemische erzielt wurden. Ursache dafür dürfte der visuell sichtbare, recht hohe Gehalt an fein verteilter organischer Substanz sein, der mit steigendem Wassergehalt beweglicher wird und die für die Wasserbewegung verantwortlichen Poren verschließt.

Die Fortsetzung dieses Beitrages — 4. Diskussion — 5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen — Literatur — in Heft 3/88 RASEN/TURF/GAZON.

Verfasser: Dr. B. Deller, Staatl. Landw. Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg, Neßlerstraße 23, 7500 Karlsruhe 41

GaLaBau 1988 in Nürnberg

Im Sport-, Spiel- und Freizeitbereich zeichnen sich neue Entwicklungen ab, die unter den Begriffen „Sport für alle“, „Freizeitsport“ etc. zusammengefaßt werden können. Nicht mehr die monofunktionale Nutzung von Sport- und Freizeitanlagen ist gefragt, sondern Schlagworte wie „Mehrfachnutzung“ und „Mehrzwecknutzung“ kennzeichnen die sich wandelnden Ansprüche der Gesellschaft an die Nutzungsmöglichkeiten herkömmlicher Anlagen.

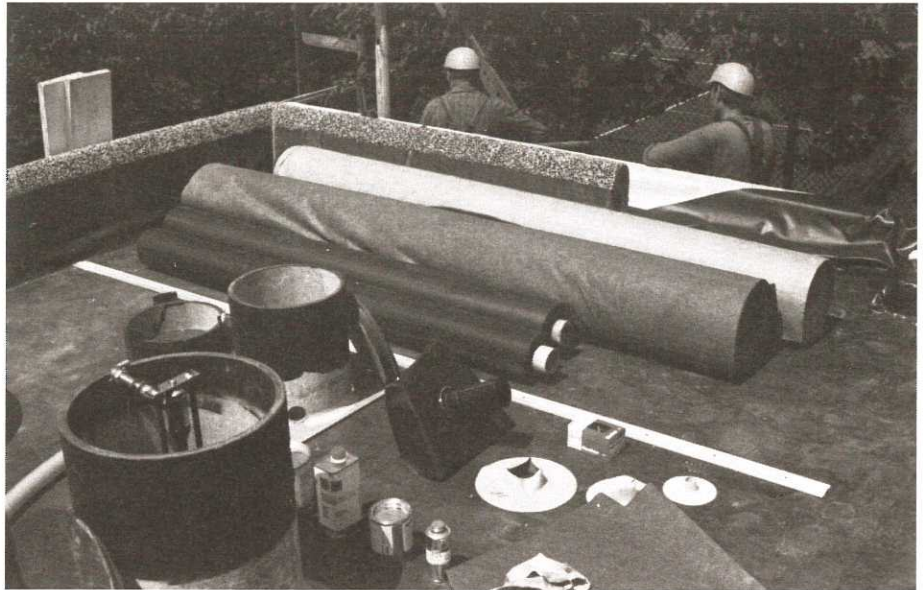
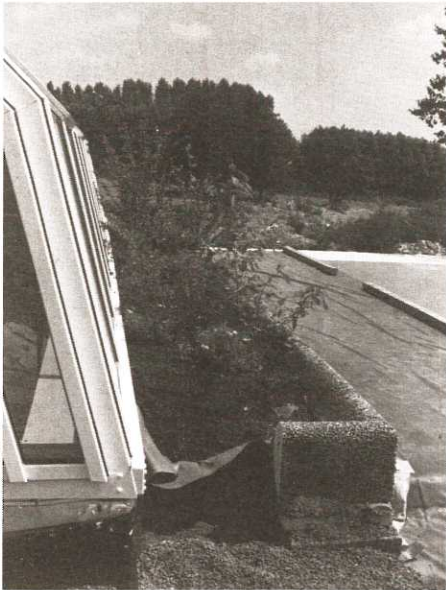
Die Konsequenzen, die diese Entwicklung für die Umgestaltung, die Renovation, aber auch für die Neuanlage von Sport-, Spiel- und Freizeitanlagen hat, ist Inhalt einer Forumsdiskussion anläßlich der GaLaBau 88 Nürnberg, 8. Europäische Fachmesse Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau am 15. September 1988 im Messezentrum Nürnberg.

Unter der Leitung eines Moderators des Bayerischen Rundfunks werden Sigurd Agricola (Deutsche Gesellschaft für Freizeit), Heiner Pätzold (Internationaler Ar-

beitskreis Sport- und Freizeiteinrichtungen), Rudolf Eirich (Bundesverband Garten, Landschafts- und Sportplatzbau), Hans-Joachim Schemel (Büro für Umweltforschung und Umweltplanung), Dr. Hans Jägemann (Deutscher Sportbund) sowie Jürgen Koch (Internationaler Arbeitskreis Spiel und Umwelt) die sich abzeichnenden Entwicklungen aufzeigen und mit den Fachbesuchern diskutieren. Abgerundet wird die Forumsdiskussion durch eine Vielzahl von Ausstellern, die im Messezentrum Nürnberg Produkte, Maschinen und Geräte etc. zum Thema „Sport, Spiel und Freizeit“ anbieten.

Die internationale Fachmesse GaLaBau 88 bietet somit Entscheidungsträgern aus Städten und Kommunen, aus Behörden und Verwaltungen sowie privaten und öffentlichen Auftraggebern und Planern die Möglichkeit, sich in Nürnberg umfassend über das Thema „Sport-, Spiel- und Freizeitanlagen in den 90er Jahren“ zu informieren.

Zur Fachmesse GaLaBau 88 präsentieren in Nürnberg rund 250 Aussteller ihre Produkte auf insgesamt 30000 m² Bruttoausstellungsfläche.



Dachbegrünung und alles, was dazu gehört, ist auch ein Thema auf der GaLaBau in Nürnberg. Diese Musteranlage entstand im Garten-Center Wichmann in der Nähe von Wiesbaden.

Bericht über das 58. Rasenseminar der DRG in Walsrode

Das große Interesse am Thema „Dünnschichtige Vegetationsflächen“ zeigte sich in einer stattlichen Anzahl von Besuchern beim Seminar der Deutschen Rasengesellschaft in Walsrode am 5./6. Mai 1988. Der erste Seminartag begann mit einer Exkursion zur Prüfstelle Scharnhorst des Bundessortenamtes (BSA). Unter der fachkundigen Führung von Herrn Dr. BEUSTER besichtigten die Seminarteilnehmer die Versuchsfelder. Besonders in-

teressant waren die Versuche zur Eignung von Gräserarten und -sorten für den Landschaftsrasen, wobei insbesondere bei der Prüfung der Regelsaatgutmischungen 7 und 8 die Sortenunterschiede auffällig waren. Diese Entwicklung wird vom BSA über mehrere Jahre verfolgt. Die im Landschaftsrasen vorkommenden Kräuter werden vom BSA sowohl in Reinsaat als auch in den RSM mehrjährig geprüft. Hierbei zeigte sich, daß Leguminosen durch ihre Stickstoffnachlieferung eine unerwünschte Massebildung besonders bei den Gräsern hervorrufen, die dann die Kräuter unterdrücken. Daher sind in den



Der Rasen-Volldünger mit organisch gebundenem Langzeit-Stickstoff Isodur[®], der unter Rasenflächen nicht eingewaschen wird.
Rasen-Floranid mit allen Nährstoffen im richtigen Verhältnis für Sportrasen.
Nutzen Sie die COMPO-Rasenkompentenz. Sie hilft Ihnen bei Problemen der Rasenpflege.

Rasen-Floranid: Rasendüngung mit Sachverstand

Umweltfreundliche Voll-Ernährung für strapazierfähigen Rasen mit Rasen-[®] Floranid

® = Registriertes Warenzeichen BASF

BASF Gruppe



LB-RF-88



Gräserprüfungen im Bundessortenamt

Gräser-Kräuter-Mischungen stets nur sehr geringe Mengen an Leguminosen und vor allem konkurrenzschwache Gräserarten zu verwenden. Als besonders konkurrenzstarke Kräuter erwiesen sich bisher Kleiner Wiesenknopf, Hohes Fingerkraut, Schafgarbe, Spitzwegerich, Weiße Wucherblume und Skabiosen-Flockenblume. Geeignete Gräser für dünn-schichtige Dachbegrünungen sind *Poa compressa*, *Festuca ovina* und *Festuca rubra*. Am Nachmittag erfolgte dann unter Leitung von Prof. Dr. LIESECKE die Besichtigung der Versuche zur Extensivbegrünung am Institut für Grünplanung und Gartenarchitektur der Universität Hannover. Vorgestellt wurden verschiedene Versuchsanlagen zu Fragen der Material- und Bauweiseneignung für extensive Dachbegrünungen. Ferner werden hier unterschiedliche Gräser- und Kräuterarten für Dachbegrünungen getestet. Versuchsergebnisse sind teilweise bereits in der Fachliteratur veröffentlicht worden.

Die Besichtigung der „Laher Wiesen“ in Hannover-Bothfeld bildete den Abschluß des ersten Seminartages. Nach einer kurzen Einführung durch Herrn KRUPKA konnte sich jeder Exkursionsteilnehmer ein eigenes Bild dieses ungewöhnlichen Wohnprojektes machen. Moos-



Versuche zur Dachbegrünung der Universität Hannover



Dachbegrünung in Hannover-Bothfeld

Gras- und Kräuterdächer, Gartengestaltung in den unterschiedlichsten Weisen sowie der zum Teil ungewohnte Baustil der Häuser hinterließen bei den Besuchern teilweise recht konträre Eindrücke.

Nach der Mitgliederversammlung und den Vorstandswahlen zu Beginn des zweiten Seminartages hielt Herr KRUPKA ein Grundsatzreferat über die vegetationskundlichen Aspekte dünn-schichtiger, extensiver Dachbegrünungen. Ziel der Dachbegrünung ist es, naturnahe, sich selbst erhaltende Pflanzenbestände zu schaffen. Daß dies bei Substratstärken von 2 bis 6 cm nicht unproblematisch ist, zeigen die Erfahrungen in der Praxis. Da diese Bauweisen immer potentielle Trockenstandorte darstellen, müssen die Pflanzen trockenheitsverträglich, frostfest und regenerationsfähig sein, jedoch zeitweise auch Nässe vertragen können. Aufgrund dieser Anforderungen ist die Anzahl geeigneter Arten bei Dünn-schicht-Bauweisen stark eingeschränkt. Sie erstreckt sich hauptsächlich auf Moos-, Sedum- und Kräuterarten, bei denen in Zukunft verstärkt auf die Provenienz (Herkunft) geachtet werden sollte.

Auch extensive Begrünungen brauchen eine Fertigstellungspflege und u.U. eine begleitende Entwicklungspflege, damit sich ein stabiler Pflanzenbestand einstellt. Bei der Diskussion des Referates wurde vielfach betont, daß der visuelle Aspekt der Begrünungsmaßnahme in der Praxis im Vordergrund steht und der ökologische Aspekt zurückgestellt wird.

Im Referat „Begrünung von Flachdächern durch Kleinballenpflanzung und Aussaat“ stellte Dr. KOLB Versuchsergebnisse aus Veitshöchheim vor. Als praktikabel stellte sich dabei ein Naßsaattverfahren heraus, welches sehr geringe Aussaatmengen zuläßt, die mit bisherigen Methoden nicht sicher ausgebracht werden konnten. Sehr aufschlußreich waren auch die Ergebnisse zu Vermehrungszeitpunkt, Anzuchtdauer und Produktionsergebnis von vegetativ vermehrten Pflanzen. Danach besteht durchaus die Möglichkeit, bereits entwickelte Pflanzen, die nicht mehr so sehr den Schwierigkeiten der Etablierung unterliegen wie eine Aussaat, zu günstigen Preisen auf Flachdächern anzupflanzen. Nonn

Bericht über das 59. Rasenseminar der DRG im Golfclub Wörthsee am 20./21.6.88

Eine interessante und zugleich brisante Themenfolge wurde beim 59. Rasenseminar der DRG unter dem Leitthema: „Ökologische Optimierung von Golfplätzen“ abgehandelt.

Das Seminar sollte dazu beitragen, in der öffentlich geführten Diskussion eine Brücke zu schlagen zwischen den Ansprüchen des Natur- und Umweltschutzes sowie den Anforderungen der Golfplatzbetreiber und Golfspieler. Aus verschiedenen Perspektiven zeigten die Referenten ihre Einschätzung der möglichen Verbindung von Golfsport und Platzanlage mit Natur- und Umweltbewußtsein auf.

Die engagierten Diskussionsbeiträge bestätigten mehrfach, daß als Voraussetzung für eine gleichgerichtete Bewertung klare Abgrenzungen erforderlich sind. So konnte sich Dr. Wolf damit einverstanden erklären, für Greens, Tees und Fairways einen entsprechend hohen Pflegeaufwand zu treiben, damit ein gutes Golfspiel ermöglicht wird. Gleichzeitig forderte er jedoch, die Roughs als „Tabu-Zone“ für die Entwicklung von natürlichen Vegetationsgesellschaften zu erklären. Spätestens beim Rundgang über die verschiedenen Plätze wurde allerdings klar, daß Teilbereiche des Roughs sehr wohl

vom Spielbetrieb erfaßt werden und somit keine ungestörte Pflanzenentwicklung möglich ist. Die Einbindung einer Golfplatzanlage in den Naturraum wird gerade dann erreicht, wenn die spieltechnisch erforderlichen Flächen eindeutig abgegrenzt werden und auf diese Weise Räume für die ungestörte Entfaltung von Flora und Fauna entstehen.

Unter dem Stichwort „Raumbedeutsamkeit“ erläuterte Herr Barth in seinen Ausführungen, daß nur bei einer bestimmten Gesamtgröße ein ausgewogenes Verhältnis für Sport- und Naturfläche möglich wird.

Grundlagen der Grünlandvegetationskunde führte Dr. Schulz in seinem Referat aus, um klarzustellen, daß bei der Entwicklung charakteristischer Grünlandpflanzengesellschaften immer auch ein menschlicher Eingriff zu beobachten ist. Sehr eindrucksvoll umschrieb Dr. Büring die Nöte eines Greenkeepers, wenn er einerseits den Anforderungen des Naturschutzes gerecht werden soll und andererseits dem starken Druck seitens der Clubmitglieder nach einer verstärkten Platzpflege nachkommen muß.

Hier zeichnet sich eine besondere Herausforderung ab, nämlich die vorhandenen Kenntnisse tatsächlich umzusetzen und gleichzeitig das Bewußtsein und Verständnis für die Naturlandschaft bei den Golfspielern zu wecken und zu schärfen.

Die Besichtigung der Plätze Olching, Beuerberg und Wörthsee haben gezeigt, daß es positive Ansätze für ein Naturverständnis gibt. Ohne fachliche Unterstützung, Erfahrungsaustausch und Weiterbildung erscheint der verantwortliche Greenkeeper bei dieser Aufgabenstellung überfordert.

Es wäre wünschenswert, wenn die Erkenntnisse dieses 59. DRG-Seminars in weiteren Folgeveranstaltungen einer größeren Zahl von Greenkeepern und Platzobmännern vermittelt würden. Müller-Beck

Neuer Vorstand der Deutschen Rasengesellschaft

Auf der diesjährigen Mitgliederversammlung der Deutschen Rasengesellschaft am 6. Mai 1988 in Walsrode wurde der bisherige Vorsitzende, Professor Dr. Franken, Bonn, in seinem Amt für weitere vier Jahre bestätigt. Seine beiden Stellvertreter sind Günther Büchner, Alsbach, und Dr. Heinz Schulz aus Stuttgart-Hohenheim, der für Professor Dr. Opitz, Gießen, der nicht mehr kandidierte, in den Geschäftsführenden Vorstand gewählt wurde. Als Beisitzer wurden gewählt:

Dr. Helmut Burghardt, Dülmen, Dr. Lütke Entrup, Lippstadt, Koch, Stuttgart, Siegfried Lukowski, Darmstadt, Dr. Clemens Mehnert, Münster, Dr. Klaus Müller-Beck, Kisdorf, Rolf Münz, Bonn.

Kutomin
Kompostierter Kuhmist aus Bayern
der natürliche Weg zum gesunden Garten.
Kutomin wirkt dreifach durch:

- viel Humus in stabilen Kalk-Ton-Humuskomplexen
- dreimal soviel Nährstoffe wie frischer Stallmist
- Milliarden aktiver Bodenbakterien

Finsterwalder-Hof, 8214 Hittenkirchen a. Ch.

QUARZSAND
mehrfach gewaschen in verschiedenen Körnungen zum Besanden des Rasens.

Franz Feil
Quarzsandwerk
8835 Pleinfeld
☎ 09144/250-Sandwerk 09172/1730

Das nächste Heft von **RASEN/TURF/GAZON** erscheint im September '88

Über 300 Aussteller zeigen auf dieser internationalen Fachmesse dem Gartenbauunternehmer sowie Behörden und Institutionen ihr neuestes Angebot:

Vom Gewächshaus bis zu gärtnerischen Bedarfsartikeln

11. Internationale Fachausstellung Technik im Gartenbau hortec Karlsruhe 88



Lehrschauen

- Planung von Kunstlichtsystemen
- Gewächshausheizung und Umwelt
- Automatisierte Topfpflanzenbewässerung
- Stand der Pflanzenproduktion am Beispiel der modernen Chicoréetreiberei
- Computergesteuerte Bewässerung und Düngung

Sonderschauen

- Solartechnik im Gartenbau
- Recyclingtöpfe

Informationsstände

- ADJ – AID – DEULA – KTBL – ZVG

Maschinenvorführung

- Düngerstreuer

Gerätevorführung

- Kompostierung

Vortragstagung KTBL/ZVG

- Neues aus Industrie, Praxis und Forschung

Beratungsdienst

- für Fragen zur Technik im Gartenbau

Öffnungszeiten:

Donnerstag, 22.9. bis Samstag, 24.9.1988
9.00-18.00 Uhr

Sonntag, 25.9.1988, 8.00-18.00 Uhr

22. bis 25. September 1988

Veranstalter:

Zentralverband Gartenbau und Stadt Karlsruhe

Organisation:

Karlsruher Kongreß- und Ausstellungs-GmbH
Festplatz, Postfach 1208, D-7500 Karlsruhe 1,
Tel. 0721/37 20-0

Telefax (0721) 3720-348, Telex 782 6240 kka d

Ständiger Transfer zur Landesgartenschau Ettlingen

Gleichzeitig findet die Karlsruher Herbstbörse auf dem nahen Großmarkt-Gelände am 25. September 1988 statt. (Pendelverkehr ist eingerichtet)



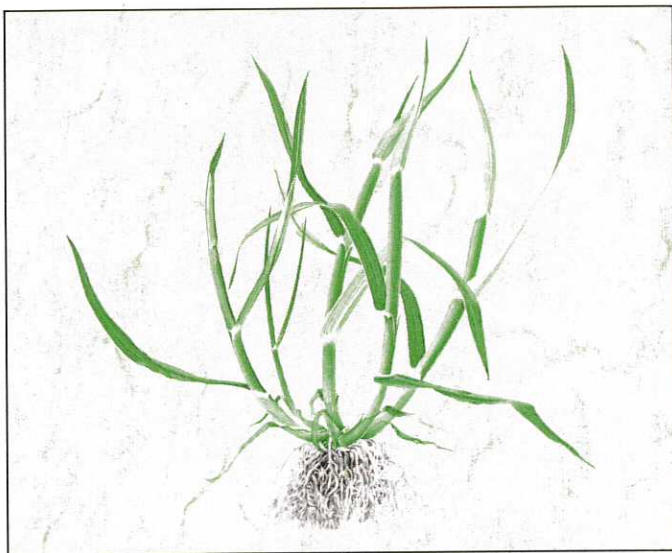
Lassen Sie's uns kurz machen!

In der Kommune, im Garten- und
Landschaftsbau, in der Golf- und Sportplatzpflege,
bei den Amateuren und Hobbygärtnern.
Die Rasenpflegemaschinen von SABO-Roberine.



SABO-Maschinenfabrik Aktiengesellschaft · Postfach 31 03 93 · 5270 Gummersbach 31 · Telefon (0 22 61) 704-0 · Telex 884 526

**"Millionen von gesunden,
kräftigen Rasengräsern können
sich nicht irren"...**



Vegadur
Einbaufertige Rasentragschicht

**...hat alles,
was der Rasen braucht.**

Entscheidend für Wachstum, Funktion und Strapazierfähigkeit von Naturrasen ist die richtige Tragschicht mit den richtigen bodenphysikalischen und -biologischen Eigenschaften. Vegadur wird nach DIN 18 035, Teil 4, in gleichbleibender Qualität produziert und einbaufertig zur Baustelle geliefert. Alles Weitere erfahren Sie durch unsere Fachberater.

 **Balsam** Sportstättenbau
Bisamweg 3 · 4803 Steinhagen
Telefon (0 52 04) 103-0