

# RASEN

**TURF | GAZON**

## GRÜNFLÄCHEN BEGRÜNNUNGEN

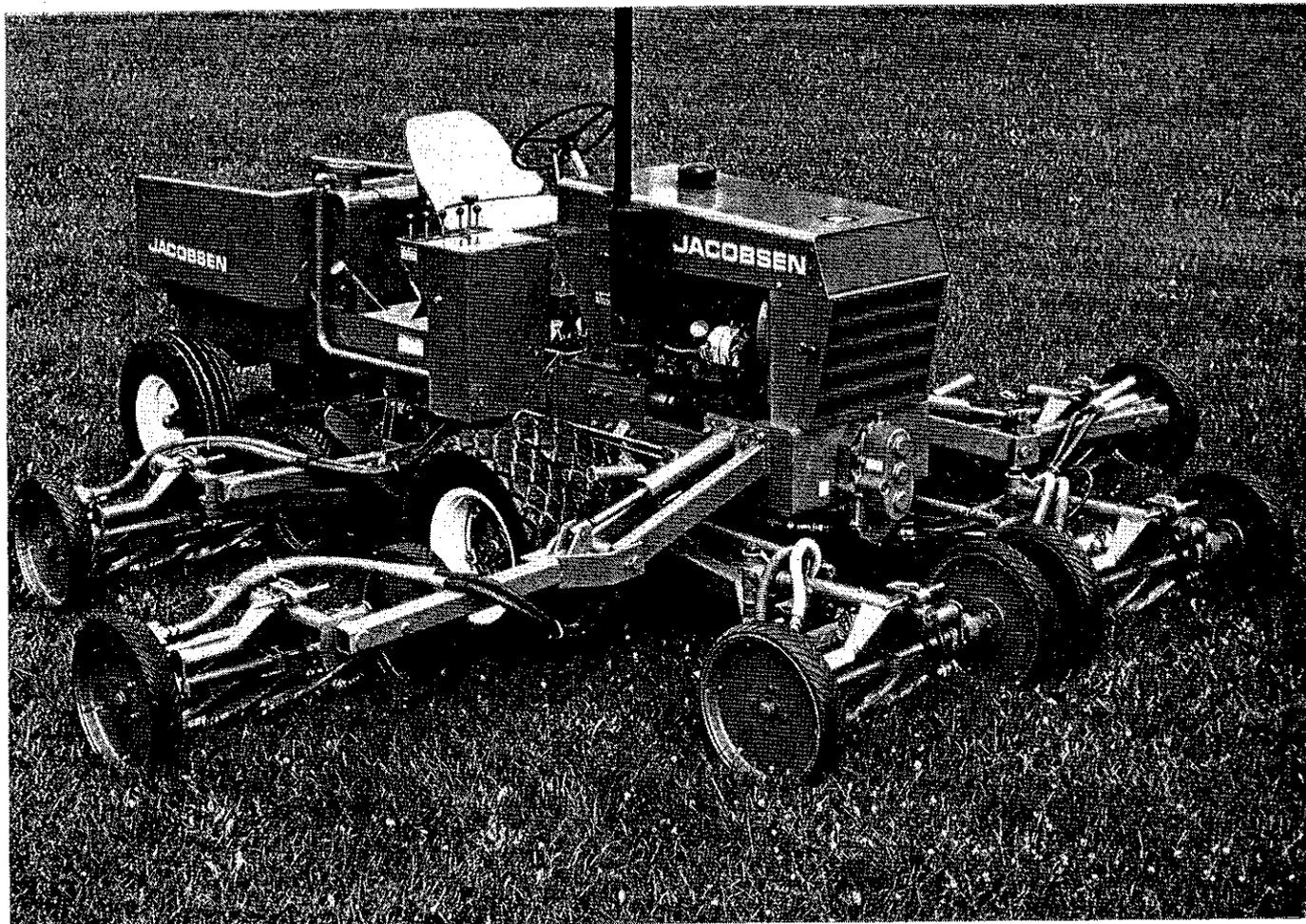


**4**  

---

**81**

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



# Jacobsen HF-15 – der bewährte Grossflächenmäher mit modernster Technik.

Der Jacobsen Mähtraktor HF-15 überzeugt durch seine zahlreichen Vorteile:

- ausgezeichnete Schnittqualität, auch bei nassem Gras, keine ungemähten Streifen
- maximale Schnittbreite 450 cm, Transportbreite 245 cm
- variable Spindeldrehzahl, unterschiedliche Mäh- und Transportgeschwindigkeiten
- einzeln aushebbare Seitenspindeln
- minimaler Bodendruck, keine Radspuren

- hoher Arbeitskomfort und gute Übersicht
- sparsame Perkins Benzin- und Dieselmotoren.

## ORAG INTER LTD



Europäische Verkaufsorganisation  
für Rasenpflegemaschinen

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

### Verlangen Sie eine Demonstration des Jacobsen HF-15:

#### Belgien:

A. Verbeke & Sons Ltd.  
Tavernierlaan 1  
Industriepark Noord  
8880 Tielt  
Tel. 051/40 24 41

#### Dänemark:

A.H. Maskinimport A/S  
Krogager 9, Agerup  
P.O. Box 45  
4000 Roskilde  
Tel. 02/38 72 11

#### Deutschland:

Christian Metzger GmbH & Co.  
Heiligenwiesen 6  
7000 Stuttgart-60-Wangen  
Tel. 0711/40 01 41  
Gebrüder Rau GmbH & Co KG  
Königswintererstr. 524

5300 Bonn 3

Tel. 0228/44 10 11

Carl Friedrich Meier  
Bankplatz 2  
Postfach 3860  
3300 Braunschweig  
Tel. 0531/4 46 61

Georg Mamerow GmbH & Co KG  
Berliner Strasse 9  
Zehlendorf  
1000 Berlin 37  
Tel. 030/811 20 66

#### England

Marshall Concessionaires Ltd.  
Oxford Road  
Brackley, Northamptonshire  
NN13 5EF  
Tel. 0280/70 31 34

#### Finnland

OY Labor AB  
Postbox 44  
Traktorvägen 2-4  
00701 Helsinki 70  
Tel. 80/89 08 11

#### Frankreich

Marly-Orag S.A.  
117 RN 20 Saint-Germain  
91290 Arpajon  
Tel. 01/490 25 90

#### Holland

H. van der Lienden B.V.  
Wellevreden 24  
3731 AL de Bilt  
Tel. 030/76 36 11

#### Irland

Th. Lenehan & Co Ltd.  
Capel Street 124  
Dublin 1 Tel. 01/74 58 41

#### Italien

Fratelli Franchi S.p.A.  
Via San Bernadino 120  
24100 Bergamo  
Tel. 035/24 20 23

#### Norwegen

Reinhardt Maskin A/S  
Elvegt 4  
Postboks 219  
4601 Kristiansand S.  
Tel. 042/2 60 20

#### Österreich

Zimmer Handelsgesellschaft mbH  
Carlsberggasse 66  
Industriezone  
1232 Wien-Liesing  
Tel. 0222/86 26 06

#### Portugal

Silvia Sociedade Ltd.

Avda. Inlante Santo 53  
r/c Esq.  
Lisbon 3  
Tel. 019/67 41 32

#### Schweden

Vilhelmson & Co AB  
Box 1132  
14123 Huddinge  
Tel. 08/711 26 40

#### Schweiz

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

#### Spanien

Coprma Ltd.  
Zurbano 56  
Madrid 10  
Tel. 01/419 83 50

# Die Landschaft braucht Pflege.

Wir haben die Mittel für mehr und besseres Grün.

... damit der Rasen grün bleibt

... damit die Wege sauber bleiben

... damit Blumen anhaltend und strahlend blühen



## Nitrozol<sup>®</sup> und Nitrozol<sup>®</sup> Plus

Auf dem Sportplatz und im Park. Nitrozol Rasendünger sind echte Langzeitdünger im Rasen. Mit einer Gabe im Jahr können selbst die hohen Stickstoffansprüche einer stark belasteten Fläche ohne Verbrennung der Gräser sichergestellt werden. Die Bodenbakterien steuern die Stickstoffabgabe.

Daher wird den Gräsern immer soviel Stickstoff zur Verfügung gestellt, wie sie gerade benötigen. Massenzunahme wird vermieden.

Schnitte können eingespart werden. Nitrozole schaffen eine dichte Rasennarbe und eine gute Ausfärbung der Gräser.

Scherfestigkeit, Belastbarkeit und Regeneration selbst stark strapazierter Rasenflächen werden somit erheblich gefördert.

Stickstoffverluste durch Einwaschung in tiefere Bodenschichten und eine Bodenversauerung werden bei der Verwendung von Nitrozolen vermieden.

Nitrozol<sup>®</sup> für die hohen Stickstoffansprüche von Sport-, Spiel- und Zierrasen

Nitrozol<sup>®</sup> Plus für die Erhaltungsdüngung der Rasenflächen.

® = reg. Marken Norddeutsche Affinerie, Hamburg

## Vorox<sup>®</sup> Plus

Vorox Plus hält Straßen, Wege, Höfe, Plätze, Kleinpflaster, Treppen und Tribünen, Verkehrs- und Industrieanlagen für ein Jahr sauber.

Vorox Plus hält die behandelten Flächen von Unkräutern und Moosen frei. Vorox Plus schützt und erhält den Wert kostspieliger Anlagen.

Schafft Sicherheit für Verkehr und Passanten. Angrenzende Bäume und Sträucher grüner ungestört. Seit 20 Jahren Vorox-Produkte – bewährt in Landschaftspflege und Gartenbau.

® = reg. Marke Ciba Geigy AG, Basel

## Osmocote<sup>®</sup>

Osmocote Dauerdünger versorgen Blumen und Gehölze in Beeten, Rabatten, Kübeln, Blumenkästen und -schalen für eine ganze Wachstumsperiode ausreichend und gleichmäßig mit den notwendigen Hauptnährstoffen.

Eine kosten- und zeitaufwendige Nachdüngung entfällt.

Osmocote wird beim Pflanzen in das Substrat eingearbeitet und reicht dann

für 3 – 4 Monate (Osmocote 15 – 12 – 15)  
oder für 8 – 9 Monate (Osmocote 16 – 10 – 13)

® = reg. Marke Sierra Chemical Company, Milpitas, USA



Pflanzenschutz Urania GmbH  
Postfach 30 40 31  
2000 Hamburg 36



C.F. Spiess & Sohn GmbH & Co.  
Postfach 12 60  
6719 Kleinkarlbach

Unser  
Beitrag zur  
Landschafts-  
pflege.

8041

# Günther Rasendünger

## Wirkungsvolles Düngerprogramm für die Rasenpflege.

**Kontinuierliche Nährstoff-Anlieferung durch die Kombination „organisch + mineralisch“.**

**Organisch** = Natürlich, organisch.

Organisch gebundene Nährstoffe setzen sich allmählich in pflanzenaufnehmbare Formen um. Dadurch ist eine nachhaltige Langzeitwirkung gegeben.

**Mineralisch** = Startwirkung durch rasch verfügbare, leichter lösliche Nährstoffe.

**Cornufera® Rasendünger: Universal-Rasendünger.**

**Cornufera® „combi“ Rasendünger: Für Neuanlagen und zur Herbstdüngung.**

**Cornufera® Rasendünger mit Moosvernichter:**

Zur Moosbekämpfung bei gleichzeitiger Nährstoffversorgung.

**Hornoska-golf® Rasendünger mit und ohne Unkrautvernichter:**

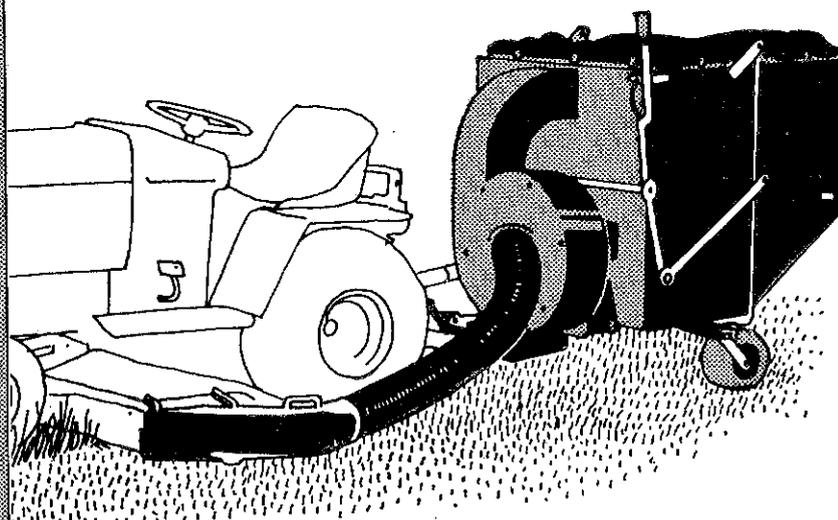
Zur Düngung und Unkrautbekämpfung.

**golf® 38 Rasendünger: Stickstoff-Langzeitdünger bei guter P- und K-Versorgung des Bodens.**



GÜNTHER CORNUFERA GmbH · Weinstr. 19 · D-8520 Erlangen 2

# Rasenpflege



Grasaufnahme gleichzeitig beim Mähen, das spart Zeit und Kosten! Direktabsaugung vom Mähwerk. Auch die Laubaufnahme wird mühelos erledigt. Schnelle Umrüstung von Mähwerk auf Handabsaugung, um an schwer zugänglichen Stellen wie unter Sträuchern, Bänken, aus Beeten usw. Schnittgut, Laub und sonstiges abzusaugen. Geräuscharmer, leistungsfähiger Antrieb, leichte Handhabung und großes Fassungsvermögen zeichnen die Wiedemann Gras- und Laubsauger aus. Verschiedene Größen und Ausführungen für alle Ansprüche.

**Wiedemann – das Programm für kommunale Dienstleistungen und Sportanlagenpflege.**

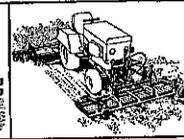
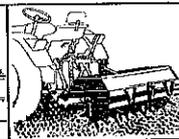
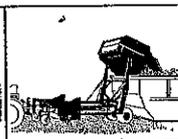
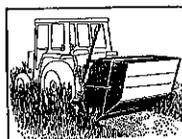
- Rasenkehren
- Tennensplatzpflege
- Rasenregeneration
- Straßenkehrmaschinen

Fordern Sie Prospekte an.



**Wiedemann**

Wiedemann GmbH, Abt. 12.  
7901 Rammingen Kreis Ulm,  
Telefon 07345/6071, Telex 0712659



# Der Profi für Berg- und Talfahrten.

Sie sollten ihn kennenlernen. Den KONTINENT 1600-5 von SABO-ROBERINE. Ein vollhydraulischer Spindelmäher, der schwierigste Hänge spielend schafft und große Grünflächen schnell bearbeitet.

Ein Spitzengerät in Technik und Leistung: variable Schnittbreite von 75-350 cm durch Einzelanhebung der Spindeln. Spindeldrehzahl unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit. Vollhydraulische Steuerung der Mähaggregate. Nur einiges von dem, was Sie vom KONTINENT 1600-5 alles erwarten können.

Der ideale Großflächenmäher für den professionellen Einsatz. Leistungsstark, vielseitig, funktionssicher und langlebig.

Eine Investition, die sich auszahlt.

Stellen Sie den KONTINENT 1600-5 auf die Probe. Wir zeigen Ihnen gerne auf einem Gelände Ihrer Wahl, im praktischen Einsatz, was der KONTINENT 1600-5 alles schafft.

Informieren Sie sich bei SABO-Maschinenfabrik / Abt. 8 Postfach 310105  
5270 Gummersbach 31 (Dieringhausen) · Tel. 0 22 61 / 7 70 31-39 · Telex 884 526

**SABO-ROBERINE**  
für die Pflege des öffentlichen Grüns.



**SABO**  
*Roberine*

# Mechanische Pflege ist umweltfreundlich!

Für die richtige Pflege eines guten Rasens wird zweifellos ein guter Rasenmäher benötigt. Genauso wichtig wie der gute Schnitt ist jedoch die weitere Pflege wie z. B. das Belüften, Aerifizieren, Vertikutieren, Besanden, Topdressen etc.

Durch mechanische Pflege werden strapazierfähige Rasenflächen geschaffen bzw. erhalten.

Oberflächenwasser fließt zur Drainage ab und der Boden kann Feuchtigkeit besser speichern.

Ältere Rasenflächen können durch geeignete mechanische Pflegemaßnahmen wieder in einen guten Zustand gebracht werden.

Der Erfolg der regelmäßigen mechanischen Pflege sind gesunde und immer benutzbare Rasenflächen. Diese Art der Pflege ist werterhaltend und umweltfreundlich!

## RANSOMES

Rasenmäher für den Schnitt von Rasenflächen aller Art

Arbeitsbreiten von 45 cm bis 625 cm.

Spindel-, Walzen-, Rotations- und Schlegel-Mäher

## sisis

Pflegegeräte zum Belüften, Vertikutieren, Kehren, Bürsten, Rechen, Aufreißen, Lockern, Egalisieren, Walzen, Streuen, Säen, Besanden etc.

## CAMBRIDGE

Entwässerungs- und Pflegesystem.

Zur Tiefenbesandung bis 30 cm, zur Rillenbesandung bis 10 cm, zur Schlitzbelüftung und Untergrund-Lockerung

Wir beraten Sie schriftlich oder persönlich oder überzeugen Sie durch den unverbindlichen Probeeinsatz von Maschinen auf Ihren Flächen. Wir erwarten gern Ihre Anfrage!

**RANSOMES**

**DEUTSCHLAND GMBH**

4400 Münster/Westf. · Borkstr. 4 · Fernruf (02 51) 7 81 55 · Fernschreiber 08 92 632

**ZWEIGSTELLE NORD**

W-Stein-Weg 24, ☎ 0 40 / 5 38 20 53  
2000 Hamburg 63 - FS. 02164243

**ZWEIGSTELLE RHEIN-MAIN**

Apfelbachstr. 12 · ☎ (0 61 42) 3 23 85 + 3 10 41  
D-6090 Rüsselsheim-Königstädten

**ZWEIGSTELLE SÜD**

Rudolf-Diesel-Str. 30 · ☎ (0 69) 6 09 38 48  
D-8012 Ottobrunn-Riemerling

---

Herausgeber: Professor Dr. P. Boeker, Bonn

---

**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**

**74 Überlegungen zum Bau von Sportrasen-  
flächen**

E. Habegger, Rubigen

**89 Use of Models in Sports Field Construction  
Research**

A. L. M. van Wijk, Wageningen

**96 Zur Rasendüngung mit Langzeitdüngern**

H. Prün, Limburgerhof

**104 Mitteilungen - Informationen - Termine**

---

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

Verlag, Vertrieb und Anzeigenverwaltung: HORTUS  
VERLAG GMBH, Postfach 20 05 50, Rheinallee 4 b,  
5300 Bonn 2, Telefon (02 28) 35 30 30 / 35 30 33. Ver-  
lagsleitung und Redaktion: R. Dörmann, Anzeigen:  
Elke Schmidt. Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 6  
vom 1. 9. 1981. Erscheinungsweise: jährlich vier Aus-  
gaben. Bezugspreis: Einzelheft DM 11,-, im Jahres-  
abonnement DM 40,- zuzüglich Porto und 6,5 % MwSt.

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

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

## Zusammenfassung

Ein Bodenlabor und Ingenieurbüro mit langjähriger Praxiserfahrung auf dem Fachgebiet Sportrasenbau unterbreitet im vorliegenden Beitrag Gedanken und Überlegungen zu diesem Thema.

Nicht der praktische Einsatz von Maschinen und Geräten steht am Anfang einer Projektrealisierung, sondern die Festlegung eines Anforderungsprofils für die zu erstellende Sportrasenfläche. Physikalische Meßgrößen haben sich dazu in der Praxis nur schlecht bewährt. Spezifische Systemeigenschaften erschweren die Anwendung einheitlicher Untersuchungsmethoden und Normwerte. Die Formulierung eines Anforderungsprofils in Worten wird dargestellt.

Der erfolgreiche Sportrasenbau resultiert aus dem systematischen Vorgehen in den verschiedenen Phasen eines Bauvorhabens, indem Bauherr, Architekt, Ingenieur und Unternehmer bereits in der Projektierungsphase eng zusammenarbeiten.

Eine Sportrasenfläche kann in verschiedene Systembestandteile aufgliedert werden, deren Zusammenhang, Dimensionierung und räumliche Anordnung im System von den örtlichen Bodenverhältnissen abhängig sind. Durch den Einsatz vorwiegend mineralischer Baustoffe können sie mit den Materialien einzelner Horizonte eines natürlich gewachsenen Bodens aufbereitet werden. Für die Entwicklung von Modell-Bausystemen werden verschiedene, auf den anstehenden Boden bezogene Beurteilungskriterien vorgeschlagen und diskutiert.

Entwässerungssysteme bilden integrierende Bestandteile von Sportrasen-Bausystemen. Auf die Bedeutung der räumlichen Anordnung im Bausystem wird betont hingewiesen.

Für Voruntersuchungen, Eignungs- und Kontrollprüfungen, die für eine gezielte Planung und Realisierung von großer Bedeutung sind, werden verschiedene Standard-Untersuchungsprogramme vorgeschlagen. Die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Oberbodenschicht bilden die wichtigsten Entscheidungsfaktoren für die Entwicklung eines Aufbausystems. Die Aufteilung der Oberbodenschicht in drei Hauptbodenarten ermöglicht eine einfache Beurteilung der spezifischen Bodeneigenschaften und der daraus resultierenden bautechnischen Folgerungen. Baustoffe sind unentbehrliche Hilfsmittel im Sportrasenbau. Deren gezielter Einsatz ist nur bei Kenntnis der spezifischen Eigenschaften möglich. Die Bedeutung der am häufigsten in der Praxis verwendeten Baustoffe ist beschrieben.

Die physikalischen Eigenschaften einer Oberboden- oder Rasentragschicht können nicht nur anhand der Korngrößenverteilung beurteilt werden. Die Gemischstruktur ist diesbezüglich von ausschlaggebender Bedeutung. Durch den Einsatz verschiedener Baustoffe und Bodenbearbeitungsmaßnahmen,

## Reflections in connection with the lay-out of turf sports grounds

### Summary

A soil laboratory and engineering office with practical experience of long standing in the lay-out of turf sports grounds elucidates, in this article, its ideas and reflections relating to this subject.

The realisation of a project does not begin with the practical use of machines and implements, but with the laying down of a profile with requirements to be met in connection with the lay-out of the turf sports ground. Physical gauges have not stood the test very well in the practical field. Specific properties inherent in the system have rendered the application of uniform investigation methods and standard values difficult. The formulation of a profile with the requirements to be met is delineated.

The successful lay-out of a turf sports ground is the result of the systematic efforts made in the individual phases of the constructional period, by the builder, architect, engineer and entrepreneur after an already very close cooperation during the projecting phase.

A turf sports ground can be sub-divided into various system-components, whose composition, dimensions and spatial arrangement in the system depend on the local soil conditions. When minerals are mainly used, they can be improved with the materials of individual horizons of a naturally grown soil. For the development of model lay-out systems, different criteria to judge the soil in question are proposed and discussed.

Drainage systems are an integrating part of the turf sports ground lay-out systems. Special emphasis is placed on the importance of the spatial arrangement in the lay-out system.

For pre-investigations, qualification tests and checks, which are of vital importance for the planning and realisation, various standardized investigation programmes are proposed. The factors of vital importance when decisions are made relating to the development of an improvement system are the composition and the properties of the top soil layer. The sub-division of the top soil layer into three major soil types permits, very simply, an analysis of the specific soil properties and the consequences for the lay-out resulting from it.

Building materials are an indispensable aid in the lay-out of turf sports grounds. They can, however, only be properly used when the specific properties are fully known. The significance of the most frequently utilised building materials is elucidated.

The physical properties of a top soil layer or a turf carrying layer cannot be judged only by the distribution of the size of particles. Of decisive importance in this respect is the mixed structure. It can be decisively influenced

## Quelques remarques sur la création de pelouses de sport

### Résumé

Une équipe de spécialistes des sols et d'ingénieurs expérimentés en ce qui concerne la création de terrains de sport engazonnés présentent dans cet article leur point de vue.

Un projet se réalise en premier lieu par la définition précise du but et des propriétés que la pelouse de sport envisagée devra posséder. En pratique les paramètres physiques ne se sont révélés que mal appropriés pour caractériser les qualités requises par le terrain. La spécificité du système complique l'application générale des méthodes d'analyses et des normes. Une liste des paramètres à observer est établie.

Une démarche systématique dans les différentes phases de construction résultant de la coopération étroite entre maître d'œuvre, architecte, ingénieur et entrepreneur dès le début du projet, mènera à une création réussie de tout point.

Un terrain de sport engazonné peut être divisé en un nombre d'éléments appartenant à un système les regroupant selon les conditions locales du sol en ce qui concerne leur composition, leur étendue et leur disposition dans l'espace. L'utilisation de matériaux minéraux pour la construction permet les mélanges avec les divers horizons du profil du sol.

Différents critères permettant la notation du terrain et du sol sont présentés et discutés pour l'établissement d'un modèle.

Les systèmes de drainage forment partie intégrale des modèles de création de pelouses de sport. L'importance de leur disposition dans l'espace est soulignée.

Différents programmes-standard sont proposés en ce qui concerne les études préliminaires et les tests d'aptitude et de contrôle qui sont de majeure importance pour la préparation et la réalisation des projets. La composition et les propriétés des couches supérieures du sol sont les critères qui décident du système de construction.

Le classement de la couche supérieure du sol en trois textures principales permet une évaluation simple des propriétés du sol et des conséquences en résultant pour la technique de construction.

L'emploi de matériaux de construction est indispensable dans la création de terrains de sport. Leur utilisation réussie demande la connaissance de leur propriétés spécifiques. Les matériaux les plus employés en pratique sont décrits.

La granulométrie n'est pas suffisante pour la caractérisation d'une couche supérieure ou d'une couche portante. La structure du mélange doit être également considérée. Elle peut être modifiée en fonction de la texture et

kann sie gezielt, in Abhängigkeit der Bodenart und deren aktuellen Zustand, beeinflusst werden.

by the utilisation of different building materials and tillage, depending on the of soil and its actual condition.

de l'état actuel du sol par l'utilisation de matériaux de construction divers et par le travail du sol.

## 1. Problemstellung

Die Neuerstellung, Regeneration und Renovation von Sportrasenflächen ist nach wie vor ein wirtschaftlich interessantes Tätigkeitsgebiet des Garten- und Landschaftsbaus. Viele Klein-, Mittel- und Großbetriebe haben in den vergangenen Jahren auf diese Thematik ausgerichtete Betriebszweige aufgebaut, die in der Lage sind, mit einem mehr oder weniger großen Maschinenpark den heutigen Bedürfnissen auf dem Fachgebiet Rasen gerecht zu werden. Unter verschiedenen Gesellschaftsformen und Zielsetzungen haben sich Gruppierungen einzelner Betriebe gebildet, die mit vereinten Kräften die aktuellen Probleme des Rasenbaus zu lösen versuchen. Die Vielzahl der heute auf dem Markt angebotenen Bausysteme und Herstellungsverfahren, die sich in ihren Eigenheiten teils sehr stark unterscheiden, erbringen bereits den Beweis, daß Sportrasenbau ein komplexes Problem ist, und aufgrund von Ergebnissen aus der Praxis zweifellos mehrere Wege zum Erfolg führen können. Steht der „Baustoff“ Boden im Mittelpunkt des Rasenbaus, erkennt man die Bedeutung der stets standortabhängigen Bodenart und die größtenteils witterungsabhängigen spezifischen physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften. Die vielseitige Zusammensetzung des Bodens und die ebenso vielseitigen, von vielen Faktoren abhängigen Eigenschaften, bilden zweifellos den zentralen Problembereich des Rasenbaus. Aufgrund dieses Sachverhaltes ist es also möglich, daß bei gleicher Verfahrens- und Arbeitstechnik und bei gleichen Bodenverhältnissen, aber schon nur bei unterschiedlicher Bodenfeuchtigkeit, das Endergebnis in vielen Beziehungen sehr unterschiedlich ausfallen kann. Der wirtschaftliche und erfolgreiche Bau von mechanisch belastbaren und regenerationsfähigen Rasenflächen kann somit nicht durch die Anwendung eines im Grundaufbau und im Detail normierten und standardisierten Bausystems erzielt werden, sondern muß von Fall zu Fall den örtlichen Bodenverhältnissen und Bedürfnissen angepaßt werden. Daß praktisch mit jeder heute bekannten Bauweise in der Praxis Erfolge und Mißerfolge verzeichnet werden können, bestätigen einmal mehr, daß das Problem Boden viel zu wenig beachtet und im praktischen Sportplatzbau noch längst nicht beherrscht wird.

Sportplatzbau beginnt nicht mit dem Abtrag der Mutterbodenschicht. Erfahrungsgemäß liefern einfache und zweckmäßige Bodenuntersuchungen wichtige Unterlagen für die Entwicklung und Dimensionierung eines Aufbausystems, unter Berücksichtigung eines vorhandenen Maschinen- und Geräteparkes für die bauliche Ausführung. Die Erfüllung dieser Grundanforderung ist der Schlüssel zum erfolgreichen Sportrasenbau. Sie bedeutet somit eine enge und disziplinierte Zusammenarbeit zwischen Architekt, Bodenzlabor und Unternehmer die schließlich eine optimale Problemlösung und eine zielgerichtete bauliche Ausführung ermöglicht.

Der vorliegende Bericht beinhaltet Erfahrungswerte, Praktiken und Meinungen eines Bodenzlabors und Ingenieurbüros, das sich seit mehreren Jahren mit dem Bau von Sportplätzen befaßt.

## 2. Anforderungsprofil für belastbare Rasenflächen

### 2.1. Allgemeines

Das Aufbausystem einer Rasenfläche und technische

Einzelheiten davon sind aus wirtschaftlichen und sportfunktionellen Überlegungen stets den Bedürfnissen des Bauherrn und des Benützers anzupassen. Über Bausysteme muss erst dann gesprochen werden, wenn für ein Bauvorhaben das Anforderungsprofil festgelegt wurde. Die Baukosten werden je nach gestellten Anforderungen durch die in Tabelle 1 aufgeführten Kriterien am stärksten beeinflusst.

Die Festlegung des Anforderungsprofils mit vorwiegend physikalischen Meßgrößen bietet in der Praxis noch erhebliche Schwierigkeiten. Sehr oft sind die bekannten Meßverfahren in der Ausführung zu aufwendig, zu ungenau, oder sind ganz allgemein nicht bei allen in der Praxis angewendeten Aufbausystemen direkt anwendbar. Ferner stehen für wichtige Beurteilungskriterien noch keine Meßmethoden zur Verfügung.

Tabelle 1: Hauptkriterien für die Entwicklung eines Anforderungsprofils für Rasenflächen

Kriterium/Anforderung	Direkte Auswirkungen auf bautechnische Maßnahmen
Entwässerbarkeit	Art und Dimensionierung des Entwässerungssystems
Ausgeübte Sportart	Art und Dimensionierung der Rasentragschicht Spezifische physikalische Eigenschaften und Mikro-Oberflächenstruktur der Rasentragschicht, die durch bestimmte Arbeits- und Verfahrenstechniken erzielt werden.
Ebenflächigkeit	Verbesserungsmaßnahmen zur Verhütung allfälliger Setzungen oder Erhöhung der Tragfähigkeit des Baugrundes
Grasnarbe	Wahl der Rasenmischung Umfang und Intensität der Erstellungsproblege

Zusätzlich kommt die Schwierigkeit dazu, daß einzelne Systembestandteile mit gleicher Zusammensetzung, aber mit unterschiedlicher Materialstruktur, ungleiche physikalische Nennwerte aufweisen, die u. U. unter Laborbedingungen nicht praxisnah ermittelt werden können. Somit darf gesagt werden, daß zu vielen Kriterien gehörende Normwert-Bereiche, die ohnehin nur mit Schwierigkeiten auf die optischen und sportfunktionellen Eigenschaften projiziert werden können, nur mangelhaft oder gar nicht vorliegen. Die Formulierung des Anforderungsprofils in Worten, bezogen auf die verschiedenen Arten und Verwendungszwecke von Rasenflächen, scheint zur Zeit noch am zweckmäßigsten zu sein.

Diese Art von Eigenschafts- und Qualitätsumschreibung eines Produktes ist ganz allgemein verständlich. Resultierende Qualitäts- und Eigenschaftsmerkmale sind systemspezifisch und können größtenteils nur vom Ersteller der Rasenfläche beurteilt werden. Die systematische und erfolgreiche Betreuung von ausführenden Betrieben durch einen Laborbetrieb setzt genaue und detaillierte Kenntnisse der Bauweise und der chemischen, physikalischen und biologischen Zusammenhänge im Boden voraus.

Tabelle 2: Anforderungsprofil für Rasenflächen

Art und Verwendungszweck der Rasenfläche	Allgemeine Einstufung des Anforderungsprofils	Beispielbarkeit nach Niederschlägen und Schneefällen	Formulierung der Anforderungen für verschiedene Kriterien			Pflegeaufwand
			Oberflächen-Topographie	Sportfunktionelle Eigenschaften der Rasendecke bzw. Rasentragschicht	Strapazierfähigkeit und Regenerationskraft der Rasendecke	
Sportrasenflächen für Fußball, Rugby, Landhockey, Wurfisport, usw. mit Winterbetrieb	hoch bis sehr hoch	— Beispielbarkeit 1–3 Stunden nach starken Niederschlägen, Schneeschmelzen und Frost-Tauwetter	— Max. Gefälle der gesamten Fläche oder Teilflächen 1 % — Max. Spaltweite unter der 4-m-Richtlatte 2 cm	— Tragfähigkeit der Rasendecke und der Rasentragschicht, so daß beim Betreten der Rasenfläche mit Fußballschuhen, bei mittlerem Körpergewicht, keine deutlichen und bleibenden Eindruckstellen bei sehr trockenen und nassen Bodenverhältnissen zurückbleiben	— Nach einem wettkampfmäßig ausgetragenen Fußballspiel, bei sehr trockenen und feuchten Bodenverhältnissen, dürfen keine Beschädigungen an der Rasendecke vorliegen	— Vollständiger Maschinen- und Gerätepark muß vorhanden sein — Die Rasenpflege erfolgt den Erfordernissen entsprechend
Sportrasenflächen für Gymnastik, Schulsport und gelegentlicher Fußball	mittel bis hoch	— Beispielbarkeit wenige Stunden bis 1 Tag nach starken Niederschlägen, Schneeschmelzen und Frost-Tauwetter	— Max. Gefälle der gesamten Fläche oder Teilflächen 2 % — Max. Spaltweite unter der 4-m-Richtlatte 2–4 cm	— Tragfähigkeit der Rasendecke und der Rasentragschicht, so daß beim Betreten der Rasenfläche mit Turnschuhen bei mittlerem Körpergewicht, keine deutlichen und bleibenden Eindruckstellen bei sehr trockenen und feuchten Bodenverhältnissen zurückbleiben	— Nach einem wettkampfmäßig ausgetragenen Korbballspiel, bei sehr trockenen und feuchten Bodenverhältnissen, dürfen keine Beschädigungen an der Rasendecke vorliegen	— Die wichtigsten Maschinen und Geräte für die Rasenpflege sind vorhanden — Die Rasenpflege erfolgt den Erfordernissen entsprechend
Zier-, Spiel-, Gebrauchs- und Landschaftsrasen	gering-mittel	— Begehrbar, wenige Stunden bis 1–2 Tage nach starken Niederschlägen	— Keine besonderen Anforderungen	— Gute Trittfestigkeit bei sehr trockenen und feuchten Bodenverhältnissen	— Bei ganzflächig gleichmäßig ausgetragenen Kinderspielen dürfen keine nennenswerten Schäden an der Grasnarbe vorliegen.	— Ein minimaler Maschinen- und Gerätepark für die Rasenpflege liegt vor — Die Rasenpflege erfolgt den Erfordernissen entsprechend

3. Planungshilfen, -grundlagen, Planung und Realisierung von Bauprojekten

3.1. Allgemeines

Der erfolgreiche Sportrasenbau setzt ein systematisches Vorgehen in den verschiedenen Phasen eines Bauvorhabens voraus. Dabei werden vorteilhaft in den gesamten Ablaufprozeß der Bauherr, Architekt, Ingenieur und Unternehmer mit einbezogen. Eine gegenseitige Kontaktnahme betreffend Bedarfsabklärung, Anforderungsprofil, Ausführungsmöglichkeiten des Unternehmers, bedeuten Zeitgewinn und eine optimale Aufgabenlösung.

Tab. 3: Die verschiedenen Phasen einer Projektrealisierung

	BAUHERR	ARCHITEKT	INGENIEUR	UNTERNEHMER
PLANUNGS-PHASE	-Pflichtenheft -Budgetrahmen -Bedarfsnachweis -spez. Randbedingungen	-Allg. Koordination -Erfassung und Auswertung der Planungshilfen und Grundlagen -Planungsarbeiten im Rahmen des Gesamtprojektes -Formulierung und Festlegung des Anforderungsprofils	-Voruntersuchungen -Eignungsprüfungen	-Darstellung der Arbeits- und Verfahrenstechniken
AUSSCHREIBUNGS-PHASE	-Behandlung der eingegangenen Angebote und Auftragserteilung -Abschluss eines Werkvertrages mit Leistungsverzeichnis			
AUSFÜHRUNGS-PHASE		-Allg. Koordination -Bauleitung -Bauberechnung	-Kontrollprüfungen -Baubewachung	-Ausführung
	-Abnahme bzw. Übergabe der Rasenfläche			
ÜBERWACHUNGS-PHASEN	-Sicherstellung der Ausführung pflegetechnischer Maßnahmen im Rahmen der aktuellen Erfordernissen	-Ausarbeitung und Bereitstellung eines objektspezifischen Pflege- und Unterhaltprogramms -Periodische Kontrolle der Rasenfläche		-Erbringen allfälliger Garantieleistungen

Das in Tabelle 3 aufgezeigte Ablaufschema hat sich in der Praxis bewährt.

3.2. Planungsphase

3.2.1 Bauherr

Er ist vielfach ein Laie auf diesem Fachgebiet und läßt sich von falschen Vorstellungen leicht verleiten. Dadurch bewirkte Fehlentscheidungen ermöglichen ihm die Ausarbeitung eines problembezogenen Pflichtenheftes nicht. Damit diese wichtigen Planungshilfen und -Grundlagen wahrheitsgetreu und lückenlos beschafft werden können, bedarf es einer fachkundigen Aufklärung und Beratung durch den Architekten oder Ingenieur.

3.2.2 Architekt

Für größere Bauvorhaben ist der Architekt ein unentbehrliches Glied des Planungsprozesses. Er übernimmt die Funktion eines allgemeinen Koordinators zwischen Bauherr, Ingenieur und Unternehmer. Planungshilfen und -Grundlagen werden erfaßt und ausgewertet. Die Ergebnisse dienen zur Bearbeitung rein technischer, aber auch regional-, gemeinde-, städte- und landschaftsplanerischer Probleme. Ferner sind Planungsarbeiten im engeren Rahmen des Bauvorhabens zu bewältigen.

3.2.3 Ingenieur

Voruntersuchungen und Eignungsprüfungen werden vorteilhaft im Auftrag des Bauherrn oder dessen Beauftragten durch ein spezialisiertes Bodenlabor ausgeführt. Die Zusammenstellung des Untersuchungsprogramms ist grundsätzlich dem Bodenspezialisten zu überlassen. Die Ergebnisse geben Aufschluß über die örtlichen Bodenverhältnisse und die zur Verfügung stehenden Baustoffe. Die bautechnischen Folgerungen beinhalten detaillierte Angaben über

- Maßnahmen zur Baugrundverbesserung
- Erforderliche Entwässerungsmaßnahmen

- Physikalische, chemische und biologische Bodenverbesserungsmaßnahmen
  - Vorschriften in bezug auf den Maschinen- und Geräteeinsatz unter Berücksichtigung der örtlichen Bodenverhältnisse
  - Vorschläge betreffend Systemaufbau und Dimensionierung einzelner Systembestandteile
- unter Berücksichtigung der bereits bekannten Planungshilfen und -Grundlagen.

#### 3.2.4. Unternehmer

Sehr oft müssen bei der Auftragserteilung ortsansässige Unternehmer berücksichtigt werden, die über eine beschränkt geeignete Infrastruktur und über mangelhafte Fachkenntnisse verfügen. Bereits in der Planungsphase müssen diesen Umständen bewußt und mit allen Konsequenzen Rechnung getragen werden. Eingehen von zu vielen Kompromissen in der bautechnischen Ausführung, bewährt sich meistens nicht. Werden diese Probleme frühzeitig behandelt und die Probleme durch den Spezialisten verständlich dargelegt, ergeben sich sehr oft Möglichkeiten, daß für die Ausführung von Spezialarbeiten entsprechende Firmen beigezogen werden können. Als Planungshilfen und -grundlagen dienen also Unterlagen des oder der Unternehmer bezüglich Systemaufbauten, Arbeits- und Verfahrenstechnik sowie über Maschinen- und Gerätepark.

#### 3.3 Ausschreibungsphase

Nachdem die erforderlichen Planungsgrundlagen zusammengetragen und erarbeitet worden sind, kann die Formulierung und Festlegung des Anforderungsprofils für die zu erstellende Rasenfläche erfolgen. Diese wiederum bildet die Grundlage für die Entwicklung des auf die örtlichen Bodenverhältnisse abgestimmten Aufbausystems und die Festlegung der zur Ausführung erforderlichen bautechnischen Maßnahmen. Die Ausschreibung hat so zu erfolgen, daß alle baulichen Maßnahmen bis ins Detail mit dem dazu gehörenden Leistungsverzeichnis darin enthalten sind.

Bezogen auf die bauliche Ausführung sind besonders folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Klare Darstellung und Formulierung des gewählten Aufbausystems.
- Klare Umschreibung der benötigten Baustoffe unter allfälliger Angabe der Bezugsorte und Qualitätsvorschriften.
- Lückenlose und genaue Beschreibung der einzelnen bautechnischen Maßnahmen. Ferner empfiehlt es sich stets anzugeben, unter welchen Bodenverhältnissen, mit welchen Maschinen und Geräten ein bestimmter Arbeitseffekt zu erzielen ist.
- Festlegung eines spezifischen Programms für die Durchführung von Kontrollprüfungen mit genauer Festlegung der Ausführungszeitpunkte.
- Verwendung gebräuchlicher Einheiten, die eine Kontrolle von Materialmengen und -qualitäten jederzeit ermöglichen.

Eingegangene Angebote sind nach den üblichen Grundsätzen auf Vollständigkeit, Richtigkeit und praktische Realisierbarkeit durch den Unternehmer zu kontrollieren. Alternativangebote sind sachlich und kritisch zu prüfen. Kann der Unternehmer bereits in den Planungsprozeß miteinbezogen werden, erübrigt sich meistens eine Alternative. Angebote von Außenstehenden sind in den meisten Fällen unvollständig, unsachgemäß und stellen unwirtschaftliche Lösungen dar, infolge mangelnder Kenntnisse der örtlichen Bodenverhältnisse und der allgemeinen Randbedingungen. Nur selten sind Unternehmer in der Ausschreibungsphase bereit, für wichtige Voruntersuchungen Auslagen zu machen.

Sprengen die Angebote den Budgetrahmen, wird vor planlosen Abstrichen gewarnt. Bei einer fachtechnisch und wirtschaftlich optimalen Problemlösung, ist zwangsläufig auch der Material-, Maschinen- und Geräteeinsatz optimiert, dessen Einsatz jederzeit begründet und gerechtfertigt werden kann. Das Einschränken oder sogar Weglassen vorgeschriebener Materialmengen, das Abändern oder Vereinfachen bautechnischer Maßnahmen sowie Umdimensionierungen einzelner Systembestandteile, können folgenschwere Auswirkungen auf die Qualität und Leistungsfähigkeit des Bauwerkes haben.

Kostensparende Maßnahmen dürfen nur durch den Fachspezialisten vorgenommen werden. Über allfällige Konsequenzen bezüglich Verminderung der Qualität und Leistungsfähigkeit, ist der Bauherr genau ins Bild zu setzen.

#### 3.4. Ausführungsphase

Zur problemlosen Bauabwicklung haben der Architekt und Ingenieur wichtige Aufgaben zu übernehmen. Nur mit einer straff geführten Bauleitung und Bauführung, läßt sich das gesetzte Ziel erreichen. Wird die bauliche Ausführung mehr oder weniger dem Unternehmer überlassen, bleiben sehr oft unangenehme Überraschungen, die insbesondere auf Unkenntnisse der Sache, weniger geübter Sportplatzbauer zurückzuführen sind, nicht aus. Die Praxis zeigt immer wieder, daß qualitativ gute und leistungsfähige Rasenflächen nur dann resultieren, wenn eine Vielzahl von Detailproblemen, deren Lösung aus keinem Normenblatt oder Fachbuch entnommen werden können, während der Bauphase richtig erkannt, beurteilt und schließlich die richtigen Maßnahmen angeordnet werden. So müssen z. B. die Bodenbearbeitungsgeräte stets den aktuellen Bodenverhältnissen angepaßt werden, um einen bestimmten Arbeitseffekt erzielen zu können. Um diesen gestellten Anforderungen gerecht zu werden, ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Unternehmer, Architekt und Ingenieur unerlässlich.

Vorausgesetzt, der Unternehmer ist mit der baulichen Ausführung, wie sie vom Architekten gefordert wird, in jeder Beziehung einverstanden, oder die Ausführung erfolgt sogar gemäß Unternehmervorschlag, kann die Erstellungspflege vollumfänglich unter den Verantwortungsbereich des Unternehmers gestellt werden. Ihm soll die Entscheidungsfreiheit überlassen bleiben, welche pflegetechnischen Maßnahmen zur Erstellung einer, den gesetzlichen Anforderungen entsprechenden Rasenfläche, ausgeführt werden müssen. So können unangenehme Diskussionen zwischen Architekt und Unternehmer über erforderliche oder nicht erforderliche, über zu wenig oder zu viel ausgeführte Maßnahmen vermieden werden. In jedem Falle darf der Bauherr mit der Erstellungspflege nicht beauftragt werden.

Die Abnahme bzw. Übergabe des Bauwerkes hat nach eindeutig überprüfbareren Kriterien, die im Werkvertrag enthalten sein müssen, zu erfolgen. Im wesentlichen sind es:

- Leistungsverzeichniskonforme Ausführung
- Höhengenauegkeit und Ebenflächigkeit
- Spezifische physikalische Eigenschaften der Rasendecke bzw. Rasentragschicht und Mikrotexur und -struktur der Oberfläche
- Funktionstüchtigkeit des Entwässerungssystems
- Narbenschuß
- Gräserzusammensetzung
- Entwicklung des Wurzelwerkes und ev. bereits vorhandener Rasenfilzschichten
- Unkrautbesatz, Krankheiten und Schädlinge
- Allgemeiner Pflegezustand

Es ist ein Abnahme- bzw. Übergabe-Protokoll zu erstellen, in dem allfällige Mängel und durch den Unternehmer noch zu erbringende Leistungen enthalten sind.

### 3.5. Überwachungsphase

Eine Rasenfläche kann erst dann als problemlos und leistungsfähig bezeichnet werden, wenn bereits am Tag der Platzübergabe an den Bauherrn und somit auch bei der Übertragung der Verantwortung für die Rasenpflege, diesbezüglich eine klare Regelung vorliegt.

Es ist Aufgabe des Architekten, entsprechende Pflegeprogramme auszuarbeiten und dem Bauherrn bei der Beschaffung des Maschinen- und Geräteparkes behilflich zu sein. Ferner hat er dafür zu sorgen, daß das verantwortliche Pflegepersonal mit den auszuführenden Arbeiten vertraut gemacht wird, und daß die Ausführung der Arbeiten kontrolliert wird. Da sich jede Neuanlage nach Fertigstellung, bedingt durch das Zusammentreffen verschiedener Faktoren unterschiedlich entwickeln kann, und zu diesem Zeitpunkt die Anfälligkeit auf tiefgreifende Beschädigungen des Bauwerkes groß sind, ist eine fachkundige Betreuung über eine längere Zeitdauer von großem Nutzen.

Während der Überwachungsphase müssen alle Garantieleistungen erbracht werden.

## 4. Spezifische Fragen des Sportplatzbaus

### 4.1. Elemente mechanisch belastbarer Rasenflächen

Belastbare Rasenflächen bestehen aus mehreren Systembestandteilen, welchen bestimmte primäre Funktionen zugeordnet werden können. Aus dem Zusammenwirken von zwei oder mehreren Elementen resultieren sekundäre Funktionen, die entweder gezielt bewirkt werden wollen, oder unwillkürlich in Erscheinung treten. Die natürlichen Bodenaufbauten entsprechen nur in ganz seltenen Fällen den heutigen Idealvorstellungen bezüglich eines Sportplatzaufbaus, so daß die gewünschten physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Systembestandteile durch gezielte Bodenverbesserungsmaßnahmen oder durch den Einbau von Fremdmaterial erzielt werden können. In Tabelle 4 sind die Systembestandteile, wie sie bei praxisüblichen Bauweisen angewendet werden, aufgeführt.

Damit für die bauliche Ausführung die erforderlichen Baustoffarten und -mengen, die Dimensionierung sowie die Anordnung einzelner Systembestandteile bestimmt werden kann, sind genaue Kenntnisse über die spezifischen Baustoff- und Bodeneigenschaften und das Anforderungsprofil erforderlich. Das Zusammenmischen zweier oder sogar mehrerer Baustoffe mit Oberboden, bewirkt neue spezifische Gemischeigenschaften, die ebenfalls unter Berücksichtigung der eingesetzten Bodenbearbeitungs- oder Aufbereitungsmaßnahme erkannt werden müssen.

### 4.2. Modell-Bausysteme

Wie bereits einführend erwähnt, ist der normierte Sportrasenbau aus vielen Gründen praktisch nicht möglich. Klare und einfache Beurteilungsgrundlagen ermöglichen die Entwicklung, hauptsächlich an die örtlichen Bodenverhältnisse und an das allgemeine Anforderungsprofil angepaßte Modell-Systeme.

Die Entwicklung der Anforderungen an Vegetationsschichten und insbesondere Rasentragschichten, ist gemäß (H. J. LIESECKE, 1980) durch das Bemühen um standort-, funktions- und praxisgerechte, die physikalischen und biologischen Zusammenhänge gleichermaßen berücksichtigende Alternativbauweise zu erzielen. Modell-Systeme werden hier insbesondere in Abhängigkeit der Art und Beschaffenheit des Baugrundes dargestellt.

Tabelle 4: Primäre Systembestandteile mit Definitionen und zugeordneten Funktionseigenschaften

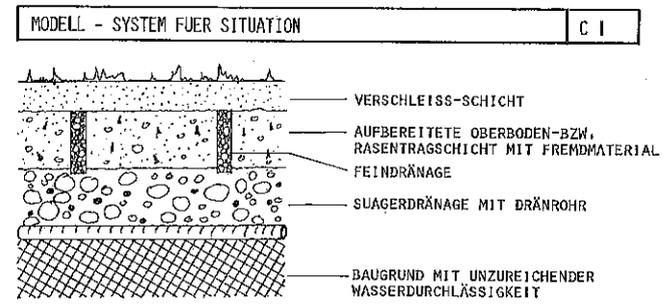
Bezeichnung der Systembestandteile	Definition und zugeordnete Funktionen
BAUGRUND	Entspricht in der Regel einem Material des B und C Horizontes (D. SCHRÖDER 1978) und dient als tragfähige Grundlage für den Aufbau einer Rasenfläche. Je nach Bodenart und Lagerungszustand übernimmt er wichtige Funktionen des Wasserhaushaltes, insbesondere der Dränung einer Rasenfläche.
OBERBODEN-SCHICHT	Oberster mineralischer, mit organischer Substanz vermischter Horizont (A-Horizont). Wird in der Baufachsprache als „Oberboden“ oder „Humus“ bezeichnet, und liegt an der Oberfläche eines natürlich gewachsenen Bodens. Als Systembestandteil übernimmt sie primär die Funktion eines Wasser- und Nährstoffspeichers mit optimalen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften. Kann somit als optimaler Pflanzenstandort bezeichnet werden.
RASEN-TRAGSCHICHT	Stellt in der Regel ein Gemisch aus mineralischen Baustoffen und Material des A-Horizontes dar, das über physikalische, chemische und biologische Eigenschaften verfügt, die möglichst den Anforderungen eines optimalen Pflanzenstandortes entsprechen. Sie verfügt über eine dem Anforderungsprofil entsprechende Wasserdurchlässigkeit, Tragfähigkeit, Scherfestigkeit und Struktur-Stabilität.
VERSCHLEISS-SCHICHT	Entspricht einer dünnen, vorwiegend aus mineralischen Baustoffen bestehenden Schicht. Bewirkt spezifische sportfunktionelle Eigenschaften, verhindert Strukturveränderungen der Rasentragschicht im obersten Bereich und dient schlußendlich zum Schutze von Feinentwässerungssystemen, die bis an die Oberfläche reichen.
RASENDECKE	Sportbelag aus strapazierfähigen, regenerationsstarken und krankheitsresistenten Gräsern.
DRÄNSCHICHT	Aus mineralischen Baustoffen bestehende Entwässerungsschicht, die zwischen der Rasentragschicht und dem Baugrund liegt (DIN 18035, Teil 3). Sie verfügt über Filtereigenschaften, die eine genügend rasche Ableitung von Überschußwasser an eine Saugerdränage oder an die Vorflut gewährleistet, und demnach über eine möglichst hohe Wasserkapazität verfügt.
SICKERSCHLITZE	Feinmaschiges, bis an die Oberfläche reichendes, mit einer Saugerdränage oder Dränschicht in Verbindung stehendes Oberflächenentwässerungssystem. Als Füllmaterial wird Feinkies, Lavakies oder Blähton verwendet. Sie gewährleisten eine gleichmäßige Oberflächenentwässerung und rasche Ableitung von Überschußwasser, insbesondere nach starken Niederschlägen.

Im praktischen Sportplatzbau zeigt sich, daß nebst dem Baugrund, auch die Art und Beschaffenheit des Oberbodens das Aufbausystem und vor allem die bautechnischen Maßnahmen im Speziellen maßgebend bestimmen kann. Eine Differenzierung ist deshalb zweckmäßig. Die Erfassung der Differenzierungsmerkmale muß einfach sein, damit die Zuordnung eines geeigneten Modell-Systems ermöglicht wird.

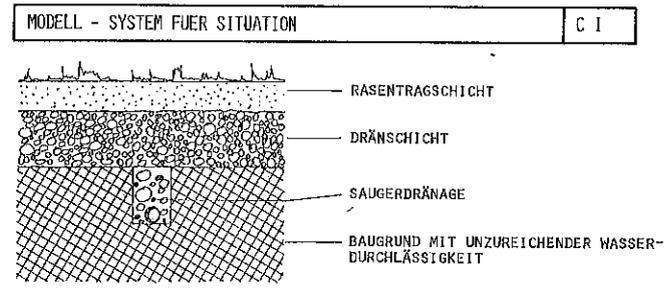
Tabelle 5 zeigt ein Beispiel, mit welchen Beurteilungskriterien für Baugrund und Oberboden ein Modell-System evaluiert werden kann.

Tab. 5: Beurteilungskriterien für Baugrund und Oberboden

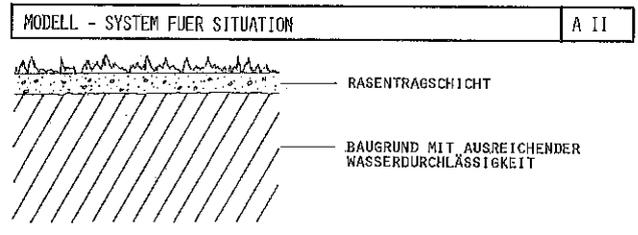
B A U G R U N D	
TYP	ZUSTAND - EIGENSCHAFTEN
(A)	BAUGRUND MIT AUSREICHENDER WASSERDURCHLÄSSIGKEIT UND TRAGFÄHIGKEIT
(B)	BAUGRUND MIT TEILDURCHLÄSSIGKEIT UND AUSREICHENDER TRAGFÄHIGKEIT
(C)	BAUGRUND MIT UNZUREICHENDER WASSERDURCHLÄSSIGKEIT UND AUSREICHENDER TRAGFÄHIGKEIT
O B E R B O D E N	
TYP	B O D E N A R T
(I)	KEIN OBERBODEN DES A-HORIZONTES VORHANDEN
(II)	SAND-BÖDEN
(III)	SCHLUFF- UND LEHM-BÖDEN
(IV)	TON - BÖDEN



Darstellung 3:

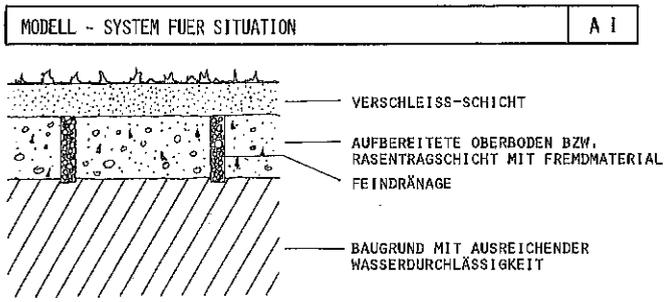


Darstellung 4:

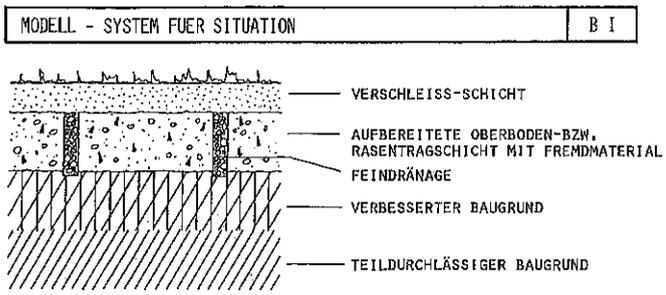


Darstellung 5:

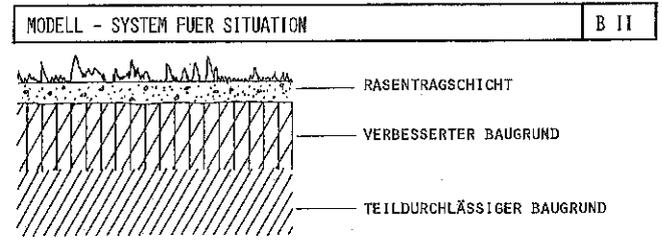
In den Darstellungen 1 bis 10 sind mögliche Systemvarianten in Abhängigkeit der Art und Beschaffenheit des Baugrundes und Oberbodens aufgezeigt.



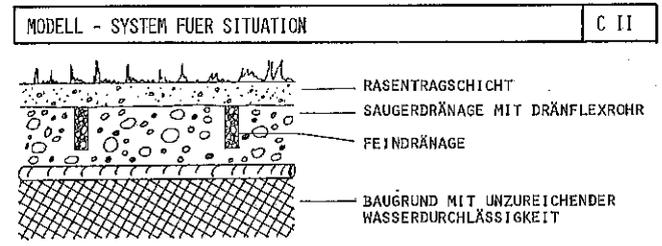
Darstellung 1:



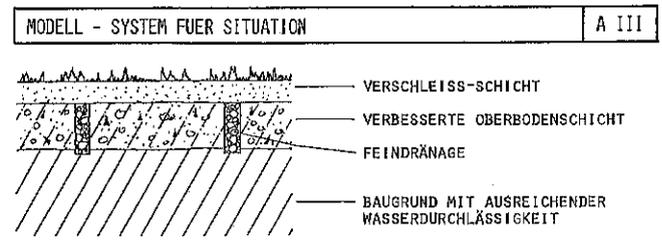
Darstellung 2:



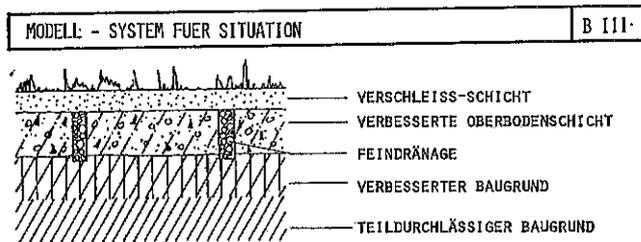
Darstellung 6:



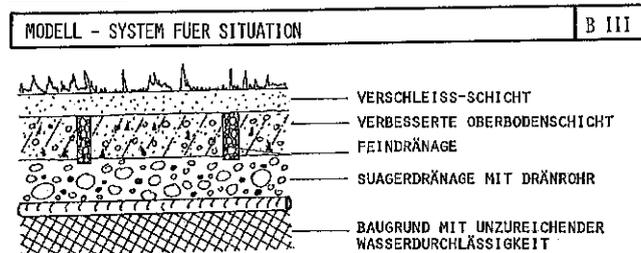
Darstellung 7:



Darstellung 8:



Darstellung 9:



Darstellung 10:



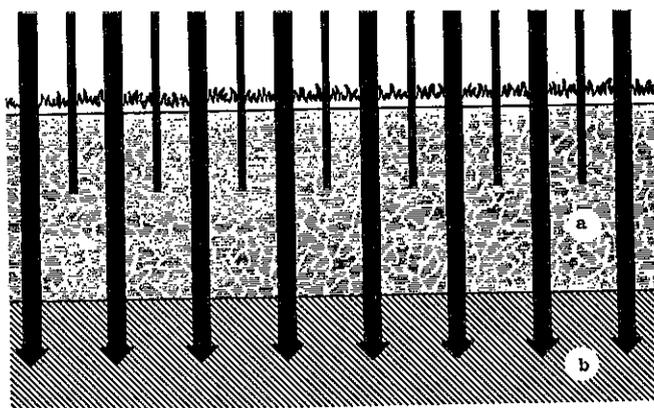
ANALOG BAUSYSTEME A I - C I:

### 4.3 Modell-Entwässerungssysteme

Das Entwässerungssystem, als integrierender Bestandteil einer Rasenfläche, entscheidet weitgehend über die Funktions- und Leistungsfähigkeit einer Rasenfläche. Seine Ausführungsart, Dimensionierung und Lage im Bausystem, prägt den zeitlichen Verlauf des Entwässerungsprozesses verschiedener Bodenhorizonte und ganz allgemein den für die Pflanze wichtigen Wasserhaushalt im Bereiche der Vegetationszonen. Die physikalischen Eigenschaften einzelner Systembestandteile und die Filtereigenschaften eines Entwässerungssystems, bestimmen den erforderlichen Wasserbedarf einer Rasenfläche während verschiedenen Witterungsverhältnissen. Damit künstliche Bewässerungen, die ohnehin den Rasenpflanzen erfahrungsgemäß nicht bekömmlich sind, und Nähr-

#### Darstellung 11:

Für eine Modellsituation des Typs AII (Vgl. Tabelle 5), erübrigt sich auch für stark belastbare Rasenflächen eine besondere Ausführung des Entwässerungssystems. Die physikalischen Eigenschaften des Baugrundes und der Oberboden- bzw. Rasentragschicht gewährleisten eine genügend rasche und gleichmäßige Oberflächenentwässerung. Das Strömungsbild zeigt eine ausgeglichene Wasserbewegung in allen Bodenhorizonten. Niederschlagswasser, das im Bereiche der Oberboden- bzw. Rasentragschicht nicht als Haftwasser zurückgehalten wird, kann dem wasserdurchlässigen Baugrund als Sickerwasser zugeführt werden. Ist die Feldkapazität (FK) erreicht, verfügt die Oberboden- bzw. Rasentragschicht über einen Wassergehalt, der eine optimale Nutzung der Rasenfläche zuläßt.



a = Oberbodenschicht mit ausreichender Wasserdurchlässigkeit und guter Struktur  
 b = Baugrund mit ausreichender Wasserdurchlässigkeit

stoffverluste durch Auswaschungen vermieden werden können, ist die Ausführung eines Entwässerungssystems so zu wählen, daß nicht möglichst viel Wasser pro Zeiteinheit abgeführt, sondern eine optimale Wasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung des Anforderungsprofils der Rasenfläche bewerkstelligt werden kann. Der ökologischen und pedogenetischen Bedeutung von Bodenwasser ist dabei gebührend Rechnung zu tragen.

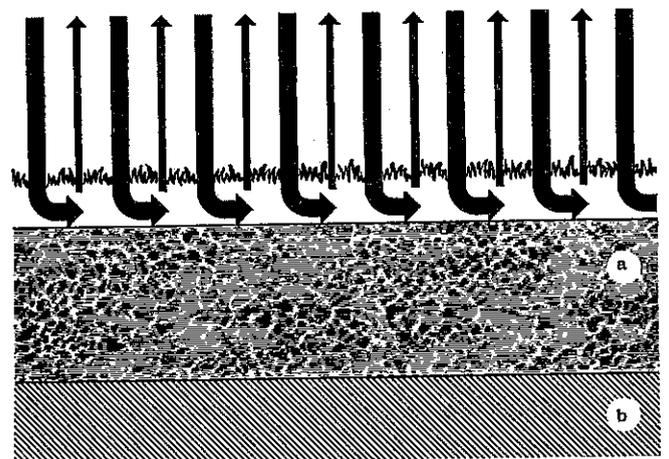
Ausgehend von den in Abschnitt 4.1. besprochenen Systembestandteilen, können die einzelnen Bodenhorizonte gemäß Tabelle 6 wie folgt zugeordnet werden.

Tabelle 6:

Bezeichnung des Horizontes	Eignung für die Ausführung folgender Systembestandteile
Ah	Rasentragschicht, bestehend aus einem Materialanteil des Ah-Horizontes In leicht aufbereiteter Form als Vegetationsschicht unterhalb der Rasentragschicht
E	Durch entsprechende Aufbereitung mit Nährstoffen, geeignet für die Herstellung von Rasentragschichtgemischen und Vegetationsschichten. Je nach Bodenart und Mächtigkeit des Horizontes, Verwendung als Baugrund
B und C	Vorwiegend Verwendung des Baugrundes

#### Darstellung 12:

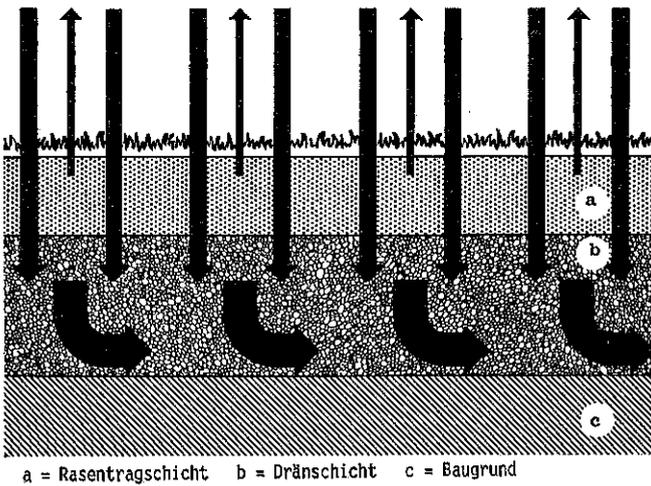
Liegt eine Modellsituation des Typs AIV (Vgl. Tabelle 5) vor, sind die Voraussetzungen für eine entwässerungssystemlose Bauweise nicht mehr gegeben. Trotz eines wasserdurchlässigen Baugrundes kann das Niederschlagswasser infolge der spezifischen Bodenart und der damit verbundenen Lagerungsdichte, nicht genügend rasch in die wasserführende Schicht abgeleitet werden. Bei diesen Böden liegt der Wassergehalt bei Feldkapazität (FK) sehr hoch. In diesem Zustand sind sie bindig und zähplastisch, in ausgetrocknetem Zustand sehr hart und somit als Rasentragschicht sehr ungeeignet. In der Praxis sind immer wieder Fälle anzutreffen, wo ungeeignete Oberböden in unbehandeltem Zustand über wasserdurchlässige Baugründe oder Dränschichten eingebaut und dadurch die gestellten Anforderungen bezüglich Entwässerung nicht erfüllt werden können. Sehr oft stützt man sich auf die Entwässerbarkeit des Bodens in landwirtschaftlich genutztem Zustand, und berücksichtigt dabei nicht die Verminderung der Wasserdurchlässigkeit durch Zerstörung der Bodenstruktur, indem hochmechanisierte Bodenbearbeitungsmaßnahmen eingesetzt werden.



a = Oberbodenschicht mit unzureichender Wasserdurchlässigkeit und u.U. schlechter Struktur  
 b = Baugrund mit ausreichender Wasserdurchlässigkeit

**Darstellung 13:**

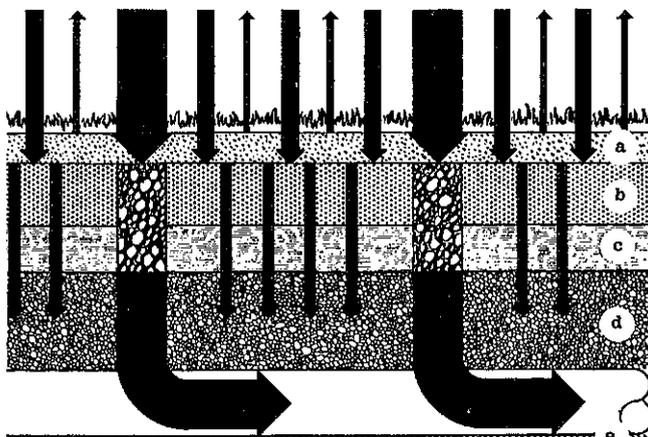
Bei der Bauweise gemäß DIN 18035, Teil 4, ist als Entwässerungssystem eine Flächendränage vorgesehen. Aufgrund der heutigen Erkenntnisse im Sportrasenbau muß die Zweckmäßigkeit dieses Systems stark angezweifelt werden. Grundsätzlich ist die Anwendung nur bei den Modell-Situationen des Typs CI bis CIV gerechtfertigt. Durch eine Flächendränage wird das Bodenwasser als ökologischer und pedogenetischer Faktor in seiner Funktion erheblich gestört. Der kapillare Wasseraufstieg vom Grund- oder Stauwasserspiegel gegen die Schwerkraft, bedingt durch Saugspannungsdifferenzen, der sich vorteilhaft auf die langfristige Entwicklung einer Rasenfläche auswirkt, ist in der Regel gestört. Leistungsfähige und pflegeleichte Sportrasenflächen entwickeln sich aufgrund von Praxiserfahrungen unter diesen Voraussetzungen nicht. Damit die heute üblicherweise geforderte Infiltrationsgeschwindigkeit von Wasser in die Rasentragschicht erreicht wird, muß bei der vorliegenden Anordnung des Entwässerungssystems und einer minimalen Aufbaustärke der Rasentragschicht ein hoher Leitfähigkeitskoeffizient vorliegen. Dieser wird erfahrungsgemäß erst bei einem abschlämmbaren Anteil (Fraktion  $\phi \leq 0,02$  mm), der  $< 8-10\%$  liegt, erreicht. Unter diesen Voraussetzungen treten meistens erhebliche Schwierigkeiten mit der Tiefenwurzelung und einer abnormen Rasenfilzentwicklung auf, wodurch ein sehr hoher Pflegeaufwand resultiert.



a = Rasentragschicht b = Dränschicht c = Baugrund

**Darstellung 15:**

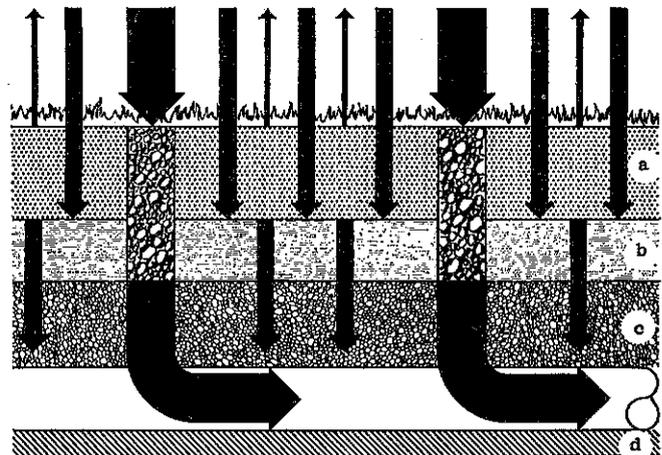
Unterscheidet sich von der Darstellung 14 insofern, als daß die Feindränage nicht bis an die Oberfläche reicht, sondern von einer dünn-schichtigen Rasen- oder Verschleißschicht überdeckt ist. Sie besteht aus einem Sand-Oberbodengemisch mit einem abschlämmbaren Anteil (Fraktion  $\geq 0,02$  mm) von ca. 10-15%. Sie verfügt somit über einen hohen Leitfähigkeitskoeffizienten, der das rasche Ableiten von großen Niederschlagsmengen zu der Feindränage ermöglicht. Die wesentlichen Vorteile dieser Anordnung des Entwässerungssystems liegen darin, daß die Feindränage vor Verschlämmungen mit Feinteilen der Rasentragschicht geschützt ist und die Realisierung einer zweistufigen Entwässerung möglich ist.



a = Verschleißschicht b = Rasentragschicht c = Oberbodenschicht d = Saugerdränage e = Baugrund

**Darstellung 14:**

Die vorliegende Art von Entwässerungssystem eignet sich vorwiegend für Modellsituationen des Typs AIII, AIV, BIII, BIV, CIII und CIV. Es besteht aus einer Saugerdränage, die sich im Baugrund und einer Feindränage, die sich im Bereich der Oberboden- bzw. Rasentragschicht befindet. Liegt ein Baugrund mit genügender bis guter Wasserdurchlässigkeit vor, kann die Saugerdränage entfallen. Bei der vorliegenden Anordnung der Feindränage kann eine zweistufige Entwässerung einer Rasenfläche erzielt werden. Bedingt durch den hohen Leitfähigkeitskoeffizienten der Feindränage, können große Niederschlagsmengen in Form von Oberflächenwasser wirkungsvoll und rasch an die Saugerdränage bzw. an den Baugrund abgeleitet werden. Damit ein Gesamt-Leitfähigkeitskoeffizient, wie bei der Anordnung gemäß Darstellung 13 erzielt werden kann, ist ein wesentlich geringerer Koeffizient bei der zwischen der Feindränage liegenden Rasentragschicht erforderlich. Dadurch lassen sich Rasentragschichtgemische herstellen, die über einen geringeren Anteil an teuren Zuschlagstoffen und einen höheren Anteil an Oberboden verfügen, was sich erfahrungsgemäß ganz allgemein vorteilhaft auf den Standortkomplex Boden-Pflanze auswirkt. Beim gezielten Einsatz von Bodenbearbeitungsmaßnahmen, unter Berücksichtigung der vorliegenden Bodenart und der aktuellen Bodenverhältnisse, können spezifisch physikalische Gemischeigenschaften erzielt werden, auf die in einem weiteren Kapitel näher eingegangen wird. Bei der vorliegenden Anordnung der Feindränage bedeutet eine geschlossene Grasnarbe einen sicheren Schutz gegen Verschlämmung und somit Erhaltung der Wasserdurchlässigkeit.



a = Rasentragschicht b = Oberbodenschicht c = Saugerdränage d = Baugrund

**4.4. Boden- und Baustoffuntersuchungen**

Ergebnisse von Bodenuntersuchungen sind nicht mehr wegzudenkende Grundlagen, die der Architekt und Ingenieur zur Planung von Sportanlagen benötigt. Zweckmäßig werden folgende Prüfungen gemäß Darstellung 16 unterschieden:

**Darstellung 16: Boden- und Baustoffuntersuchungen**

PROJEKTIERUNGS- UND PLANUNGS- PHASE	VORUNTERSUCHUNGEN	Abklärung der örtlichen Bodenverhältnisse
	EIGNUNGS-PRÜFUNGEN	Ermittlung von Baustoffeigenschaften
AUSFÜHRUNGS- PHASE	KONTROLL-PRÜFUNGEN	Prüfung von Baustoffeigenschaften und Bauleistungen gemäß Pflichtenheft oder Vertrag

**4.1.1. Voruntersuchungen**

In der Praxis hat sich die Aufgliederung des zu untersuchenden Bodens für Sportplatzneubauten und -renovierungen in folgende Horizonte bewährt:

A-Horizont:

Oberster mineralischer, mit organischer Substanz ver-



mischer Horizont (Oberboden).

E-Horizont:

Eluvialhorizont unter A-Horizont, an org. Substanz, Ton oder Fe- und Al-Verbindungen verarmt.

B-Horizont:

Mineralischer Horizont unter A- oder E-Horizont (Unterboden)

C-Horizont:

Ausgangsgestein, aus dem der Boden entstanden ist (Untergrund).

Durch die Prozesse der Pedogenese entstandene und annähernd einheitlich ausgebildete Bereiche des Bodens, verfügen über differenzierte physikalische, chemische und biologische Eigenschaften, die beim Bau von Rasenflächen berücksichtigt werden müssen. Das Material einzelner Bodenhorizonte wird vorteilhaft in seiner Gesamtheit abgetragen, verschoben und in Systembestandteile eines Aufbausystems wieder eingebaut.

Das Untersuchungsprogramm ist stets den örtlichen Bodenverhältnissen anzupassen. Dabei wird vorteilhaft ein Standard-Untersuchungsprogramm angewendet, das je nach Gegebenheiten entsprechend abgeändert werden kann. Die Qualität der Bodenproben bestimmt auch die Qualität der Ergebnisse. Die Entnahme repräsentativer Proben ist deshalb wichtig, und ist vorteilhaft nur durch entsprechend instruiertes Personal vorzunehmen. In der Tabelle 7 ist ein mögliches Standard-Untersuchungsprogramm für Voruntersuchungen aufgezeigt.

#### 4.4.2. Eignungsprüfungen

Ergebnisse von Ergänzungsprüfungen bilden auch eine wichtige Grundlage für die Planung von Sportrasenflächen. Art und Umfang der Prüfungen können stark in Abhängigkeit des zur Ausführung gelangenden Aufbausystems gebracht werden. Liegen die Ergebnisse der Voruntersuchungen vor, kann bereits weitgehend das Aufbausystem entwickelt werden. Somit können auch die einzelnen Systembestandteile definiert, und aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse die erforderlichen Maßnahmen für die Bodenverbesserung bzw. -Aufbereitung und die voraussichtlich dazu benötigten Baustoffe festgelegt werden. Erst zu diesem Zeitpunkt ist eine zweckmäßige Festlegung des Programms für Eignungsprüfungen möglich. Die Verwendung von vorwiegend mineralischen Baustoffen kommt zur Hauptsache für die in Tabelle 4 aufgeführten Systembestandteile in Frage.

#### 4.4.3. Kontrollprüfungen

Die Ausführung von Kontrollprüfungen erfolgt während der Bauphase und nach Abschluß des Bauwerkes. Art und Umfang der Prüfungen sowie der Ausführungszeitpunkt werden vorteilhaft in einem Vertrag oder Pflichtenheft festgehalten. Das Prüfungsprogramm ist auch hier stets dem zur Ausführung gelangenden Aufbausystem anzupassen. Die Vielfalt von Möglichkeiten, wie ein Rasenspielfeld aufgebaut werden kann, erschwert die Beurteilung von Qualität und Leistungsfähigkeit aufgrund von physikalischen, chemischen und biologischen Meßwerten, erheblich. Bei der Durchführung von Prüfungen und Interpretationen von Ergebnissen, sind nicht nur die Eigenschaften eines isolierten Systembestandteils, sondern auch die, durch Zusammenwirken mehrerer Elemente eines Gesamtsystems resultierenden Funktionen zu berücksichtigen. Die in Tabelle 8 aufgeführten Eignungsprüfungen können unmittelbar vor oder während der baulichen Aus-

Tab. 8: Standard-Untersuchungsprogramm für Eignungsprüfungen

Systembestandteil	Baustoffart	EIGNUNGSPRÜFUNGEN											
		Korngrößenverteilung	Kornform	Porositätsfähigkeit	Verdichtungsbeständigkeit	Verschleißbeständigkeit	Wasserdrücklässigkeit	Porositätsgrad	Chem. Reaktion	CaCO <sub>3</sub> -Gehalt	Nährstoffgehalte	Pflanzenverwertbarkeit	
BAUGRUND	-Kiese und Sande zur Baugrundverbesserung	x	x	x	x	x							
DRAPSCHICHT	-Kiese und Sande zum Schichtenaufbau	x	x	x	x	x	x						
SAUGER- UND FONDRAENAGE	-Kiese und Sande zur Verfüllung	x	x										
OBERBODENSCHICHT	-Sande -Syn. Bodenverbesserer	x	x	x	x	x			x	x		x	
RASENTRAGSCHICHT	-Sande -Syn. org. Bodenverbesserer -Syn. min. Bodenverbesserer -Org. Bodenverbesserer	x	x	x	x	x			x	x		x	
VERSCHEISSCHICHT	-Sande -Org. Bodenverbesserer	x	x	x	x	x			x	x		x	

führung auch als Kontrollprüfungen ausgeführt werden, und sind deshalb in Tabelle 9 nicht mehr erwähnt.

#### 4.5. Interpretation der Ergebnisse von Voruntersuchungen, Eignungsprüfungen, Kontrollanalysen und bautechnischen Folgerungen

Die bautechnischen Folgerungen resultieren aus den Ergebnissen der Voruntersuchungen und Eignungsprüfungen. Eine optimale Aufgabenlösung liegt darin, indem unter Berücksichtigung des gegebenen Anforderungsprofils und den ausführungstechnischen Möglichkeiten sowie anhand der vorliegenden Ergebnisse von Voruntersuchungen und Eignungsprüfungen, das Bausystem entwickelt wird. Aus der Vielfältigkeit der Beurteilungskriterien ergeben sich sehr komplexe Zusammenhänge, die nur bei guten Fachkenntnissen auf dem Gebiet der Bodenphysik, -chemie und -biologie sowie des praktischen Sportplatzbaus richtig erfaßt, interpretiert und für die Praxis zweckmäßig ausgewertet werden können. Anhand von einigen Beispielen werden nachfolgend spezifische Probleme aufgegriffen und diskutiert.

##### 4.5.1. Die Bodenart

Die Bodenart der verschiedenen Horizonte bilden die wichtigsten Entscheidungsfaktoren für die Bestimmung des Aufbausystems sowie Maschinen- und Geräteeinsatzes. Die charakteristischen Bodeneigenschaften werden durch die Körnung bewirkt. Um eine einfache Beurteilung in verschiedenen Beziehungen vornehmen zu können, genügt es, die Böden in drei Hauptgruppen gemäß Darstellung 17 aufzuteilen (SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1976)). Beim heutigen Mechanisierungsgrad des Sportplatzbaus können Bodenverdichtungen und Strukturschäden als Hauptproblem bezeichnet werden. Dabei ist der Bearbeitungszeitpunkt und somit der Wassergehalt des Bodens bei den verschiedenen Bodenarten von ausschlaggebender Bedeutung, ob Verdichtungs- und Strukturschäden verursacht werden oder nicht.

Tab. 9: Standard-Untersuchungsprogramm für Kontrollprüfungen

KONTROLL-PRÜFUNG	BAU-GRUND	SAUGER-UND FEIN-DRÄNAGE	DRÄN-SCHICHT	OBERBODEN-SCHICHT	RASEN-TRAG-SCHICHT	VERSCHLEISS-SCHICHT	RASEN-DECKE
(+) = Feldanalysen (o) = Laboranalysen	Bei allen Systemvarianten	Bei allen Systemvarianten	Systemausführung gemäss Darst. 13	Systemausführung gemäss Darst. 15	Systemausführung gemäss Darst. 13 Systemausführung gemäss Darst. 15	Systemausführung gemäss Darst. 15	Bei allen Systemvarianten
<b>a) PHYSIKALISCHE PRÜFUNGEN</b>							
- Korngrößenverteilung	x (o)	x (o)	x (o)		x(o)	x (o)	
- Wasserdurchlässigkeit	x (+ o)		x (+ o)		x(o)	x (o)	
- Wasserkapazität	x (o)		x (o)				
- Tragfähigkeit	x (+)		x (+)				
- Scherfestigkeit					x(+o)	x (+ o)	
- Lagerungsdichte	x (+ o)		x (+ o)	x (+ o)	x(+o) x (+o)	x (+ o)	
- Struktur				x (+ o)	x(+o) x (+o)	x (+ o)	
<b>b) CHEMISCHE PRÜFUNGEN</b>							
- Chem. Bodenreaktion				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- Totalsalzgehalt				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- Kalkreserve (CaCO <sub>3</sub> )				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- Humusgehalt				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
<b>c) NÄHRSTOFFANALYSEN</b>							
- N-total				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- K <sub>2</sub> O				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- CaO				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- Mg O				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- Fe O				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
<b>d) BIOL. PRÜFUNGEN</b>							
- Bodenatmung				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
- Katalaseaktivität				x (o)	x (o) x (o)	x (o)	
<b>e) ALLG. PRÜFUNGEN</b>							
- Höhengenaugigkeit	x (+)		x (+)	x (+)	x (+) x (+)	x (+)	
- Ebenföächigkeit	x (+)		x (+)	x (+)	x (+) x (+)	x (+)	
- Geföällsverhältnisse	x (+)	x (+)	x (+)	x (+)	x (+) x (+)	x (+)	
- Bedeckungsgrad							x (+)
- Gröäserzusammensetzungen							x (+)
- Durchwurzelungstiefe				x (+)	x (+) x (+)	x (+)	
- Pflegezustand							x (+)

SAND-BÖDEN "leichte" Böden	SCHLUFF-UND LEHM-BÖDEN "mittelschwere" Böden	TON-BÖDEN "schwere" Böden
NICHT VERDICHTUNGSGEFÄHRDET		VERDICHTUNGSGEFÄHRDET
SEHR GUTE BIS GUTE BEARBEITBARKEIT		MITTELMÄSSIGE BIS SCHWERE BEARBEITBARKEIT
MECHANISCH UNBESCHRÄNKT BELASTBAR	MECHANISCH GUT BIS MÄSSIG BELASTBAR	MECHANISCH NUR BESCHRÄNKT BELASTBAR
HERSTELLUNG VON [HOMOGENEN] RASENTRAGSCHICHTGEMISCHEN		HERSTELLUNG VON [HETEROGENEN] RASENTRAGSCHICHTGEMISCHEN
SCHLECHTE STRUKTURSTABILITÄT		GUTE STRUKTURSTABILITÄT

Darst. 17: Bodenart und charakteristische Eigenschaften

Die Bearbeitbarkeit steht in enger Beziehung mit der Bodenart. Sie erlaubt den gezielten Einsatz von Bodenbearbeitungsgeräten.

Die Beurteilung des Bodens bezüglich allg. mechanische Belastbarkeit, erlaubt den gezielten Maschinen-, Geräte- und Handarbeitseinsatz.

Bei der Aufbereitung von Oberboden- und Rasenetragschichten ist die Bodenkörnung von ausschlaggebender Bedeutung. Einerseits wird die Mischbarkeit mit Zuschlagstoffen und andererseits die Struktur des Gemisches bestimmt. Nach neuesten Erkenntnissen im praktischen Sportplatzbau werden insbesondere bei „bodennahen“ Aufbausystemen nicht möglichst homogene, sondern zur Erzielung spezifischer, physikalischer Gemischeigenschaften auch heterogene Gemische angestrebt. Diese können nur bei guter Strukturstabilität des Bodens und entsprechendem Einsatz von Bodenbearbeitungsgeräten erzielt werden.

#### 4.5.2. Chemisch-biologische Bodeneigenschaften

Im Standort-Komplex Boden-Pflanzen, sind die chemisch-biologischen Eigenschaften von ebenso großer Bedeutung, wie die physikalischen Bodeneigenschaften. Als wichtige Faktoren eines Ökosystem, insbesondere im Bereiche von Rasen- und Oberbodenschichten, tragen sie dazu bei, das kurz-, mittel- und langfristige Verhalten der Rasenpflanzen zu bestimmen.

Die Ergebnisse von chemisch-biologischen Bodenuntersuchungen liefern wichtige Entscheidungsgrundlagen für den gezielten Einsatz von mineralischen Baustoffen, Bodenverbesserungs- und Düngemittel, wobei die spezifischen Eigenschaften derselben genau bekannt sein müssen.

#### 4.5.3. Nährstoffversorgung

Nährstoffuntersuchungen haben im Sportplatzbau die gleiche Bedeutung wie im hochspezialisierten Topfpflanzenbetrieb. Umsomehr, als daß sich aufbereitete Oberboden- und Rasenetragschichten aus verschiedenen Komponenten zusammensetzen und somit als eigentliche Substrate bezeichnet werden können. Durch den Einsatz großer mineralischer Baustoffmengen, wird generell der Nährstoffspiegel und der Gehalt an Tonmineralen und Humusstoffe stark reduziert. Zahlreiche physikalisch-chemische Eigenschaften wie Ionen-Austausch, pH des Bodens und Redox-Eigenschaften werden in der Funktion empfindlich gestört. Durch die anteilmäßige Verminderung der Ionen-Austauscher im Boden, verschlechtert sich die Ionen- und Anionen-Austauschkapazität (AK). Im Gegensatz zu Substraten, die im Topfpflanzenbau eingesetzt werden, müssen Oberboden- bzw. Rasenetragschichten für eine längere Kulturzeit mit Nährstoffen angereichert werden. Eine gute Nährstoffbevorratung mit zunehmender Konzentration im unteren Bereich von Oberboden- und Rasenetragschichten wirkt sich sehr vorteilhaft auf die Durchwur-

zelungstiefe und -intensität aus. Zudem kann beobachtet werden, daß sich das Problem der Rasenfilzentwicklung durch diese Maßnahme stark eindämmen läßt. Je mehr mineralische Baustoffe zur Behandlung von Oberböden eingesetzt werden, desto schlechter werden die physikalisch-chemischen Bodeneigenschaften und umso schwieriger gestaltet sich die Nährstoffbevorratung im Boden. Bei sandigen Gemischen ist die Befahrung von Nährstoffverlusten und von Verbrennungsschäden durch zu hohe Nährstoffkonzentrationen viel größer als bei „schweren“ Böden. In jedem Falle, muß aber eine Nährstoffbevorratung für 1–2 Jahre zum Ziel gesetzt werden. Dies läßt sich aber nicht mit rasch wirkenden mineralischen Düngern, aber auch nicht mit synthetisch-mineralischen oder synthetisch organischen Langzeitdüngern verwirklichen. In der Praxis wurden die besten Erfahrungen mit einfachen mineralischen und organischen Düngstoffen, Bodenverbesserungsmitteln und Abfallstoffen erzielt. Dabei wird stets darauf geachtet, daß zur kontinuierlichen und ausreichenden Versorgung der Pflanze mit Nährstoffen, die Düngermischungen und Bodenverbesserer über eine kurz-, mittel- und ausgesprochen langfristig pflanzenverfügbare Komponente verfügen. Besonders bei stark mit mineralischen Baustoffen vermengten Oberböden, ist nebst der Versorgung mit Makronährstoffen auch in jedem Falle eine ausreichende Versorgung mit Mikronährstoffen von großer Wichtigkeit. Der Versorgungsgrad mit org. gebundenem Stickstoff ist von zentraler Bedeutung für die Beurteilung von Rasenetragschichtgemischen. Stark sandhaltige Gemische weisen anfänglich eine geringe mikrobiologische Aktivität auf. Bei entsprechender Versorgung mit bestimmten Stickstoffformen, kann bereits nach kurzer Zeit eine deutliche Verstärkung der Aktivität festgestellt werden. Bei ausreichender Bodenfeuchtigkeit und -temperatur, werden für die Ernährung der Pflanze ausreichende Mengen an Nährstoffen zum richtigen Zeitpunkt in Abhängigkeit der aktuellen Bodenverhältnisse freigesetzt. Hat sich dieser Mechanismus eingespielt, können auch in sandreichen Rasenetragschichtgemischen hervorragende Wachstumsbedingungen vorherrschen.

#### 4.5.4. Baustoffe

In diesem Abschnitt wird vor allem die Problematik der Baustoffe besprochen, die für die Aufbereitung von Oberböden- und Rasenetragschichtgemischen Verwendung finden. Über deren Einsatz herrscht in der Praxis allgemein eine große Unsicherheit. Die Meinungen gehen rasch auseinander, wenn es um Fragen der Qualität, Korngrößen und Einsatzmengen geht. Nur selten werden Überlegungen angestellt, wie sich ein Baustoff mit seinen spezifischen chemisch-physikalischen Eigenschaften in Vermischung mit einem Oberboden auswirkt. Verschwendung oder sogar nutzloser Einsatz teurer Baustoffe kann nicht selten in der Praxis nachgewiesen werden. Der Baustoffeinsatz ist in der Regel mit erheblichen Kosten verbunden; und muß somit bereits bei der Festlegung des Anfertigungspunktes und der Entwicklung im Mittelpunkt stehen. Aufgrund praktischer Erfahrungen mit dem Einsatz verschiedener Baustoffe, wird vor allem von einer Über-, aber auch Unterbewertung der chemisch-physikalischen Eigenschaften und der von ihnen erwarteten Wirkungen gewarnt. Generell wird durch den Einsatz besonders mineralischer Baustoffe die Förderung der Wasserdurchlässigkeit bezweckt. Mit dem geeigneten Material in der richtigen Menge und am richtigen Ort kann dieser Forderung entsprochen werden.

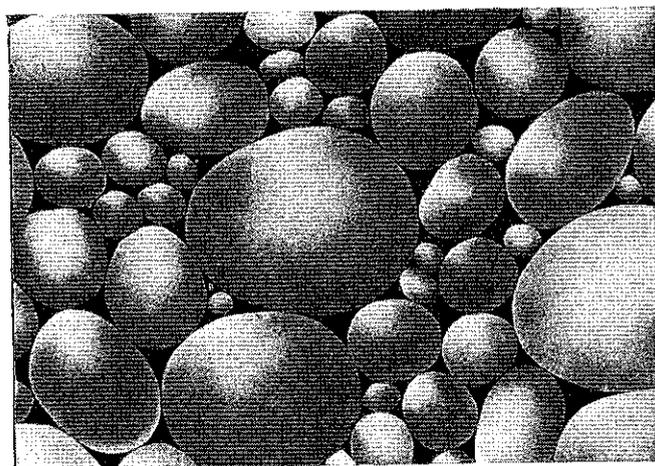
Nachfolgend sind einige in der Praxis am häufigsten verwendete Baustoffe näher besprochen.

#### 4.5.4.1. Sand

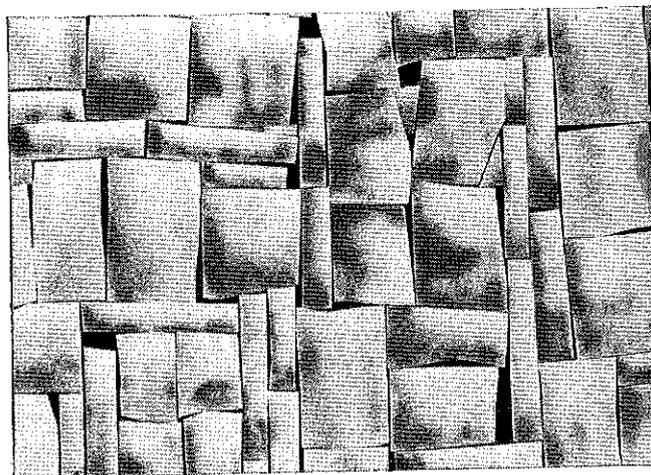
Er findet im Sportplatzbau am häufigsten Verwendung. Dabei stehen je nach Landesgegend verschiedene Qualitäten zur Verfügung. Eines der wichtigsten Beurteilungsmerkmale ist die stereomikroskopisch feststellbare Kornform. Sande mit einer ausgesprochen kugeligen Form (Vgl. Darstellung 18) bilden unveränderbare Hohlräume, die mit Erdmaterial, Wasser oder Luft gefüllt sein können. Mit Materialien, die über diese Kornform verfügen, wird pro eingesetzte Mengeneinheit in Oberböden, die größte Zunahme des Leitfähigkeitskoeffizienten erzielt. Im Gegensatz dazu müssen in der Praxis sehr oft auch Sande mit kubischer oder plättchenförmiger Struktur (Vgl. Darstellung 19) eingesetzt werden. Besonders bei hohem Glimmeranteil, können selbst Materialien mit einem abschlämmbaren Anteil (Fraktion  $\phi \leq 0,02 \text{ mm}$ )  $< 5\%$  über eine derart hohe Lagerungsdichte verfügen, daß bereits der reine Sand über eine geringe Wasserdurchlässigkeit verfügt. Materialien dieser Art eignen sich als Baustoff selbstverständlich nicht.

Ein weiteres wichtiges Beurteilungsmerkmal ist die Korngrößenverteilung. Die Wasserdurchlässigkeit im Boden wird primär durch die Ton- und teilweise durch die Schluff-Fraktion (Fraktion  $\phi 0 - \text{ca. } 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$ ) bestimmt. Damit ein möglichst optimaler Effekt bezüglich der Wasserdurchlässigkeit erzielt, und die physikalische Eigenschaften nicht allzu stark einseitig beeinflusst werden, ist der Sand möglichst der Korngrößenverteilung des zu behandelnden Oberbodens anzugleichen. In der Praxis bedeutet dies den Einsatz von Materialien mit einem Korngrößenbereich von  $\phi 2,0 \cdot 10^{-2}$  bis  $2,0 \text{ mm}$ . Beim Einsatz zu grobkörniger Materialien werden bei „mittelschweren“ bis „schweren“ Böden die vom Sand gebildeten Hohlräume mit Feinteilen verkittet, so daß bei mittleren bis großen Einsatzmengen, und hoher Lagerungsdichte, keine bedeutende Zunahme der Wasserdurchlässigkeit verzeichnet werden kann. Eine schlagartige Zunahme kann erst dann beobachtet werden, wenn die Hohlräume nicht mehr mit Feinteilen gefüllt werden können. Liegt aber die Korngrößenverteilung im oben erwähnten Bereich, können auch bei großen Einsatzmengen, weitgehend normale physikalische Bodenverhältnisse aufrecht erhalten bleiben. Der Einsatz „gewaschener“ Sande muß aufgrund von Praxiserfahrungen ernsthaft in Frage gestellt werden. Sie verfügen nämlich in der Regel über einen geringen Grobschluff- und Feinsandanteil.

Die Verwitterungs- und Verschleißbeständigkeit hat erfahrungsgemäß bei den üblich verwendeten Materialien eine eher untergeordnete Bedeutung. Quarzreiche Sande erfüllen diesbezüglich problemlos die gestellten Anforderungen. Kalkreiche Materialien bewirken auch bedingt eine Veränderung der chemischen Bodeneigenschaften, in dem die chemische Bodenreaktion erhöht werden kann. Gelangen diese Baustoffe bei einem pH-Wert des Bodens  $> 7,0$  zum Einsatz, besteht keine Zersetzungsgefahr und somit sind auch keine Veränderungen der physikalischen Bodeneigenschaften zu erwarten. Bei einem pH-Wert  $< 7,0$ , können kalkhaltige Sande nachteilige Auswirkungen haben. Werden für die bauliche Erstellung einer Rasenfläche Baustoffe aus der näheren Umgebung eingesetzt, entstehen diesbezüglich normalerweise keine Probleme. Wird die wirtschaftliche Seite betrachtet, so gehört Sand zu den preisgünstigsten Baustoffen.



Darst. 18: Rundsand mit ausgesprochener Kugelform



Darst. 19: Sand mit ausgesprochen kubischer und plättchenförmiger Struktur

#### 4.5.4.2. Vulkangestein

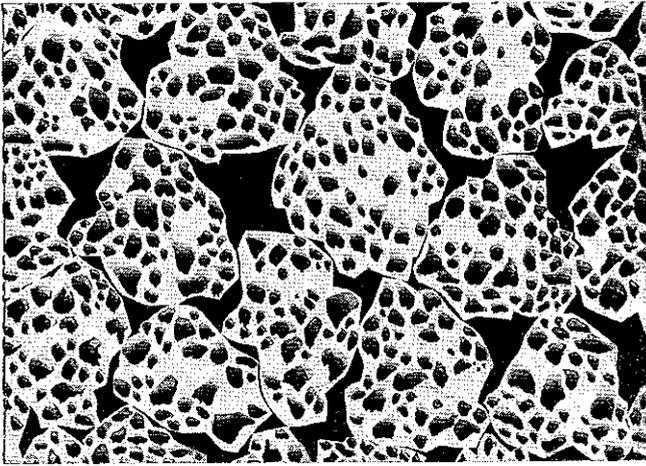
Nebst Sand werden auch vulkanische Gesteine im Sportplatzbau sehr viel verwendet. Lavasand verfügt über eine scharfkantige unregelmäßige Kornform. Werden die Eigenschaften nur diesbezüglich beurteilt, ist in Vermischung mit Oberbodenmaterial eine ähnliche Wirkung wie bei Sand zu erwarten. Seine Offenporigkeit bewirkt aber im Boden ganz besondere Eigenschaften. So bildet das Lavakorn im Gemischverbund, eine Zone mit beinahe optimalen und unveränderlichen Wasser- und Luftverhältnissen. Diese Vorzüge kommen insbesondere bei stark „vermagerten“ Rasentragschichtgemischen zum Zuge, in dem gegenüber Sand eine wesentliche Verbesserung der Wasserkapazität erzielt werden kann. Die besondere Kornform wirkt sich vorteilhaft auf die Strukturstabilität von Rasentragschichtgemischen aus.

Bezüglich geeigneter Korngrößenverteilung gelten die gleichen Überlegungen wie beim Sand.

Die mineralische Zusammensetzung gewährleistet eine sehr gute Verwitterungs- und Verschleißbeständigkeit. Der pH-Wert ist bei den meisten handelsüblichen Produkten unproblematisch.

Die teils hohen Gehalte an Makro- und Mikronährstoffen wirken sich auf den Standortkomplex Boden-Pflanze vorteilhaft aus.

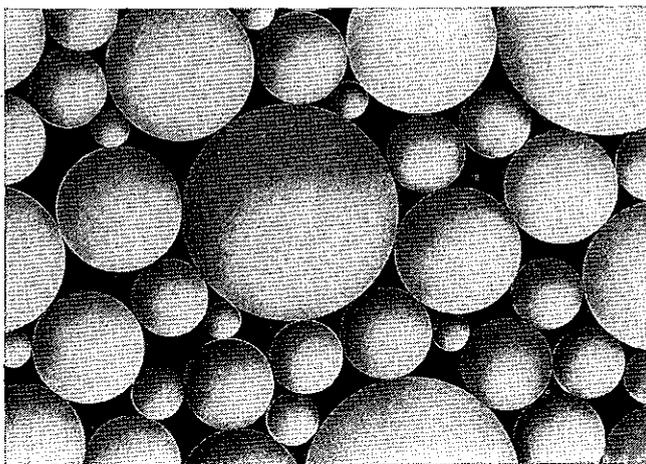
Infolge der Scharfkantigkeit wird dem Lavasand, zu Recht oder zu Unrecht, gelegentlich eine erhöhte Verletzungsgefahr nachgetragen. Infolge hoher Transportkosten, kann leider dieser Baustoff aus wirtschaftlichen Gründen nicht in allen Landesgegenden eingesetzt werden.



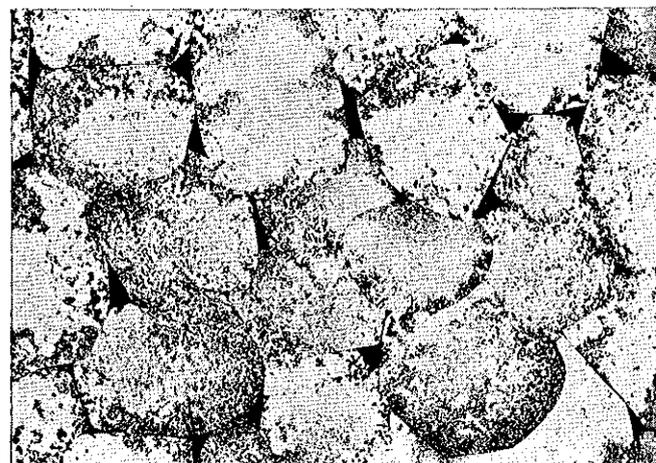
Darst. 20: Offenporiger Lavasand

#### 4.5.4.3. Styropor

Auf den ersten Blick könnte Styropor die gleiche Wirkung wie bei einem grobkörnigen Sand oder Feinkies zugeordnet werden. Bei einer genügend großen Anwendungsmenge bewährt sich jedoch der Einsatz in der Praxis für die Aufbereitung „mittelschwerer“ bis „schwerer“ Böden. Besonders verdichtungsgefährdete Böden werden durch die Zusammendrückbarkeit des Styropors, nach einer mechanischen Belastung wieder „gesprengt“, so daß keine bleibenden Verdichtungs-schäden zurückbleiben. Im weiteren dürfte Styropor gewissen Auswirkungen auf den Wärmehaushalt des Bodens haben. Das sehr leichte Material läßt sich bereits



Darst. 21: Styropor



Darst. 22: Hygromull

bei leichtem Wind, infolge Windverfrachtung, unbefriedigend gut ausbringen und einarbeiten. Als Abfallprodukt der Kunststoff-Industrie kann Styropor zu relativ günstigen Preisen eingekauft werden.

#### 4.5.4.4. Hygromull

Kann in verschiedenen Körnungen aufbereitet werden. Verfügt über eine offenporige Struktur und hohe Wasserkapazität. Kann sich in Rasentragschichtgemischen infolge der Abbaubarkeit, während nur einer beschränkten Zeitdauer vorteilhaft auf die physikalischen und zum Teil chemischen Eigenschaften auswirken.

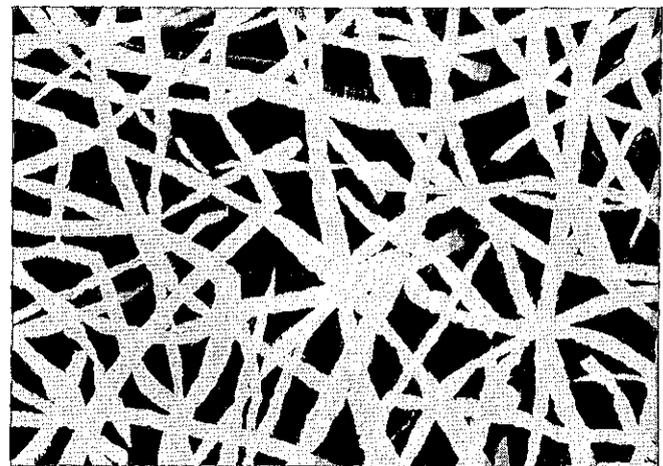
#### 4.5.4.5. Torf und Rindenkomposte

Organische Naturprodukte wie Torf und Rindenkompost können sich besonders in Verschleiß- und Rasentragschichtgemischen positiv auf die physikalischen, aber auch chemischen und biologischen Eigenschaften auswirken. Der Einsatz muß bodenspezifisch, d. h. in Abhängigkeit der physikalischen-, chemischen und biologischen Oberbodeneigenschaften erfolgen.

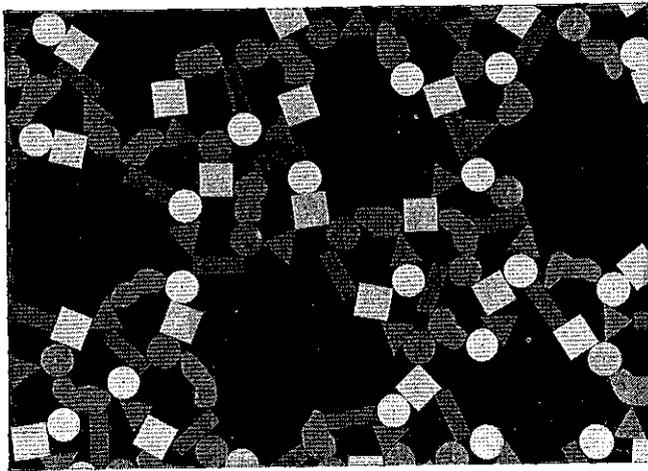
#### 4.6. Oberboden-, Rasentrag- und Verschleißschichten

Eine strapazier- und regenerationsfähige Rasenfläche charakterisiert sich durch eine rasenfилzfreie Grasnarbe, intensive Durchwurzelung der Bodenhorizonte und normale Entwässerungsverhältnisse. Die richtige Dimensionierung und Zusammensetzung einzelner Bodenhorizonte bzw. Systembestandteile in enger Beziehung zum Entwässerungssystem sowie deren gegenseitige Abstimmung in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht, bilden die Grundlage dazu. Damit die gestellten Anforderungen bezüglich des Standortkomplexes Boden-Pflanze soweit berücksichtigt werden können, daß ein normales Pflanzenwachstum möglich ist, bedarf es der Anwendung der gemäß Darstellungen 1-10 besprochenen Systemvarianten.

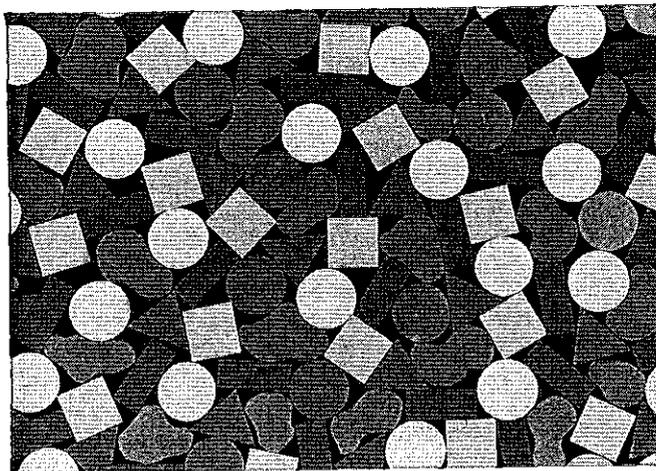
Die physikalischen, aber auch die chemischen Eigenschaften einer Oberboden-, Rasentrag- oder Verschleißschicht, stehen nicht nur in Funktion der Korngrößenverteilung. Die Struktur einzelner Bodenschichten, die bei der baulichen Herstellung durch entsprechende Bodenbearbeitungsmaßnahmen gezielt beeinflußt, und deren Stabilität stark von der Bodenart abhängig ist, wirkt sich betonend auf den Wasser- und Lufthaushalt aus. Ein natürlich gewachsener Boden kann bei normaler Bewirtschaftungsweise über eine sog. Krümelstruktur verfügen. Krümelgefüge entsteht unter dem Einfluß einer hohen biologischen Aktivität und intensiver Durchwurzelung. Dabei fügen sich Primärteilchen (Minerale, organische Teilchen) zu sog. Krümeln zusammen, die sich wiederum aneinander fügen und dadurch eine eigentliche Gitterstruktur oder eben Krümel-



Darst. 23: Torf und Rindenkomposte



Darst. 23 a: Boden mit Krümelgefüge



Darst. 24: Boden mit Einzelkornstruktur

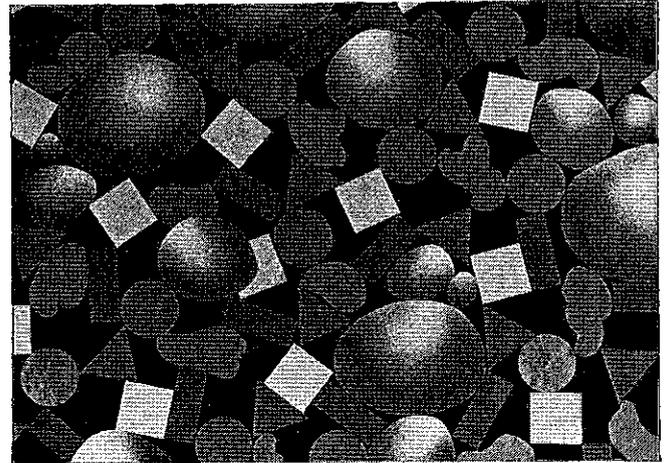
struktur bilden (vgl. Darstellung 23). Aus der Darstellung geht eindeutig hervor, daß auch „schwere“ Böden bei dieser Struktur über eine gute Wasserdurchlässigkeit und Bodendurchlüftung verfügen können. Beim gleichen Boden, der aber unsachgemäß mechanisch zu stark belastet wird, entsteht eine sog. Einzelkornstruktur (vgl. Darstellung 24). Die nun dicht aneinander lagernden Bodenteilchen bewirken in diesem Zustand eine erhebliche Verminderung der Wasserdurchlässigkeit und Bodendurchlüftung. „Mittelschwere“ bis „schwere“ Böden genügen in der Regel auch bei normalem Lagerungszustand den gestellten Anforderungen in bezug auf die Wasserdurchlässigkeit nicht. Grundsätzlich gehören sie aus diesem Grunde in unbehandeltem Zustand nicht an die Oberfläche eines Rasenspielfeldes. Zudem entstehen bereits durch die mechanische Belastung eines normalen Spielbetriebes Strukturschäden und Bodenverdichtungen, die eine zusätzliche Einschränkung der Wasserdurchlässigkeit bewirken. Da diese Böden im Normalzustand als optimale Pflanzenstandorte bezeichnet werden können, muß nach Lösungswegen gesucht werden, die eine Erhöhung der mechanischen Belastbarkeit und Wasserdurchlässigkeit zur Folge haben, ohne daß der Standortkomplex Boden-Pflanze wesentlich verändert wird. Dies kann in der Praxis erreicht werden, in dem eine Oberbodenschicht mit einer mechanisch belastbaren Schicht überdeckt wird. Gemäß den vorgeschlagenen Aufbausystemen, siehe Darstellungen 1–10, entspricht diese einer Verschleiß- oder Rasentragschicht. Diese sind in der Zusammensetzung und Dimensionierung so zu wählen, daß in jedem Falle, die darunter liegende Oberbodenschicht intensiv durchwurzelt werden kann. Bei

entsprechender Aufbereitung der Oberbodenschicht und Gefügestabilität, die wiederum von der Bodenart abhängig ist, können sie u. U. eine Schichtstärke von wenigen Zentimetern aufweisen.

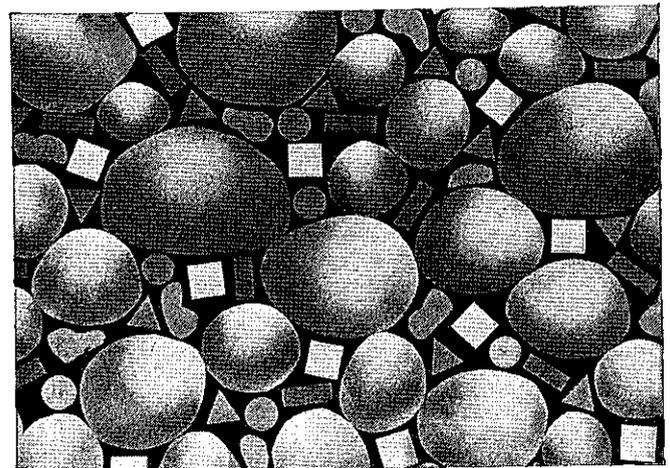
Bei Oberboden- und Rasentragschichtgemischen können generell in der Praxis zwischen „homogenen“ und „heterogenen“ Gemischen unterschieden werden. Im wesentlichen unterscheiden sie sich in der Homogenität der Verteilung einzelner Bodenteile und dazugefügter Baustoffe. Damit bei absolut homogenem Gemisch eine wesentliche Verbesserung der Wasserdurchlässigkeit erzielt werden kann, müssen bezüglich Baustoffeinsatz die Voraussetzungen wie sie unter Abschnitt 4.5.4. Baustoffe behandelt wurden, erfüllt werden. Darstellung 25 zeigt ein homogenes Gemisch, das über eine ungenügende Baustoffmenge verfügt. Die kugelförmig dargestellten Sandkörner werden durch wesentlich kleinere, sich in Einzelkornstruktur befindlichen Bodenteilchen eingekittet. Bei hoher Lagerungsdichte verfügt der Sand bei dieser Gemischstruktur über keine Wirkung!

Wird beim gleichen Oberboden der Sandanteil wesentlich erhöht, entsteht eine Gemischstruktur gemäß Darstellung 26.

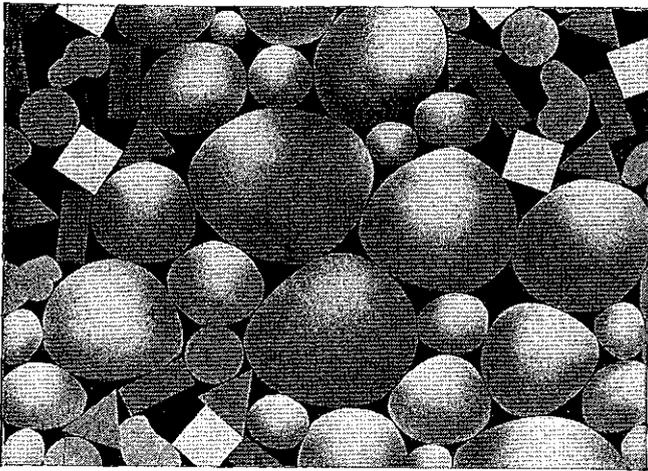
In diesem Falle berühren sich bereits einzelne Sandkörner, und der Oberbodenanteil vermag die durch den Sand gebildeten Hohlräume nicht mehr zu füllen. In diesem Zustand wird eine wesentliche Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit und Durchlüftung erzielt. Die Gemischart charakterisiert sich besonders bei der Verwendung von Sand als Baustoff, durch eine geringe Wasserkapazität und Gefügestabilität sowie bei der Anwen-



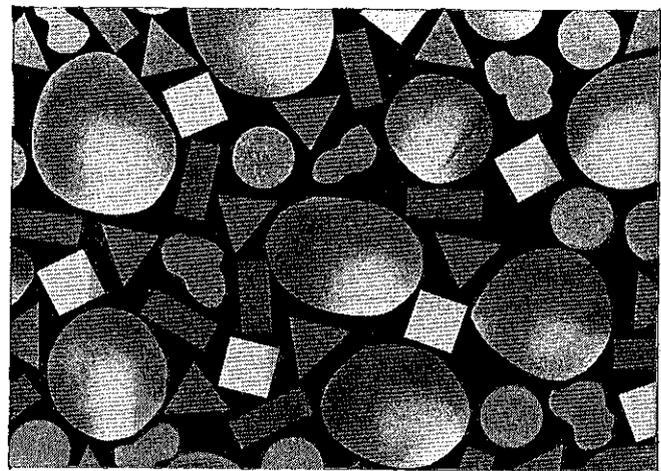
Darst. 25: Homogenes Oberboden- oder Rasentragschichtgemisch mit ungenügender Sandabmagerung



Darst. 26: Homogenes Oberboden- oder Rasentragschichtgemisch mit ausreichender Sandabmagerung



Darst. 27: „Heterogenes“ Oberboden- oder Rasentragschichtgemisch mit deutlichen Baustoffadern



Darst. 28: Resultierendes Oberboden-Baustoff-Gemisch, bei zu intensivem Mischvorgang

ung als Hauptwurzelraum, durch ausgesprochen schlechte chemische und biologische Eigenschaften. Werden zudem Baustoffe mit ungeeigneter Korngrößenverteilung eingesetzt, besteht die Gefahr der Auswaschung von Boden-Feinstbestandteilen und somit Verschlammung und Verdichtung des Gemisches. Damit bei diesen Gemischen befriedigende Resultate erzielt werden können, ist die Bodenverbesserung und Düngung, wie sie in Abschnitt 4.5.3. Nährstoffversorgung, besprochen wurde, von ausschlaggebender Bedeutung. „Bindige“ Böden eignen sich hervorragend für die Herstellung „heterogener“ Gemische. Mit gezielten Bodenbearbeitungsmaßnahmen werden Baustoffe nur so stark mit den Oberböden vermischt, daß einzelne Bodenaggregate mit Baustoffadern umhüllt sind (vgl. Darstellung 27).

Diese Maßnahme bezweckt, daß bei geringem Baustoffeinsatz einerseits die Wasserdurchlässigkeit über die Baustoffadern stark erhöht werden kann, und andererseits die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften in den einzelnen Bodenaggregaten unverändert erhalten bleiben können.

Diese Gemischausführung, wie sie von der INTERGREEN-Sportplatzbaugruppe seit einiger Zeit angewendet wird, hat sich sehr gut bewährt. Bei entsprechender Anordnung und Verbindung dieses Systembestandteils

mit dem Entwässerungssystem, bleibt die Gemischstruktur bei geeigneten Bodenarten über eine praktisch unbeschränkte Zeitdauer unverändert erhalten. Die praktische Ausführung stellt überdurchschnittlich hohe Anforderungen an die Arbeits- und Verfahrenstechnik. Insbesondere wenn man bedenkt, daß das Resultat stets in enger Beziehung mit dem aktuellen Bodenzustand steht. In den Untersuchungen am erdfeuchten Material ausgeführt werden, ist jedoch bereits jetzt eine sichere Überwachung „homogener“ Rasentragschichtgemische möglich. Erfolgt eine zu intensive Durchmischung, entsteht ein Gemisch gemäß Darstellung 28, das im wesentlichen der Darstellung 25 entspricht. Zur Aufrechterhaltung der geforderten Wasserdurchlässigkeit genügt somit beim homogenen Gemisch die eingesetzte Baustoffmenge nicht mehr.

#### Literaturhinweis

SCHROEDER DIEDRICH (1978): Bodenkunde in Stichworten.

— (1974): DIN 18035 Sportplätze, Teil 4 Rasenflächen.

LIESECKE H. J. (1980): Vegetationsschichten und Rasentragschichten. Das Gartenamt 29 (1980) H. 7, S. 510–514.

SCHAEFFER-SCHACHTSCHABEL (1976): Lehrbuch der Bodenkunde, S. 22, 23, 134–138.

Vorfasser: E. HABEGGER, ANALYSIA AG, CH-3113 Rubigen

## Use of Models in Sports Field Construction Research

A. L. M. van Wijk, Wageningen

### Summary

The possibilities for use of grass sports fields depends strongly on the soil water conditions of the top layer. Models that simulate the soil water conditions are therefore very useful to evaluate sports field constructions. In this paper an example of application of such a

### Die Verwendung von Modellen in der Forschung beim Bau von Sportplätzen Zusammenfassung

Die Nutzungsmöglichkeiten von Rasensportplätzen hängen weitgehend von den Wasserverhältnissen in der Oberschicht ab. Deshalb sind Modelle, bei denen die Wasserverhältnisse simuliert werden, für die Bewertung des Bodenaufbaus von Sportplätzen sehr nützlich. In diesem Artikel wird ein solches Modell als Beispiel vorgeführt. Mit Hilfe dieses Modells wurde der Einfluß des Gehalts an organischer Substanz und der Verdichtung der sandigen Oberschicht über den verschiedenen Unterschichten auf die Wasserverhältnisse

### L'application de modèles théoriques dans les études de construction des terrains de sport

#### Résumé

Les possibilités de jeu sur les terrains de sport engazonnés dépendent en majeure partie de l'état de saturation en eau des couches supérieures. Des modèles susceptibles de simuler différentes teneurs en eau du sol devraient donc permettre de mieux évaluer le type de construction à réaliser. La présente communication donne un exemple d'application d'un tel modèle. Ce modèle décrit l'influence de la teneur en matière organique et du degré de compaction de couches superficielles

model is given. With the model the influence was investigated of organic matter content and compaction of sandy top layer materials overlying different subsoils, on the soil water conditions in the top layer. From extensive measurements in the field a soil strength limit was found at which deformation of the top layer does not occur on heavily played parts of sports fields. Elaboration of relationships between soil strength and pressure head for sandy top layer materials with different bulk densities yielded pressure head limits at which soil strength becomes insufficient for adequate playing conditions. With the aid of these pressure head limits, the duration and frequency of inadequate playing conditions then could be derived from the course of pressure heads in the top layer as simulated with the model.

des Bodens in der Oberschicht untersucht, Umfangreiche Feldmessungen ergaben, daß von einer bestimmten Bodenfestigkeit ab auf stark bespielten Teilen von Sportplätzen keine Deformierung der Oberschicht eintritt. Eine Untersuchung der Beziehungen zwischen Bodenfestigkeit und Wasserspannung bei sandigem Oberschichtenmaterial von unterschiedlicher Dichte ergab Grenzen bei der Wasserspannung, bei der die Bodenfestigkeit für die Gewährung angemessener Spielbedingungen nicht mehr ausreicht. Mit Hilfe dieser Grenzen bei der Wasserspannung war es möglich, Dauer und Häufigkeit ungenügender Spielbedingungen aus dem Verlauf der Wasserspannung in den oberen Bodenschichten so wie sie im Modell simuliert werden, zu entnehmen.

les sableuses sur le comportement hydrique de ces mêmes couches en combinaisons avec différents sous-sols. A partir de mesures prises en plein champ des valeurs seuils sont déterminées pour la résistance du sol au dessous de laquelle une déformation de la couche supérieure n'est pas à craindre même aux endroits les plus fréquentés du terrain. L'étude des relations entre la résistance et la hauteur de succion dans les couches sableuses de différentes densités permet d'établir des limites de la hauteur de succion au delà des quelles la résistance du sol ne suffit plus aux exigences d'un jeu normal. La fréquence et la durée des conditions ne permettant pas le jeu peuvent être dérivées à partir des courbes de succion des couches supérieures tel que cela est démontré dans ce modèle.

### Introduction

In the literature a number of sports field constructions has been described (Langvad, 1968; Daniel, 1969; Beard, 1973; Daniel et al, 1974). The main objective of most construction types is to ensure soil water conditions favourable for the usage intended. Only a small percentage of the constructions proposed is based on actual research. Testing of sports field constructions under field conditions is time consuming and expensive. Moreover, the transferability to other soil and climatological conditions is often difficult.

Nowadays, different kinds of models are available that simulate the water flow at non-steady-state conditions in soil. In these models the effects of actual rainfall, hydrological characteristics (soil water retentivity and hydraulic conductivity) of different soil layers and sometimes the properties of the drainage system are included. Because the possibilities for use of grass sports fields depend strongly on the soil water conditions in the top layer, such as too high a wetness with regard to soil strength or ponding, these models can be valuable tools to evaluate sports field constructions. From comprehensive field investigations and laboratory research a good correlation between the playing conditions of grass sports fields and the top layer soil strength was found (Van Wijk, 1980). The top layer of grass sports fields is not deformed by playing if the top layer soil strength amounts to 1.4 MPa or more. This soil strength was measured with a penetrometer with a cone having a base of 1 cm<sup>2</sup> and a top angle of 60°. From relationships between soil strength, soil water pressure head and bulk density for various sandy top layer materials used in sports field construction in the Netherlands, minimal values for relative density (i.e. the actual density as fraction of the difference between the most dense and the most loose packing or in fact the degree of compaction), bulk density and maximal pressure heads (having a negative sign) at which top layer soil strength falls below the required value of 1.4 MPa, could be derived. Fig. 1 gives some examples of these relationships.

With the aid of these density and pressure head limits, duration and frequency of inadequate playing conditions then can be derived from the simulated course of the pressure head in the top layer. In this paper an example of this procedure is described.

For a sports field construction consisting of a 10 cm thick sandy top layer overlying a subsoil, it was investigated to which extent the soil water status of the top

layer, under the prevailing weather conditions, is influenced by:

- compaction of top layers that differ in organic matter;
- type of subsoil.

Once the influence of these factors is quantified, it is possible to indicate the best combination of top layer and subsoil.

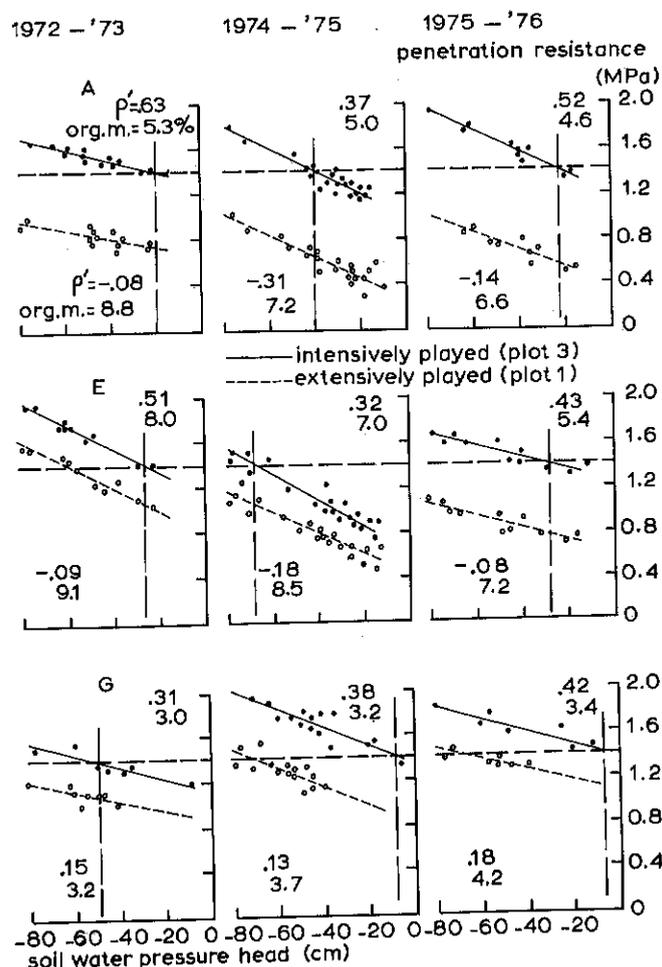


Fig. 1. Penetration resistance versus soil water pressure head, simultaneously measured in the top layer of intensively and extensively played parts of fields A, E and G during the wet part of 3 playing seasons. Relative densities ( $p'$ ) and organic matter contents (%) of the top layers are given. A penetration resistance of 1.4 MPa implies that the soil strength is sufficient for intensive playing (VAN WIJK, 1980).

**Table 1.** Organic matter content (%), particle size distribution (%) and median particle diameter (M50 in  $\mu\text{m}$ ) of the investigated fine sands

Nr	Organic matter	Clay <2 $\mu\text{m}$	Silt		Sand					M50	
			2-16	16-50	50-105	105-150	150-210	210-300	300-420		>420 $\mu\text{m}$
Fine sands											
1	0.4	2.0	0.3	0.2	12.3	27.3	30.9	16.2	7.9	2.9	168
2	2.3	2.6	0.7	1.9	13.5	26.2	30.3	15.2	7.0	2.6	166
3	4.3	3.1	1.2	3.7	14.7	25.1	29.6	14.2	6.1	2.3	163
4	6.6	3.8	1.7	5.8	16.2	23.7	28.9	13.1	5.0	1.8	159
5	8.6	4.4	2.2	7.6	17.4	22.6	28.2	12.1	4.0	1.5	156

**Materials and methods**

**Top layer materials used**

As top layer materials the fine sands given in Table 1 were chosen.

Each sand was compacted to three different bulk densities. Then the soil water retentivity,  $\psi(\Theta)$ , and hydraulic conductivity,  $k(\psi)$ , curves were determined. Because of failure of some tensiometers in some samples, the objective to determine the  $k(\psi)$  and  $\psi(\Theta)$ -relationships at three densities for each sand could not fully be realized.

The  $\psi(\Theta)$ -relationships obtained clearly show the effect of compaction of sand with increasing organic matter contents (Fig. 2). Compaction increases the slope of the curves and the more, the higher the organic matter content. The increase in slope illustrates the proportional increase of the fine pores, at the expense of hydraulic conductivity and storage capacity. From measurements in the field it appeared that during the main part of the playing season the actual soil water pressure head varies within a range from 0 down to about -80 cm (Van Wijk, 1980). It should be kept in mind that the sands with higher organic matter contents when compacted to high densities can store only a few mm of rain within this range.

The  $k(\psi)$  curves are given in Fig. 3 and presented as an exponential relationship between  $k$  and  $\psi$ , such

as suggested by Gardner (1958) and Rijtema (1965):

$$k = k_0 e^{\alpha\psi}$$

where  $k$  = hydraulic conductivity ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )

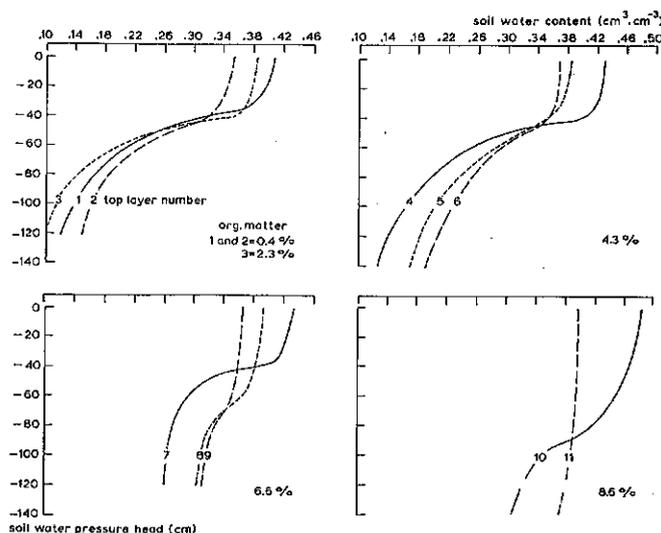
$k_0$  = hydraulic conductivity at  $\psi = 0$  ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )

$\psi$  = pressure head (cm)

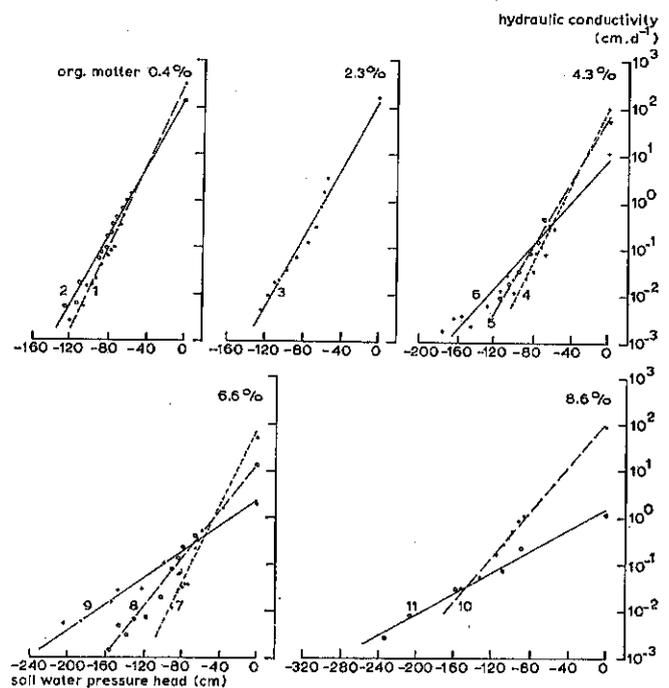
$\alpha$  = soil constant ( $\text{cm}^{-1}$ )

Through the measured points the best fitting exponential curve has been calculated, giving a straight line when the  $k(\psi)$ -relationship is plotted on a semi-logarithmic scale. Values for  $\alpha$  and  $k_0$ , obtained from the exponential-curve fit, are represented in Fig. 3 by the slope respectively the intersection of the curves with the ordinate. Fig. 3 shows that an increase in bulk density (compaction) is coupled with a decrease in  $k_0$ . This decrease is the more pronounced, the higher the organic matter content. The slopes  $\alpha$  are also affected by change in either organic matter content or bulk density or both. At lower organic matter contents the slopes are steeper and change less at increasing bulk densities. This implies that the hydraulic conductivity decreases more strongly with decreasing soil water pressure heads and is less affected by compaction, at low than at higher organic matter contents.

A conspectus of the relative densities (i.e. degree of compaction), bulk densities of the sands used together



**Fig. 2.** Soil water retentivity curves of 11 fine sands with different organic matter contents at various compaction levels, used as top layers (see also Table 2 and Fig. 3)



**Fig. 3.** Unsaturated hydraulic conductivity of 11 fine sands with different organic matter contents at various compaction levels, used as top layers (see also Table 2 and Fig. 2)

**Table 2.** Organic matter content, relative density ( $\rho'$ ), bulk density ( $\rho$ ), pore volume ( $\epsilon$ ), hydraulic conductivity characteristics  $k_0$  and  $\alpha$  and soil water pressure head ( $\psi$ ) limits of the 11 top layers used

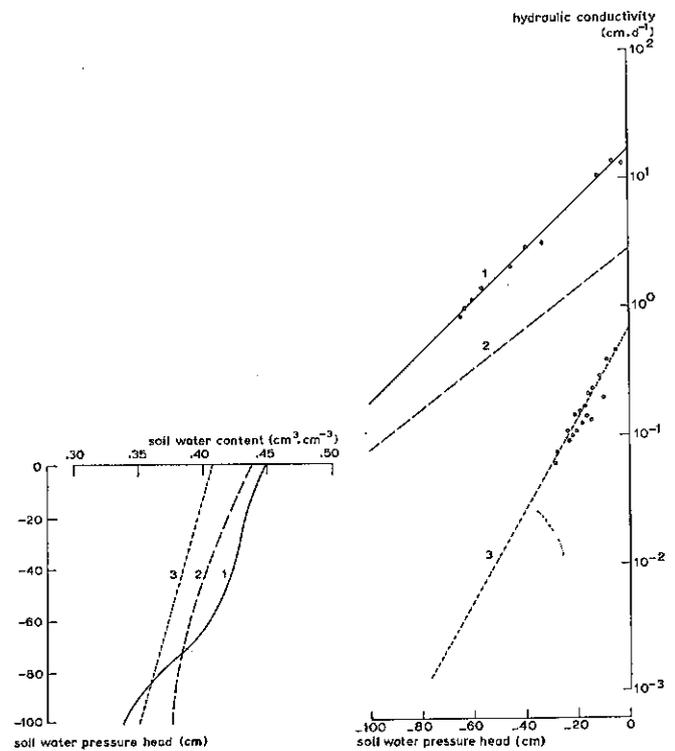
Top layer	Org.m. (%)	$\rho'$	$\rho$ ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	$\epsilon$ ( $\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$ )	$k_0$ ( $\text{cm}\cdot\text{d}^{-1}$ )	$\alpha$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\psi$ -limits
1	0.4	0.10	1.571	0.407	323.2	0.100	-40
2	0.4	0.59	1.716	0.353	155.6	0.085	0
3	2.3	0.47	1.604	0.383	146.3	0.085	0
4	4.3	0.45	1.510	0.426	118.6	0.096	-20
5	4.3	0.61	1.577	0.385	65.1	0.079	-20
6	4.3	0.72	1.626	0.367	8.4	0.053	-20
7	6.6	0.46	1.423	0.436	72.3	0.095	-30
8	6.6	0.60	1.531	0.394	13.1	0.058	-30
9	6.6	0.80	1.592	0.370	2.5	0.029	-30
10	8.6	0.29	1.285	0.483	105.7	0.054	-60
11	8.6	0.73	1.495	0.399	1.5	0.026	-30

with the hydraulic conductivity characteristics  $k_0$  and  $\alpha$  is given in Table 2. In the following text the various top layers will be indicated by the numbers mentioned in this table.

Table 2 also gives the maximal soil water pressure heads ( $\psi$ -limits) required for a soil strength sufficient for intensive playing (1.4 MPa). These limits were derived from soil strength - pressure head - bulk density relationships as shown in Fig. 1. When under field conditions these top layers have bulk densities as indicated in Table 2 or higher ones, the soil strength is insufficient only then, when the pressure head in the top layer exceeds the given  $\psi$ -limits. It appears that poor sandy top layers (Nos 2 and 3) can be wetter than top layers with higher organic matter contents to achieve enough soil strength. Moreover, rather loose top layers such as Nos 1 and 10, must be much drier to have enough soil strength than the more compacted ones. Considering these  $\psi$ -limits it should be kept in mind that the lower the pressure head limit, the longer the duration and the higher the frequency of the occasions on which this limit is exceeded during the wet season, and the more lastingly and frequently the field will be unplayable.

**Subsoils used**

Subsoils that have different hydrological properties will affect the water conditions in the top layer also differently. Therefore three subsoils with different hydraulic conductivities were chosen: a humous medium sand, a sandy clay loam and a silty clay loam. Fig. 4 gives the soil water retentivity and hydraulic conductivity curves of these subsoils. The hydraulic conductivity or less span the range from well to poorly permeable soils. The difference in storage capacity between the sandy and the silty clay loam as given by the  $\psi(\theta)$ -relationship is small, while the hydraulic conductivities of the two subsoils widely differ. The humous medium sand has a more favourable  $\psi(\theta)$  as well as  $k(\psi)$ -relationship than the two other ones. The main properties of the three subsoils used are summarized in Table 3.



**Fig. 4.** Soil water retentivity (left) and unsaturated hydraulic conductivity (right) of the 3 subsoils used (see also Table 3)

**Model applied**

Generally the flow of water in soils occurs under non-steady state conditions. To simulate the transient flow of soil water an electronic analog developed by Wind and Mazee (1979) was used. This analog is based on the similarity between the integrated flow equation of Darcy and Ohm's law. The flux is represented by electric current, unsaturated hydraulic conductivity by electric potential and water content by condenser load. The model consists of a number of boxes, i.e. 'layers', containing a conductive and a capacitive part, which are mutually connected by resistors. The topmost box

**Table 3.** Clay and organic matter content, bulk density ( $\rho$ ) and the hydraulic conductivity characteristics  $k_0$  and  $\alpha$  of the subsoils used

	Clay (%)	Org. m. (%)	$\rho$ ( $g \cdot cm^{-3}$ )	$k_0$ ( $cm \cdot d^{-1}$ )	$\alpha$ ( $cm^{-1}$ )
1. humous medium sand	4	5.9	1.26	16.40	0.045
2. sandy clay loam	22	2.3	1.32	2.78	0.035
3. silty clay loam	32	5.1	1.28	0.65	0.082

representing the soil surface simulates infiltration, evaporation, ponding and runoff. Ten other boxes represent soil layers, which can have a thickness of 10 or 20 cm. Another box simulates drainage which can be set at any desired depth up to 190 cm. Drain intensity and saturated conductivity are adjustable. Because the pressure head  $\psi$  as such is not present in the analog, the  $k(\psi)$  and  $\psi(\Theta)$ -relationships of the various soil layers are combined to a  $k(\Theta)$ -relationship. Such a  $k(\Theta)$ -relationship input is represented by three straight line segments of which the slope,  $dk/d\Theta$ , maximum and breakpoints are set with thumbwheel switches on each box.

The output of the model includes the water content and conductivity of each layer, surface runoff and drain outflow. If desired, the depth of the groundwater table can be calculated from the drain outflow.

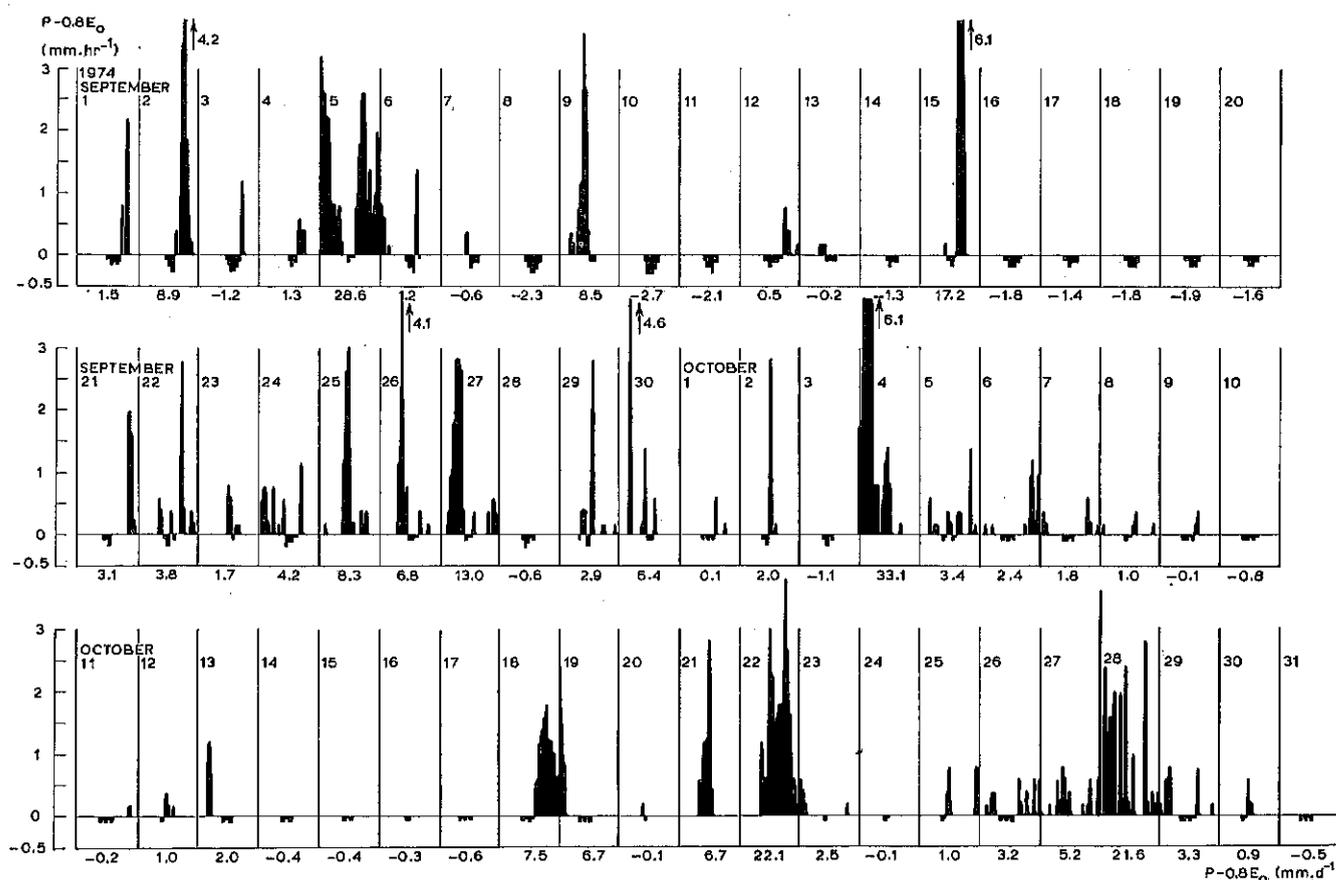
The scales of the model are adjustable. With regard to the time scale, the shortest model time is  $2.31 \times 10^{-5}$  day, i.e. 1 day is equivalent with 2 seconds in the model. As heavy rains of short duration may cause ponding or conditions too wet for playing, variations in rain-

fall intensity within a day are important. Therefore precipitation has been put into the model on an hour-basis. This implies that the time scale had to be lengthened to  $1.11 \times 10^{-4}$  day which means that 1 day took 9.6 seconds model time.

#### Precipitation sequence applied

For the investigation of the influence of different top layers and subsoils on the soil water conditions in the top layer, precipitation amounts at one-hour intervals were available from 1971 onwards. Finally the two-month period September through October 1974 was selected for the following reasons:

- the period coincides with the wet part of the playing season;
- the two months were very wet with 142 and 140 mm against an average precipitation of 71 and 60 mm;
- the period contained a number of hourly intensities that were rather high for autumn and winter;
- some rather dry periods occurred between the wet periods.



**Fig. 5.** Hourly precipitation surplus ( $P-0.8E_0$ ) over the months September and October 1974 at De Blit, Netherlands, used as input for the electronic analog

Precipitation was put into the model in  $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$  as a precipitation surplus (Fig. 5), being the difference between precipitation and 0.8 times open water evaporation,  $(P-0.8E_0)$ .

### Results and discussion

Because soil water conditions in the top layer depend not only on its own hydrological properties but also on the type of subsoil, the influence of differences in top layer have to be studied in combination with different subsoils. To that purpose the top layers mentioned in Table 2 were studied in combination with the subsoils mentioned in Table 3.

In the electronic analog the upper layer represented a 10 cm thick sandy top layer overlying a subsoil with a depth of 100 cm. According to sports fields drainage practice in the Netherlands the drain depth and drain intensity (A) were taken to be 100 cm and  $0.030 \text{ d}^{-1}$  respectively. These figures imply a drain discharge of  $1.5 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$  at a groundwater table depth of 50 cm below the surface.

An example of the simulated course of soil water conditions in a top layer in relation to rainfall conditions is given in Fig. 6. The cases simulated apply to top layers 7, 8 and 9 of Table 2, i.e. sand with 6.6% organic matter compacted to three different densities, overlying the humous medium sand subsoil of Table 3. For purposes of illustration only part of the simulated 61-day period is presented (14 September to 9 October 1974). The period contains a rather dry spell interrupted by a heavy shower of 17.2 mm of rain on 15 September, followed by a wet period. The soil water content of the more compacted top layers 8 and 9 moves closer towards the point of saturation than the of top layer 7. The higher the degree of compaction the narrower the range of fluctuations of the soil water content during the wet season. The range of fluctuations of the pressure head is about the same for the three top layers. Ponding ( $\psi > 0$ ) did not occur. The limit for sufficient soil strength ( $\psi = -30 \text{ cm}$ ) was exceeded once in top layer 7 during a short period on 4 October, a day with 33.1 mm of rain. In top layer 8 the limit was exceeded

twice, on 15 September as well as on 4 October. In the most compacted top layer 9 the  $\psi$ -limit was also exceeded on 27 September, a day with 13 mm of rain. The more compacted the top layer, the slower the decrease in soil water content and pressure head in dry periods and the longer the period during which a particular pressure head value is exceeded. Fig. 6 shows for the more compacted top layers that a heavy shower in a rather dry period, such as occurred on 15 September, caused hardly wetter soil conditions than less intense rains in a wet period, such as occurred on 25, 26, 27 and 30 September.

The influence of different subsoils on the soil water conditions in the top layer is illustrated in Fig. 7. When top layer 6 of Table 2, a severely compacted sand with 4.3% organic matter, overlies the silty clay loam of Table 3 the limit of  $\psi = -20 \text{ cm}$  required for a soil strength sufficient for intensive playing was frequently exceeded (12 times) and for a summed duration of 7 days. Ponding or fully saturated conditions ( $\psi = 0$ ) of top layer 6 occurred ten times. When this top layer was placed on the sandy clay loam, the pressure head limit was only exceeded twice with a summed duration of 1.1 days. On the humous medium sand subsoil the soil strength of top layer 6 was always sufficient for adequate playing conditions in the period considered. Fig. 7 also shows that the lower the hydraulic conductivity of the subsoil, the closer the topsoil is to saturation and the smaller the fluctuations of soil water content and pressure head in the top layer. Fig. 7 also gives in situ measurements of  $\psi$  at three different dates. The simulated  $\psi$ -values compare well with the measured data.

Table 4 summarizes the summed number of days and times over the 61-day period considered on which the 11 top layers of Table 2 were judged to be too soft for playing according to the pressure head limits defined in Table 2.

Apart from the less compacted top layers 1 and 10, it appears that the sandy top layers with an organic matter content up to 4.3% overlying humous medium sand were always playable in spite of the rather high

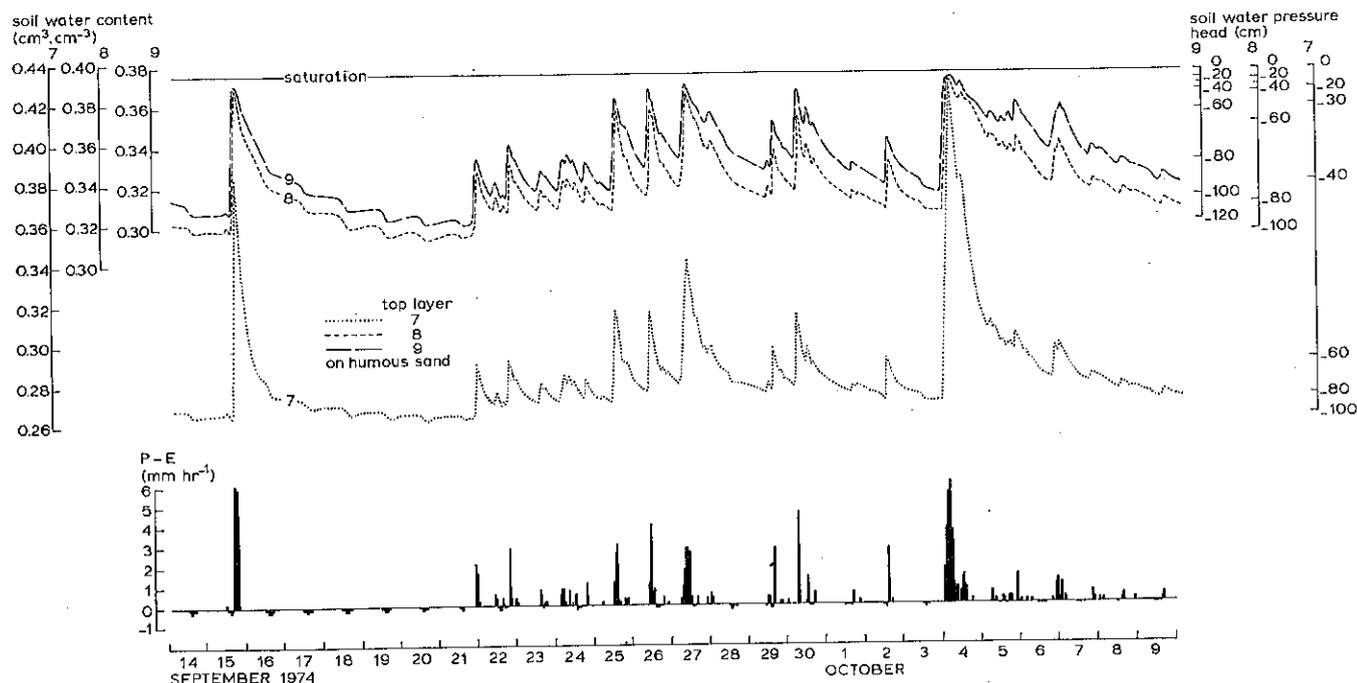


Fig. 6. Simulated course over part of September and October 1974, based on precipitation data at De Bilt, Netherlands, of soil water content and soil water pressure head at 5 cm depth in 3 differently compacted top layers (see Table 2) overlying the humous medium sand subsoil (see Table 3). Drain depth 100 cm, drain intensity  $A = 0.030 \text{ d}^{-1}$

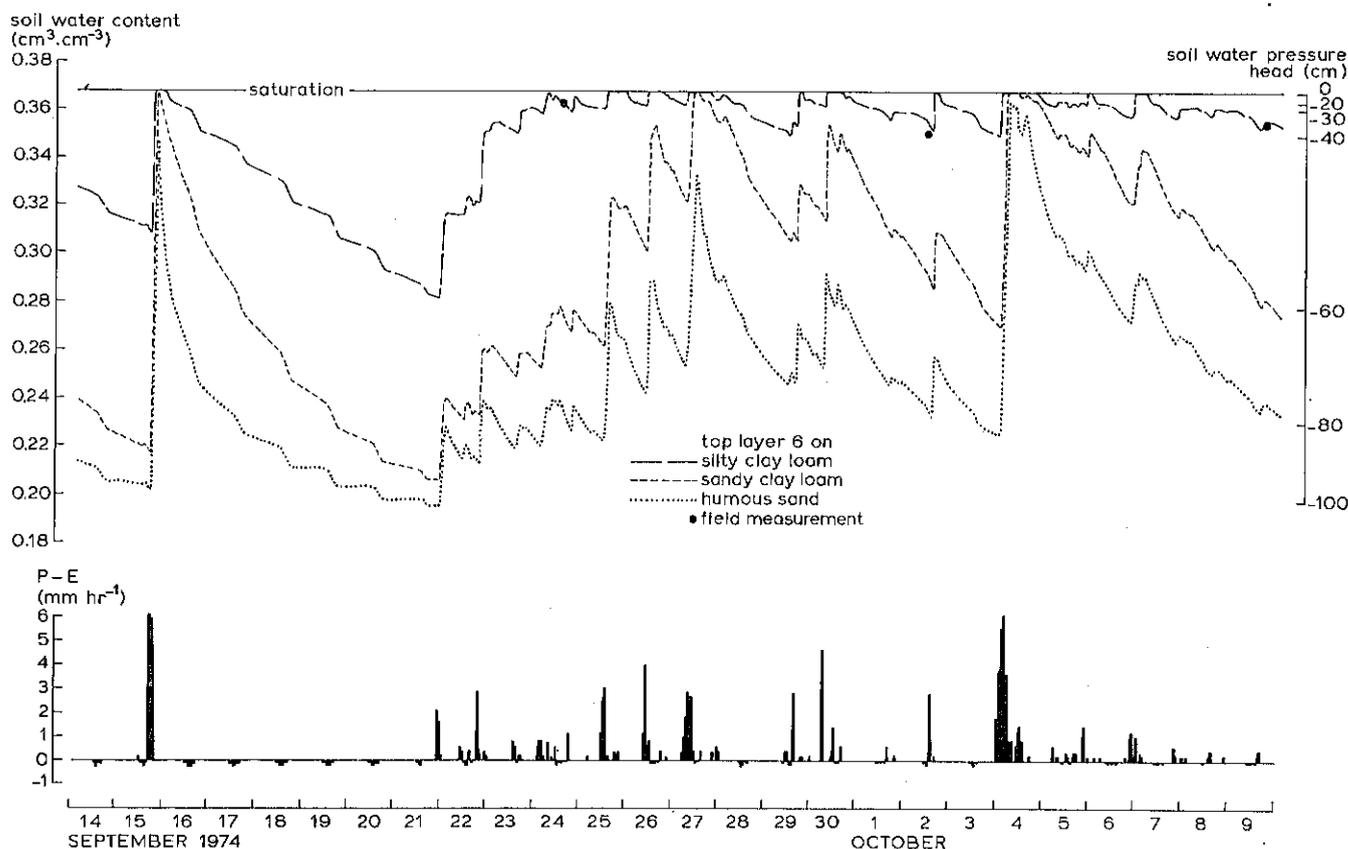


Fig. 7. Simulated course over part of September and October 1974, based on precipitation data at De Bilt, Netherlands, of soil water content and soil water pressure head at 5 cm depth in top layer 6 (see Table 2) overlying 3 different subsoils (see Table 3). Drain depth 100 cm, drain intensity  $A = 0.030 \text{ d}^{-1}$

compaction degrees of top layers 2, 5 and 6. At higher organic matter contents both duration and frequency of unplayable situations increase a little. In the case of top layer 11, having the lowest conductivity and storage capacity, the summed duration of unplayable conditions is 1 day split into six occasions. Ponding, i.e.  $\psi > 0$ , did not occur on the humous medium sand subsoil.

A too small degree of compaction, i.e.  $\rho' < 0.45$ , as

applies for the top layers 1 and 10, means that lower (drier)  $\psi$ -limits are required to obtain an adequate soil strength. However, the lower the pressure head required, the longer and the more frequently it will be exceeded in wet periods. So always a certain compaction is required to prevent the occurrence of insufficient soil strength resulting from too wet soil conditions.

When the 11 top layers overlie the sandy clay loam subsoil with less favourable hydrological properties, both duration and frequency of unplayable situations

Table 4. Summed duration and frequency of occasions on which soil water pressure head ( $\psi$ ) limits for adequate playing conditions during the period September through October 1974 were exceeded for 28 combinations of top layer (see Table 2) and subsoil (see Table 3). Drain depth 100 cm, drain intensity  $A = 0.030 \text{ d}^{-1}$

Top layer				Subsoil					
org. m. content (%)	$\rho'$	$\psi$ -limits (cm)		humous medium sand		sandy clay loam		silty clay loam	
				duration (day)	frequency	duration (day)	frequency	duration (day)	frequency
1	0.4	0.10	-40	4.3	6	8.9	7		
2	0.4	0.59	0	0	0	0.2	1		
3	2.3	0.47	0	0	0	0	0		
4	4.3	0.45	-20	0	0	0.9	3	4.4	7
5	4.3	0.61	-20	0	0	1.7	7	12.2	23
6	4.3	0.72	-20	0	0	3.8	9	20.6	20
7	6.6	0.46	-30	0.2	1	2.2	7	12.3	11
8	6.6	0.60	-30	0.4	6	4.3	16	24.1	25
9	6.6	0.80	-30	0.7	4	5.6	17	27.7	26
10	8.6	0.29	-60	11.2	13	30.4	15		
11	8.6	0.73	-30	1.0	6	6.5	27		

increase. Moreover, ponding occurs the more frequently, the higher the organic matter content and degree of compaction. If the top layer is very poor and is sufficiently compacted (top layers 2 and 3 of Table 4) playing conditions will seldomly fail on the sandy clay loam subsoil. Comparing the top layers with higher organic matter contents (top layer 4 through 11) the summed duration of inadequate playing conditions shows a gradual increase with higher organic matter contents while the frequencies increase more stepwise. The frequencies for top layers 4, 5, 6 and 7 are much lower than for top layers 8, 9 and 11. This is due to differences in storage capacity (see Fig. 2).

Excessively wet soil conditions and therefore much more unfavourable playing conditions can be met when having a silty clay loam as subsoil. For the conditions simulated, long durations of too wet pressure heads or ponding occurred regularly, even for those top layers that have a favourable hydraulic conductivity and soil water characteristic. A simulation experiment was also performed without a sandy top layer. In that situation the silty clay loam showed a still larger number of days with pressure heads  $> -20$  and  $> -30$  cm in the upper 5 cm (22.2 and 32.8 days respectively).

On a poor permeable subsoil a sandy top layer can improve the soil water conditions at the surface, and the more the larger the storage capacity. An increase in storage capacity can be obtained by increasing the top layer thickness. Such an increase in top layer thickness considerably reduces the duration and frequency of unplayable conditions (Table 5). If the thickness of top layer 4, the most favourable of the three given in Table 5, is increased to 20 cm unplayable conditions are reduced from a summed duration of 4.4 days down to 1.7 days. A poorer sandy top layer sufficiently compacted such as top layers 2 and 3 of Table 4 will be even more favourable because they have still sufficient soil strength at a  $\psi$ -limit of 0 cm. The different results obtained by the three top layers in Table 5 can be explained by their differences in soil water characteristic (see Fig. 2). Apart from top layer thickness,

the soil water characteristic of the sand used on subsoils with low conductivities is of great significance to insure playability of the surface when rainfall is excessive.

**Table 5.** Summed duration and frequency of occasions on which the soil water pressure head limits for adequate playing conditions were exceeded in September through October 1974, at thicknesses of 10 and 20 cm of top layers 4, 5 and 6 (see Table 2), when overlying the silty clay loam subsoil (see Table 3). Drain depth 100 cm, drain intensity  $A = 0.030 \text{ d}^{-1}$

	Top layer					
	4		5		6	
Thickness (cm)	10	20	10	20	10	20
Duration (day)	4.4	1.7	12.2	7.0	20.6	9.5
Frequency	7	5	23	14	20	16

#### Literature

- BEARD, J. B., 1973. Turfgrass. Science and culture. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J., 659 pp.
- DANIEL, W. H., 1969. The 'Purr-wick' rootzone system for compacted turf areas. Proc. First Int. Turfgrass Res. Conf., 323-326.
- DANIEL, W. H., FREEBORG R. P. and ROBEY M. J., 1974. Prescription athletic turf system. Proc. Sec. Int. Turfgrass Res. Conf., 277-280.
- GARDNER, W. R., 1958. Some steady state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. Soil Sci., 85: 226-232.
- LANGVAD, B., 1968. The weigrass-method for construction of football-grounds in grass. Weibulls Grastips, 10: 377-379.
- RIJTEMA, P. E., 1965. An analysis of actual evapotranspiration. Agric. Res. Rep. 659. Pudoc, Wageningen, 107 pp.
- WIJK, A. L. M. van, 1980. A soil technological study on effectuating and maintaining adequate playing conditions of grass sports fields. Agric. Res. Rep. 903. Pudoc, Wageningen, 124 pp.
- WIND, G. P. and MAZEE, A. N., 1979. An electronic analog for unsaturated flow and accumulation of moisture in soils. J. Hydrol., 41: 69-83. Techn. Bull. ICW 109.

Author: A. L. M. VAN WIJK, Institute for Land and Water Management Research, Wageningen/The Netherlands

## Zur Rasendüngung mit Langzeitdüngern \*

H. Prüin, Limburgerhof

### Zusammenfassung

Zur Rasendüngung haben Stickstoffhaltige Langzeitdünger stärkeren Eingang gefunden. Größte Bedeutung haben sogenannte Harnstoff-Aldehyd-Kondensate wie z. B. Isobutylidendiurea (IBDU) gewonnen. Hervorzuheben sind hierbei:

1. Ihre geringe Wasserlöslichkeit, verzögerte Anfangswirkung, längere Wirkungsdauer, geringerer Salzgehalt, bessere Pflanzenverträglichkeit mit ausgeglichenerem Wachstumsverlauf.

### Lawn Fertilization with Slow-release Fertilizers

#### Summary

Slow-release nitrogen fertilizers are increasingly used in lawn fertilization. Among the most significant of these are the so-called urea-aldehyde condensates such as isobutylidenediurea (IBDU). In this connection we want to point out the following:

1. Their low water solubility, delayed onset of activity, prolonged effectiveness, lower salt content, better plant tolerance, and a more harmonious course of growth.

### Aspects de la fertilisation des pelouses avec des engrais à action lente

#### Résumé

Les engrais de synthèse à action lente et progressive se sont de plus en plus introduits dans la fertilisation des surfaces engazonnées. Les condensats dits aldehydiques-uréeiques, tel que par exemple l'isobutylidenediurée (IBDU) — commercialisée par la BASF sous le nom enregistré de Isodur — detiennent parmi ces engrais la majeure importance. Leurs avantages se résument comme suit:

\* Vortrag, gehalten vor der Deutschen Rasengesellschaft am 1. 9. 81 in Bonn.

2. Dem höheren Preis stehen einfachere und sicherere Handhabung, weniger Streuarbeit und somit verminderte Arbeitskosten, geringerer Wasserverbrauch und gleichmäßiger verteilte sowie verminderte Mäharbeit gegenüber.
3. Bei Anpassung der Düngungstermine an den natürlichen Wachstumsrhythmus kann mit 2-3 (anstelle von 4-7) Düngungen eine in Farbaspekt, Dichte und Zuwachsrate günstige Rasennarbe erzeugt werden.
4. Rasenkrankheiten werden durch zeitlich richtig gesteuerte Gaben an Harnstoff-Aldehyd-Kondensaten nicht gefördert.
5. Langzeitdünger auf rein organischer Basis sind temperatur-abhängiger und legen einen Teil ihres Stickstoffs mikrobiell fest. Sie fördern Rasenfäulnis mit Nachteilen auf Wasserhaushalt, Farbe und Narbeneigenschaften.

Wichtig für die optimale Anwendung unterschiedlicher Langzeitformen ist die Kenntnis ihrer Inhaltsstoffe und der Wirkungsmechanismen der Langzeitkomponenten. Dabei ist zu berücksichtigen:

1. Der ursprünglich in den USA für Ureaforme entwickelte Stickstoff-Aktivitätsindex (AI) als Labormethode für chemisch-physikalische Löslichkeitsdaten ist ein Maß für die potentielle Pflanzenverfügbarkeit des Dünger-Stickstoffs. Er soll bei Ureaformen mindestens bei 40 oder höher liegen. Isodur, als technisches Isobutylidenediurea, besitzt einen AI von annähernd 100.
2. Der Stickstoff-Ausnutzungsgrad ist ein im Pflanzenversuch ermitteltes Maß für den von den Pflanzen tatsächlich aufgenommenen Stickstoff und gibt somit Auskunft über dessen biologische Verwertung. Stickstoff in Isodur® wird zu 50-70% ausgenutzt, in Mischformen mit Harnstoff, Ammonium oder Nitrat auch mehr.
3. Isodur enthaltende Langzeitdünger und -kombinationen (z. B. Floranid®, Rasen-Floranid®, Nitrophoska® permanent) sind hoch pflanzenverfügbar, werden gut ausgenutzt, fördern die Wurzellänge und -masse. Rasenfäulnis wird vermindert. Schon mit niedrigen und mittleren Stickstoffgaben werden günstige Wirkungen auf Farbaspekt und Zuwachsraten erzielt.
4. Von großem Einfluß auf die Freisetzung von pflanzenaufnehmbarem Stickstoff aus Langzeitdüngern sind Feuchtigkeit, Wärme, pH-Wert und Nährstoffspiegel des Bodens sowie die Korngröße der Dünger.

2. The higher price is justified by simpler and safer handling, fewer spreading operations and thus lower labour costs, less water consumption, and more regular as well as reduced mowing.
3. By adapting the timing of fertilization to the natural growth rhythm, we can produce with 2-3 (instead of 4-7) fertilizations a sward with a favourable colour aspect, density, and rate of development.
4. Correctly timed applications of urea-aldehyde condensates do not promote lawn diseases.
5. Slow-release fertilizers on a purely organic basis are more temperature dependent and fix part of their nitrogen microbially. They promote lawn thatch, with disadvantages to water supply, colouring and properties of the sward.

For an optimal application of different types of slow-release fertilizers, it is important to know their ingredients and the mode of action of the long-term components. The following facts have to be taken into consideration:

1. The Nitrogen Activity Index (AI), originally developed in the U.S. for ureaform, as a laboratory method for chemical-physical solubility data is a measure of the potential availability of the fertilizer nitrogen to plants. In ureaforms it should amount to at least 40 or more. Isodur, as technical isobutylidenediurea, has an AI of nearly 100.
2. The degree of nitrogen utilization is an index that has been determined in plant trials; it indicates the amount of nitrogen that is actually taken up by the plants. Thus it gives information about its biological utilization. Nitrogen in Isodur® is utilized to 50-70% or even more in combinations with urea, ammonium or nitrate.
3. Slow-release fertilizers and combinations containing Isodur (e. g. Floranid®, Rasen-Floranid®, Nitrophoska® permanent) are highly available to plants, are well utilized, and promote length and mass of the roots. Thatch is reduced. Even low and medium rates of nitrogen have a favourable influence on the colour aspect and rate of development.
4. The release of plant-available nitrogen from long-term fertilizers is greatly influenced by moisture, warmth, pH and nutrient level of the soil, as well as the granule size of the fertilizers.

1. leur faible solubilité à l'eau, leur action de départ progressive, leur durée d'action prolongée; par leur teneur relativement faible en sel ils sont mieux tolérés par les plantes et contribuent à un cours de croissance mieux équilibré.
2. Face au prix légèrement plus élevés de ces produits il y a les avantages d'une manipulation plus facile et plus sûre; les passages nécessaires étant moins fréquents les coûts de travail baissent; les fauches sont également mieux réparées et la consommation en eau est réduite.
3. En adaptant les dates d'épandage au rythme naturel de croissance des pelouses l'on est en mesure d'obtenir avec 2 à 3 passages au lieu de 4 à 7 un gazon de couleur, de densité et de croissance optimales.
4. Appliqués aux époques bien choisies ces condensats n'augmentent pas les risques aux maladies.
5. Les engrais à longue durée d'origine purement organique agissent par contre beaucoup plus en fonction de la température; en plus une partie de leur azote est fixée par voie microbienne. Ils favorisent également le feutrage superficiel des pelouses avec tous les inconvénients que celui-ci entraîne pour le bilan en eau, la couleur et les propriétés de la couche gazonnante.

Pour une application optimale des différentes formulations à longue durée il est important de connaître leur composition et les mécanismes d'action de leur composants.

1. L'indice d'activité azotée (AI) développé à l'origine pour les Urea-formes aux Etats Unis dans le but de caractériser leur solubilité physico-chimique en laboratoire correspond bien à la quantité potentielle en azote assimilable par les plantes. Il devra être supérieur à 40 pour les Urea-formes. L'Isodur en tant que Isobutylidenediurea technique détient un indice AI se situant autour de 100.
2. Le degré d'utilisation est un paramètre déterminé par l'expérimentation culturale et correspond donc à la quantité d'azote réellement absorbée par les plantes et par conséquent à son utilisation biologique. L'azote contenu dans l'Isodur est utilisé par les végétaux à 50% à 70% et même plus dans les formulations mixtes dosant soit de l'urée, soit de l'ammonium ou du nitrate.
3. Les engrais à action de longue durée ainsi que les formulations mixtes contenant de l'Isodur (p. e. Floranid, Rasen-Floranid, Nitrophoska permanent) sont à un haut degré utilisables par les plantes, favorisent développement racinaire et diminuent le feutrage superficiel. Des quantités faibles à moyennes suffisent pour obtenir un bon effet sur la couleur et les taux de croissance des pelouses.
4. L'humidité, la température, le pH et le niveau nutritif des sols ainsi que le diamètre des particules d'engrais détiennent une grande influence sur la minéralisation de l'azote contenu dans les engrais à action lente et progressive.

## Einleitung

Über die Ernährung der Rasen in den Pflanzengesellschaften des Rasens wurde in den beiden letzten Jahrzehnten in Europa und Überseeeländern, insbesondere auf dem nordamerikanischen Kontinent, intensiv gearbeitet. So konnte die herausragende Rolle des Hauptnährstoffs Stickstoff für die Rasendüngung mit Einfluß auf das Wachstum von Sproß und Wurzeln, auf die Narbendichte, die Farbe, die Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, auf Hitze-, Kälte- und Trockenheitsresistenz, die Regenerationsfähigkeit und die artenmäßige Zusammensetzung des Rasens bestätigt werden. Auch Wirkungen auf Feuchtezustand, Pflanzeninhaltsstoffe und schließlich Filzbildung des Rasens wurden festgestellt.

Besondere Beachtung wurde sowohl unter arbeitstechnischen als auch pflanzenbaulichen Aspekten den sog. Langzeitdüngern bei der Rasendüngung geschenkt. Hierbei kommt der Langzeitwirkung des Stickstoffs, d. h. der langsamen dosierten Freisetzung über mehrere Wochen, große Bedeutung zu. Stickstoff in leichtlöslicher Form wird sehr schnell von den Gräsern aufgenommen und verbraucht, wobei oftmals unerwünschtes Blattlängenwachstum und schnelle Zunahme der Filzschicht die Folge sind. So kann der Rasen aus der Wohlversorgung sehr schnell in eine Mangelsituation kommen.

## Eigenschaften von Langzeitdüngern

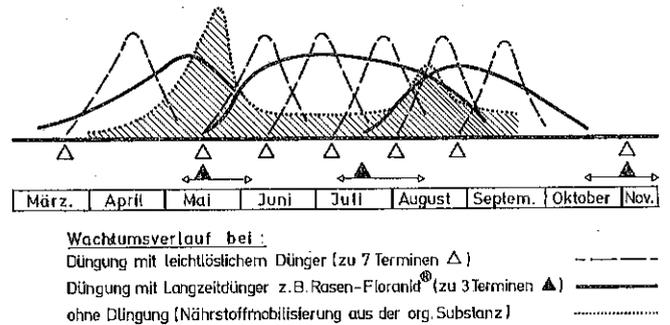
Langzeit-Stickstoffdünger haben nur eine geringe Wasserlöslichkeit und geben ihren Stickstoff deshalb nicht so spontan und in kurzer Frist in die Bodenlösung ab. Sie müssen sich nach der Applikation im Boden erst 'entwickeln'. Hierzu ist in den allermeisten Fällen Wasser als Wirkungsagens erforderlich, und sei es nur der Tau in den Nacht- und Morgenstunden. Zusätzlich werden die Umwandlungs- oder Entwicklungsvorgänge auch durch Wärme eingeleitet oder gefördert. Einige Langzeitdünger sind auch von pH-Einflüssen mehr oder weniger abhängig. Bei einigen Langzeitdüngerformen sind mikrobielle Vorgänge an der Mineralisierung und damit Nährstoffmobilisierung maßgeblich beteiligt.

Mit zeitlicher Verschiebung bzw. kontinuierlicher Anlieferung des Stickstoffs an die Rasenblätter wird die Verwertungsperiode verlängert. Hieraus ergeben sich wichtige Konsequenzen:

1. Die Zahl der Düngergaben läßt sich bei Langzeitdüngern einschränken (Arbeitsersparnis), da die einzelnen Gaben ohne Nachteil höher zu dosieren sind.
2. Die meisten Langzeitdünger haben aufgrund ihrer geringeren Wasserlöslichkeit auch eine höhere Pflanzenverträglichkeit. Die Gefahr von Blattverätzungen ('Verbrennungen') und somit Anwendungsfehlern wird vermindert. Sicherlich ist bei milder, aber feuchter Witterung dieser Vorteil gegenüber leichtlöslichen 'Kurzzeit'-düngern nicht immer nachweisbar, insbesondere bei geringen Gaben. Doch kann er bei Hitze und Trockenheit besonders deutlich werden, wie auch E. A. Hemmersbach (6, 7) berichtet. Neuansaat waren hiernach empfindlicher gegenüber der Einwirkung von Mineraldüngern.
3. Die verlangsamte Stickstoff-Anlieferung führt zu einer niedrigeren aktuellen Stickstoff-Konzentration in der Bodenlösung. Dadurch wird die Wachstumskurve (Darstellung 1) ausgeglichener und zeigt geringeres Stoßwachstum. Auch diese Beobachtung muß rela-

Darstellung 1.

## Aufwuchs von Rasen in Abhängigkeit vom Düngungssystem



tiviert werden, wie neuere Vergleichsversuche zwischen Ammonsulfat und <sup>15</sup>N-Isodüngern von A. R. Woolhouse/Bingley (23) erkennen lassen: Wurde nämlich die Frühjahrsdüngung zu Beginn des natürlichen Wachstumsschubs gegeben, so wurde über erhöhtes Nährstoff-Angebot das Frühjahrs-Stoßwachstum (Wachstumsspeak) verstärkt. Dies war bei A. R. Woolhouse im Versuchsjahr 1979 der Fall. 1980 konnte hingegen ein sehr ausgeglichenes Wachstum beobachtet werden, nachdem die Frühjahrsdüngung erst in den schon im Abklingen begriffenen natürlichen Wachstumsschub verabreicht worden war.

4. Manche Autoren haben aus der gleichmäßigeren Stickstoff-Anlieferung aus Langzeitdüngern auch einen geringeren Wasserverbrauch abgeleitet. Dies ist verständlich, da einerseits bei Kurzzeitdüngern eine zeitweise Maximalernährung nicht zu vermeiden ist und dann viel Pflanzenmasse produziert wird, die notwendigerweise mehr Wasser transpiriert. Andererseits führt das Tal des Nährstoffangebotes, das bei Kurzzeitdüngern leicht entstehen kann, vielfach zu geringerer Narbendichte, wodurch Evaporationsverluste an Wasser über den offenen Böden eintreten können. Bei Langzeitdüngern werden solche Extreme ausgeglichen. Daß dieser Zusammenhang nicht für alle Langzeitdünger zutreffend ist, läßt sich anhand der Versuche von E. A. Hemmersbach (6, 7) beobachten. Außerdem werden bei exakter Versuchsdurchführung manche Fehler nicht entstehen, die sich in der Praxis oft nicht vermeiden lassen.
5. Der langsamere Stickstofffluß aus Langzeitdüngern vermindert die Gefahr von Einwaschungsverlusten; J. B. Beard (2), J. Jung (8), J. Jung und J. Dressel (9, 10), S. Jürgens-Gschwind (11), M. Prasad (14).
6. Schließlich ist infolge der langsameren Löslichkeit der Langzeitdünger die Salzkonzentration geringer (8, 9, 11) was auf salzbelasteten Standorten sowie bei Trockenheit und Hitze zu besserer Pflanzenverträglichkeit führt (6, 7).
7. Negative Einflüsse, wie Förderung von Rasenfilz oder Versauerung konnten für wichtige Langzeitdünger auf organisch-synthetischer Grundlage nicht festgestellt werden (W. v. Opitz, 13), doch sind diese nicht grundsätzlich zu verneinen. Bei schwefeluhülltem Harnstoff fand z. B. F. Riem Vis (15) über eine deutliche Versauerung, daß Agrostis gefördert,

Lolium perenne und Poa trivialis zurückgedrängt und der Befall mit Schneeschimmel indirekt gefördert wurden.

### Arten von Langzeitdüngern

Man unterscheidet:

1. Natürlich-organische Stickstoff-Träger.  
Stallmist- oder Gründüngung sind bei der Rasendüngung sicherlich nur in getrockneter, aufbereiteter Form und mit Einschränkung anwendbar. Klärschlämme, Horn- und Hufmehle, Blut- und Ledermehle, Abfälle aus der Öl- und Futtermittelproduktion haben im Vergleich zu organisch-synthetischen Langzeitdüngern zum Teil gute, zum Teil aber extrem schlechte Brauchbarkeit (6, 7).  
Charakteristisch für diese Gruppe ist wohl, daß ihre Stickstoff-Anlieferung in kühlerer Jahreszeit zu langsam erfolgt, da die Stickstoff-Freisetzung stark abhängig ist vom Mikroorganismenleben und dem Witterungsverlauf. Bei Temperaturen unter 13° C ist der Stickstofffluß infolge Untätigkeit der Mikroorganismen stark limitiert, es geschieht nichts. Andererseits kann die Stickstoff-Mineralisierung bei guten Entwicklungsbedingungen für Bakterien besonders stürmisch verlaufen. Außerdem wird auf sauren Böden die Stickstoff-Freisetzung aus diesen Düngern gefördert (2). Nicht zuletzt verbrauchen die Mikroben für ihre Aufschleußungsarbeit einen erheblichen Stickstoff-Anteil beim Aufbau ihrer eigenen Körpersubstanz; denn das N:C-Verhältnis in Organodüngern ist weit (3), das dieser Bodenlebewesen aber mit 1:5 sehr eng, (Mengel, 12). Organodünger legen also zu Entwicklungsbeginn Stickstoff fest.  
Das an der Bodenoberfläche aus Organodüngern angereicherte organische Material erhöht außerdem bei Rasen die Gefahr von Pilzinfektionen und kann zu starkem Besatz mit Maulwürfen führen; auf belasteten Flächen verschlechtert es außerdem Wasserableitung und Gasaustausch erheblich.
2. Schwerlösliche anorganische Verbindungen.  
Aluminium-Nitrid oder gekörnte (Erdalkali-)Metall-Ammoniumphosphate sind für die Rasendüngung von geringer Bedeutung (S. Jürgens-Gschwind, 11).
3. Synthetische mineralische Substanzen.  
Deren Stickstoff ist an Trägersubstanzen (Lignin, Kohle, Vermiculite, Ionenaustauscher) gebunden.
4. Umhüllte synthetische mineralische Substanzen.  
Sie werden nach der Granulierung mit Kunststoff oder Schwefel beschichtet oder umhüllt. Wichtig für die Langzeitwirksamkeit der Gruppe mit Kunststoff ist eine genügend 'dicke' Hüllschicht. Ist die Kunststoffhülle zu sparsam (dünn) ausgebildet, ist der Durchtritt der eingeschlossenen wasserlöslichen Nährstoffe beschleunigt. Solche Hüllen sind auch empfindlicher gegenüber mechanischen Verletzungen.  
Schwefelhüllen sind in der Langzeitwirksamkeit ebenfalls von ihrer Gleichmäßigkeit und Dicke abhängig. Für ihren langsamen Abbau bzw. den Durchtritt der Nährstoffe aus dem Düngerkern ist genug Feuchtigkeit und meist auch Wärme erforderlich, sonst liegen die Düngerkörner auf der Rasenarbe und bilden Ätzhöfe um die Granalien. Bei der Umwandlung der Schwefelhülle werden saure Produkte gebildet (Sulfite, Sulfate). Sie haben Nebenwirkungen negativer Art, wie Versauerung, partielle Ättschäden, Förderung des Rasenfilzes über Bestandesveränderung in Richtung Festuca-Arten bzw. Agrostis tenuis sowie die indirekte Förderung des Befalls mit Fusarium nivale (15).

5. Synthetisch-organische Substanzen mit geringer Wasserlöslichkeit.

- 5.1 Ureaforme (UF)
- 5.2 Isobutyridendiurea (IBDU, z. B. Isodur®)
- 5.3 Crotonylidendiurea (CDU, z. B. CrotoDur®)

### Ausgewählte synthetisch-organische Stickstoff-Langzeitformen

Ureaform (Harnstoff-Formaldehyd) ist die älteste synthetisch-organische Stickstoff-Verbindung. In Deutschland gab es bereits 1924 ein Herstellpatent hierfür (BASF). Da Stickstoff-Verfügbarkeit und Stickstoff-Ausnutzungsgrad in den Ureaformen sehr unterschiedlich, ja geradezu unbefriedigend sein können, wurden diese Substanzen zunächst gar nicht zur Düngung im allgemeinen und zur Rasendüngung im besonderen herangezogen, sondern nach anderen Verbindungen gesucht (s. 5.2 und 5.3).

Die Ureaforme unterscheiden sich je nach Wahl der Herstellbedingungen (pH, Temperatur, Molverhältnis und Reaktionszeit) in der Art der Kettenlänge ihrer Kondensationsprodukte. Es entstehen stets Gemische aus kurzkettigem Monomethylol-Harnstoff, mittellangkettigem Methylen-Diharnstoff und Dimethylen-Triharnstoff sowie langkettigem Trimethylen-Tetraharnstoff und höhere.

Die letztgenannten Verbindungen entstehen infolge immer stärkerer Kondensation unter Wasser-Austritt. Bei der Anwendung der Ureaforme als Langzeitdünger wird in einem Mineralisierungsprozeß dieses Wasser wieder aufgenommen (Hydrolyse). Ist der Kondensationsgrad sehr hoch, dann ist dieser Teil der Ureaforme dem Zugriff der Pflanzen praktisch entzogen; die Mineralisierungsrate dieses heißwasserunlöslichen Ureaform-Teiles wird mit 1–1,5% p. a. eingeschätzt. Theoretisch müßte man 7–100 Jahre auf seine vollständige Mineralisierung warten.

Im Gefäßversuch schneiden bekanntlich wegen begrenztem Volumen, intensiver Durchwurzelung und optimaler Befeuchtung schlecht wirksame Nährstoffformen günstiger ab als in der Praxis im Freiland. Trotzdem zeigt diese Fraktion der Ureaforme nur eine Ausnutzung von 3–4% im Jahr (O. Siegel, 17).

Aufgrund des unterschiedlichen Chemismus und der daraus resultierenden Langzeit-Düngereigenschaften wurde in den USA speziell für Ureaforme eine Bewertungsmethode geschaffen (AOAC – Official Methods of Analysis, 1; J. B. Beard, 2). Diese besteht in der Bestimmung des Aktivitätsindex (= AI) der enthaltenen Stickstoff-Verbindungen. Dabei legt man die unterschiedlichen Löslichkeitsverhältnisse der verschiedenen langen Ureaform-Ketten zugrunde (11) und unterscheidet die Löslichkeitsfraktionen I, II, III:

Fraktion I (kaltwasserlöslich) 25° C

umfaßt Harnstoff, Monomethylharnstoff und z. B. Methylen-diharnstoff;

in Kurzzeitdüngern und in Mischungen aus Kurz- und Langzeitdüngern erscheinen hier auch ggf. Ammonium- und Nitrat-Stickstoff.

Fraktion II (kaltwasserunlöslich, jedoch heißwasserlöslich) 100° C

umfaßt Methylenharnstoffe mittlerer Kettenlänge

Fraktion III (kalt- und heißwasserunlöslich)

umfaßt langkettige Methylenharnstoffe

® = reg. Warenzeichen BASF

Hieraus ergibt sich die Beziehung für den Aktivitätsindex:

$$AI = \frac{(\% N \text{ kaltwasserunlöslich} - \% \text{ heißwasserunlöslich})}{\% N \text{ kaltwasserunlöslich}} \times 100$$

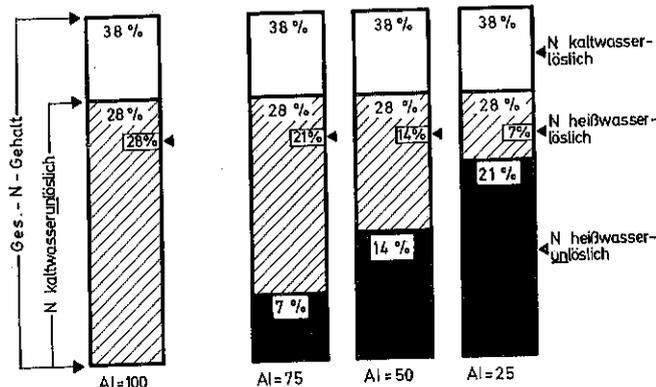
Der Aktivitätsindex (AI) ist also der Prozentgehalt an kaltwasserunlöslichem Stickstoff minus heißwasserunlöslichem Stickstoff, der in der kaltwasserunlöslichen Fraktion von Ureaformen enthalten ist. Er zeigt die Rate an, zu welcher der kaltwasserunlösliche Stickstoff im Boden zu pflanzenaufnehmbaren Stickstoff-Formen umgewandelt werden kann (J. B. Beard, 2). Der AI ist somit ein Maß für die Pflanzenverfügbarkeit und wird im Labor festgestellt. Befriedigende Ureaform-Langzeitdünger sollen einen AI von mindestens 40 besitzen, vorzugsweise einen höheren (J. B. Beard, 2).

Die Beziehungen verschiedener Stickstofflöslichkeiten von Ureaform-Düngern und dem AI veranschaulicht eine Darstellung nach DuPont de Nemours & Co. Inc. (Darstellung 2). Die Stickstoff-Löslichkeiten einiger zur Rasendüngung verwendeten Formeln zeigen Laboruntersuchungen; die darin enthaltenen AI sind errechnet (Darstellung 3).

Darstellung 2:

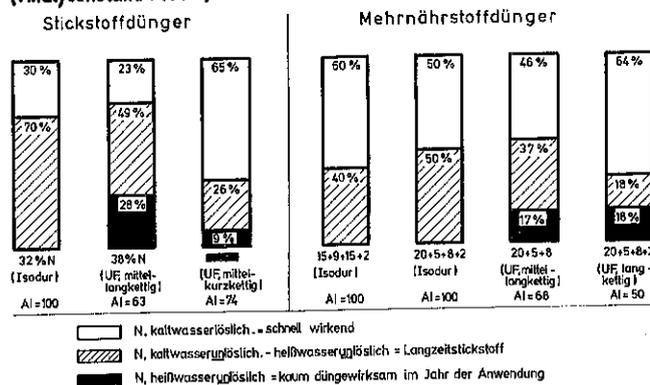
### Beziehung zwischen der N-Löslichkeit von Ureaformdüngern und deren Aktivitätsindex (AI)

(nach DuPont de Nemours & Co. Inc.)



Darstellung 3:

### STICKSTOFF-LÖSLICHKEITEN verschiedener Langzeitdünger (Analysestand: 1980)



Der AI als Maß für die Pflanzenverfügbarkeit des Langzeit-Stickstoffs in Ureaformen stellt den potentiell pflanzenverfügbaren Stickstoff dar. Was die Pflanze aus diesem Potential wirklich entzieht, also ausnutzt, nennt man die Ausnutzung. Die Ausnutzung in % der Gesamt-

gabe ist der Ausnutzungsgrad. Er liegt bei einigen Ureaformen bei nur 30%; bei anderen soll er die Größenordnung von gut ausnutzbaren Mineraldüngern erreichen. Unglücklicherweise ist beim Übertragen aus der englischen Literatur gelegentlich der Begriff 'availability' (Pflanzenverfügbarkeit) mit Ausnutzungsgrad falsch übersetzt worden. Der Wert für den Ausnutzungsgrad ist in praxi allermeist kleiner als der Wert für die Pflanzenverfügbarkeit.

Der Ausnutzungsgrad kann nach der Begriffsdefinition bei Finck (5) verschieden bestimmt werden. Dabei wird im engeren Sinne auf die Wachstumsperiode der gedüngten Pflanzen, d. h. auf 1 Jahr zurückgegriffen. Im weiteren Sinne können Nachwirkungen über mehrere Jahre erfaßt werden.

#### A. Differenzmethode

Die Differenz der Nährstoffaufnahme von gedüngten und ungedüngten Pflanzen (aus einem Düngungsversuch) wird ermittelt und mit der Düngermenge in Beziehung gesetzt. Hieraus ergibt sich:

$$\text{Ausnutzungsgrad (in \%)} = \frac{\text{Gesamtentzug} - \text{Entzug aus Bodenvorrat}}{\text{Nährstoffmenge des Düngers}} \times 100$$

#### B. Scheinbare Ausnutzung

$$\text{Scheinbare Ausnutzung (in \%)} = \frac{\text{Entzogene Nährstoffmenge}}{\text{Gedüngte Nährstoffmenge}} \times 100$$

Die scheinbare Stickstoff-Ausnutzung aus Düngemitteln überblickt die Ausnutzung von den Pflanzen aus dem Bodenvorrat aufgenommenen Stickstoff. Deshalb muß die scheinbare Stickstoff-Ausnutzung beinahe zwangsläufig höher liegen als die mittels Differenzmethode ermittelte reale Stickstoff-Ausnutzung. Zum Beispiel steht auf einem mit Stickstoff gut versorgten Boden mit etwa 4000 kg/ha N im 10 cm-Horizont den Pflanzen mehr an Stickstoff zur Verfügung als im zu prüfenden Dünger zugeführt wird. Somit ist die Methode der scheinbaren Ausnutzung für die objektive Beurteilung eines Düngemittels ungeeignet. Sie gibt den echten Düngewert des Stickstoffs nicht wieder.

#### C. Isotopenmethoden

##### Eigenschaften von Ureaform-Langzeitdüngern

Für Ureaformen werden nach J. B. Beard (2) folgende Langzeit-Eigenschaften herausgestellt:

1. Ähnlichkeit mit natürlich-organischen Düngern
2. Mittlere Anfangsverfügbarkeit, schneller als bei Organo-Düngern, langsamer als bei mineralischen, insbesondere bei kalten Frühjahrsbodentemperaturen, Eigenschaften, die auch E. A. Hemmersbach (6, 7) herausgearbeitet hat.
3. Geringe Blattverätzungsgefahr
4. Mittlere bis niedrige Wasserlöslichkeit
5. Verminderte Einwaschungsverluste
6. Hohe Düngerkosten
7. Lange Nachwirkung (6-12 Wochen). Über längere Nachwirkungen wurde berichtet, wenn sehr hohe Aufwandmengen an Ureaformen gegeben wurden.
8. Die Stickstoff-Freisetzung (Mineralisation) hängt von der hydrolytischen Enzym-Aktivität der Bodenorganismen ab. Diese steht in Abhängigkeit von Bodentemperatur, pH-Wert, Nährstoffspiegel und Feuchtigkeit. Der Stickstoff-Fluß ist am schnellsten bei Bodentemperaturen von 32° C und ganz langsam unter 10° C. Die Freisetzungsrates ist außer-

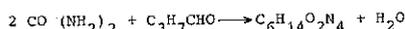
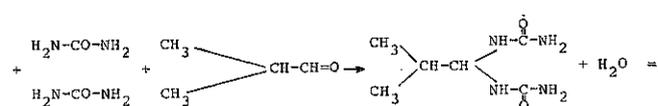
dem bei einem Boden-pH von 6,1 und der Anwesenheit von P und K erhöht.

Ein wirkungsvoller Nutzen von Ureaformen ist nach amerikanischen Autoren (2) vom Aufbau relativ großer Reserven von unlöslichem bzw. schwer löslichem Stickstoff im Boden abhängig. Eine einzelne Gabe von Ureaform selbst in hoher Rate reicht gewöhnlich nicht aus, um eine angemessene Rasenqualität während einer ganzen Wachstumsperiode zu erzielen. Über Ausnahmen wurde nur bei extrem hohen Ureaform-Gaben berichtet.

9. Der Ausnutzungsgrad von Ureaform-Langzeitdüngern liegt wesentlich niedriger als bei anderen im allgemeinen für die Rasendüngung benutzten Stickstoff-Trägern (2, 4, 8, 9, 11). Dies gilt im Prinzip auch für kurzkettige Ureaforme wie Monomethylharnstoff und Methylendiharnstoff mit kürzerer Wirkungsdauer (O. Siegel, 17).
10. Ureaform-Langzeitdünger entlassen den Stickstoff schneller, wenn sie feingemahlen sind, als in granulierter Form.
11. Beobachtungen auf Rasenkrankheiten ergaben in Limburgerhof auf Parzellen mit niedrigen Ureaform-Gaben einen früheren Befall mit *Corticium fuciforme*; auch die Befallstärke war erhöht.

#### Isobutylidendiurea

Diese organisch-synthetische Stickstoff-Form ist ein Kondensationsprodukt aus Harnstoff und Isobutyraldehyd (9, 11).



Das heißt: 2 Moleküle Harnstoff reagieren mit einem Molekül Isobutyraldehyd und ergeben ein Molekül Isobutylidendiurea unter Austritt eines Moleküls Wasser.

Isobutylidendiurea (IBDU) \*\* ist eine zum Unterschied zu den Ureaformen homogene Substanz. Die Verbindung ist praktisch voll heißwasserlöslich. Bis auf Spuren sind keine heißwasserunlöslichen Anteile enthalten. Daher ergibt sich für Isodur ein AI von 99. Dies signalisiert eine Pflanzenverfügbarkeit von praktisch 100%. Der Stickstoff-Ausnutzungsgrad wurde in Pflanzenversuchen für das unverschnittene Isodur mit 50–70% festgestellt. Zum Vergleich hat Stickstoff in organischen Düngern einen Stickstoff-Ausnutzungsgrad von 20–30%, mineralische Dünger einen solchen von 40–80%, oft einen von 50–60% (Finck, 5; Scheffer, 16).

Das von der BASF hergestellte IBDU (Marke Isodur) enthält herstellungsbedingt neben Isobutylidendiurea geringe Anteile an ureasespaltbaren Verbindungen. Es könnte unmittelbar zur Rasendüngung benutzt werden.

In Deutschland wird Isodur in reiner Form nicht oder kaum angewandt. Vielmehr werden durch Hinzufügen handelsüblicher Stickstoff-Formen Rasendünger mit unterschiedlichen Anteilen von kaltwasserlöslichem Stickstoff hergestellt. Gleichgültig aber, ob mehr oder weniger kaltwasserlöslicher (organisch-synthetischer oder mineralischer Stickstoff) zu Isodur hinzugemischt wird, bleibt der Aktivitätsindex mit annähernd 100 so hoch, wie der der reinen Langzeitkomponente. Der Ausnutzungsgrad kann infolge kaltwasserlöslicher Stickstoff-Anteile sich noch etwas erhöhen oder sich dem unter gegebenen Bedingungen erreichbaren Höchstwert nähern.

Gelegentlich werden die Eigenschaften und Wirkungen des Isodur-Stickstoffs mit denen von fertigen Rasendüngern gleichgesetzt. Daß dies nicht zulässig ist, geht, experimentell belegt, aus mehrfaktoriellen Versuchen von W. Opitz von Boberfeld (13) hervor.

#### Eigenschaften von Isodur-Langzeitdüngern

In Deutschland sind folgende Isodur-haltige Dünger auf dem Markt: Floranid®, Rasen-Floranid® mit und ohne Unkrautvernichter, Nitrophoska® permanent (vgl. auch Darstellungen 3–6).

Für diese Isodur-haltigen Dünger wurden in Abhängigkeit von der Höhe ihres Gehaltes an IBDU als der eigentlichen Langzeit-Stickstoff-Komponente folgende Eigenschaften bei der Rasendüngung beobachtet.

1. **Verzögerte Anfangsverfügbarkeit** gegenüber reinen Mineraldüngern. Rasen-Floranid, das je ca. 50% des Gesamtstickstoffs als Langzeit-Stickstoff und als mineralischen Stickstoff enthält, besitzt somit Stickstoffkomponenten sowohl mit schneller als auch mit verzögerter Anfangsverfügbarkeit. Auch für Isodur-haltige Dünger ist es günstig, die Düngungstermine dem Pflanzenwachstum und nach Möglichkeit den Witterungs- bzw. Klimabedingungen anzupassen (Wechselwirkung). So bei E. A. Hemmersbach, wo die Herbstgabe schon im Oktober, die Frühjahrsgabe aber erst im Juni bei beginnender Sommertrockenheit gegeben wurde. W. Opitz von Boberfeld berichtet für Isodur-haltige Langzeitdünger im Vergleich zu Mineraldüngern und gesichert gegenüber Ureaform-Düngern sowohl von hohen monatlichen Zuwachsraten als auch von guter bis bester Narbendichte und Farbe in Frühjahren nach November-Düngung bereits in den beiden ersten von vier Versuchsjahren (6, 7, 13, 23).
2. Die **Wachstumskurve** ist bei angepaßter Düngungstechnik ausgeglichen. Dies geht bereits aus einem Grundlagenversuch von E. Kick, dargestellt von D. Wagner (bei S. Jürgens-Gschwind) hervor (6, 7, 11, 13, 21–23).
3. Die **Wirkung** von Isodur-haltigen Düngern ist auch in mehrjährigen Versuchen zuverlässig günstiger als die von reinen Mineraldüngern. Gegenüber anderen Langzeitformen bestehen in Abhängigkeit von Versuchsort und Versuchsbedingungen, insbesondere von Boden, Klima und Jahres-Witterungsverlauf sowie auch den Rasengräserarten zum Teil ausgeprägte Unterschiede (6, 7, 13, 21, 22).
4. **Farbaspekte** (Darstellungen 4 und 5), Wachstumskurven und Zuwachs erwiesen sich in mehrjährigen Versuchen deutlich vorteilhaft. Diese günstige Wirkung der Isodur-haltigen Dünger war sowohl auf niedrigem (6 und 9 g/m<sup>2</sup>N) bis mittlerem (12, 15, 18 g) als auch auf höherem Düngungsniveau (20, 24 g) festzustellen. Auf diese Weise können auch mit relativ geringem Mittelaufwand die Wirkungen von Langzeitdüngern genutzt und mit Isodur-Düngern gut aussehende Rasennarben erzeugt werden (6–7, 13, 21–22).
5. Die **Narbendichte** wird von Isodur-haltigen Einzel- und Mehrnährstoff-Düngern günstig beeinflusst. W. v. Opitz stellte dies für 1976 und 1977 im Unterschied sowohl gegenüber Mineraldüngern als auch Ureaform fest. Dabei war der Unterschied besonders deutlich im Frühjahr und Sommer, nicht dagegen im Herbst (Mineralisation von organischem Boden-Stickstoff) wohl aber wieder im Winter und zwar dann nur gegenüber Ureaform (13).
6. Die **Pflanzenverträglichkeit** Isodur-

haltiger Rasendünger ist hoch, die Ätzgefahr gering  
(11).

**Darstellung 4**

WIRKUNG VON LANGZEITDÜNGERN MIT ISODUR<sup>(R)</sup>- UND UREAFORM-N AUF DEN FARBASPEKT VON GEBRAUCHSRASEN  
BEI NIEDRIGEM BIS MITTLEREM N-DÜNGUNGSNIVEAU VON 6 - 9 - 12 g/m<sup>2</sup> N (GEMITTELT 9 g/m<sup>2</sup> N)

ART DER DÜNGUNG	1976	1977	1978	1979	1980	Ø
KONTROLLE	2,2	1,0	1,4	1,1	1,0	1,3
ISODUR-DÜNGER (FLORANID <sup>(R)</sup> )	6,1	6,1	6,3	4,6	5,4	5,7
UREAFORM-DÜNGER	4,8	4,2	4,7	3,2	3,0	4,0
15 + 9 + 15 + 2 (MIT 40 % ISODUR-N)	5,4	5,3	5,6	5,4	4,8	5,3

1 = HELLGELBGRÜN 9 = DUNKELGRÜN

NACH H. WILL, 1976 - 1980

5JÄHRIGER RASEN-DÜNGUNGSVERSUCH LIMBURGERHOF, BODEN: HS, PH 6,8, 70 MG P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 24 K<sub>2</sub>O, 13 MG Mg JE 100 G

GRÄSERMISCHUNG BEI ANSAAT, 1968: 40 % POA PROTENSIS 'MERION',  
100 g/m<sup>2</sup> ALS 'GRANUSAAT' 25 % FESTUCA RUBRA COMMUTATA 'GOLFROOD'  
10 % AGROSTIS TENNIS 'HOLFIOR'  
25 % FESTUCA DURIUSCULA

**Darstellung 5**

WIRKUNG VON LANGZEITDÜNGERN MIT ISODUR<sup>(R)</sup>- UND UREAFORM-N AUF DEN FARBASPEKT BEI MITTLEREM  
BIS HOHEM N-DÜNGUNGSNIVEAU VON 15 - 24 g/m<sup>2</sup> N (GEMITTELT 20 g/m<sup>2</sup> N)

ART DER DÜNGUNG	ZAHL DER GABEN	FARB-BONITIERUNGEN							
		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	Ø
KONTROLLE	0	2	2	2	3	4	2	1	2,3
ISODUR-DÜNGER (FLORANID <sup>(R)</sup> )	2	8	8	7	8	8	8	6	7,5
UREAFORM-DÜNGER	2	6	6	6	6	6	6	5	5,8
DÜNGUNGSHÖHE IN g/m <sup>2</sup> N		24	24	18	15	18	20	20	20

1 = HELLGELBGRÜN 9 = DUNKELGRÜN

NACH H. WILL 1974 - 76 UND 1977 - 80

RASEN-DÜNGUNGSVERSUCHE LIMBURGERHOF, BODEN (1979): HS, PH 6,6, 41 MG P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 8 MG K<sub>2</sub>O, 13 MG Mg/100 G

GRÄSERMISCHUNG BEI ANSAAT, 1971: 40 % POA PRATENSIS, 25 % FESTUCA RUBRA COMMUTATA,  
25 % FESTUCA DURIUSCULA, 10 % AGROSTIS TENUIS

BEI NEUSAAT, 1977: 60 % POA PRATENSIS (3 SORTEN), 15 % FESTUCA RUBRA COMMUTATA,  
15 % FESTUCA RUBRA RUBRA

WIRKUNG VON LANGZEITDÜNGERN MIT ISODUR<sup>(R)</sup>- UND UREAFORM-N AUF DEN RASEN-ZUWACHS BEI MITTLEREM  
BIS HOHEM DÜNGUNGSNIVEAU VON 15 - 24 G/M<sup>2</sup> N (GEMITTELT 20 G/M<sup>2</sup> N)

ART DER DÜNGUNG	ZAHL DER DÜNGUNGEN	ZUWACHS IN CM (ÜBER 3,5 CM)							
		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	Ø
KONTROLLE	0	0,3	0,1	0,0	0,8	0,3	-0,3	-0,3	0,14
ISODUR-DÜNGER (FLORANID <sup>(R)</sup> )	2	2,3	2,1	1,3	1,9	1,5	0,9	0,9	1,56
UREAFORM-DÜNGER	2	1,4	1,2	1,1	1,3	0,9	0,4	0,4	0,96
DÜNGUNGSHÖHE IN G/M <sup>2</sup> N		24	24	18	15	18	20	20	20

ZUWACHS-OPTIMUM: ZWISCHEN + 1,0 / + 2,5

NACH H. WILL 1974 - 76 UND 1977 - 80

RASEN-DÜNGUNGSVERSUCHE LIMBURGERHOF, BODEN (1979): HS, PH 6,6, 41 MG P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 8 MG K<sub>2</sub>O, 13 MG MG/100 G

GRÄSERMISCHUNG BEI ANSAAT, 1971: 40 % POA PRATENSIS, 25 % FESTUCA RUBRA COMMUTATA,  
25 % FESTUCA DURIUSCULA, 10 % AGROSTIS TENUIS

BEI NEUSAAT, 1977: 60 % POA PRATENSIS (3 SORTEN), 15 % FESTUCA RUBRA COMMUTATA,  
15 % FESTUCA RUBRA RUBRA

- Die Wasserlöslichkeit der Isobutyliden-diurea-Komponente ist bei 20° C mit nur 0,2-0,3 g/100 ml (= %) gering. Die Heißwasserlöslichkeit (= echter Langzeit-Stickstoff) bei 100° C ist nahezu 100 % (11).
- Verminderte Einwaschverluste, die in Abhängigkeit von gutem und dauerhaftem Dekungsgrad und entsprechender Durchwurzelung sowie von Mineralisierungsbedingungen zu sehen sind. Zu etwas anderen Ergebnissen gelangt W. Skirde in 3jährigen Kleinlysimeterversuchen mit eingefülltem Lößboden bzw. zu Bodenaufbauten (9-11, 14, 19).
- Förderung der Wurzellänge und der Wurzelmasse sowohl gegenüber Mineraldüngern als auch gegenüber Ureaform und Ureaform + Kalksalpeter als Startstickstoff (11).
- Höhere Düngerkosten als bei Mineraldüngern, was aber nach W. Opitz von Boberfeld auf relativ kleinen Flächen, z. B. Hausgärten vernachlässigt werden kann. W. Büring differenziert auch für das öffentliche Großgrün in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften, Witterungsverlauf, Arbeitsverfassung und Nutzung. Er beschreibt insbesondere auf weniger bindigen, schlechter gepufferten Böden bzw. zu Tragschichten entscheidende Vorteile für Langzeitdünger. Langzeitdünger sind demnach am besten dem durch den Witterungsverlauf gesteuerten Gräserwachstum angepaßt. Ebenso spricht Arbeitskräfte-Knappheit für Langzeitdünger, bei denen auch Streufehler weniger stark sichtbar werden. Auf stark genutzten bzw. strapazierten Rasen steigt die Zahl der Streugänge und damit als Gegengewicht der Wert der Langzeitdünger (3, 13). Wirtschaftlichkeitsvergleiche sind nur dann stichhaltig, wenn sie mit gleichen Stickstoff-Mengen angestellt werden. Ein Rechenbeispiel, bei dem die dreifache Stickstoff-Menge eines Düngers 15 + 9 + 15 + 2 mit der einfachen eines umhüllten Düngers preislich verglichen wird, ohne die zwangsläufig unterschiedliche Wirkung der Nährstoffmenge in Betracht zu ziehen, muß als reine Augenwischerei bewertet werden (20).
- Die Salzverträglichkeit ist bei allen Isodur-haltigen Düngern - auch bei 15 + 9 + 15 + 2 zu Neuansaten auf Sportplatzaufbauten nach DIN 18 035, Teil 4 - voll befriedigend, wie u. a. die vielfach geübten Praxisanwendungen beweisen (11).
- Die Nachwirkung ist länger als bei Mineraldüngern. Isodur-haltige Ein- und Mehrnährstoff-Dünger haben diese Eigenschaft in Relation zu ihren Prozent-Gehalten an Isodur-Stickstoff ausgeprägt (11, 23).
- Die Stickstoff-Freisetzung erfolgt bei ihnen über viele Wochen und hängt entschieden von der Bodenfeuchte ab. Weitere Einflußgrößen sind grundsätzlich auch Bodentemperaturen und pH-Wert. Im neutralen und - wie er für Rasengräser empfohlen wird - schwach sauren Bereich herrscht die mikrobielle Mineralisation vor; im stark sauren Bereich - der für Rasengräser optimal ist - tritt vornehmlich eine hydrolytische Spaltung ein. So ist grundsätzlich in allen rasen-relevanten pH-Bereichen für Isodur-Dünger der Stickstoff-Fluß zur günstigen Ernährung der Rasengräser gesichert (11).
- Die Stickstoff-Freisetzung ist vom Feinheitsgrad der Dünger abhängig; pulverförmige Dünger setzen sich schnell um, gekörnte (granulierte oder kompaktierte) wesentlich langsamer (11).

15. Die Ausnutzungsrates bei Isodur-Düngern ist hoch, so daß die Düngewirksamkeit nicht von kostenbelasteten sehr hohen Düngergaben abhängig ist. Eine lange Nachwirkung und die hohe Ausnutzung sind allein schon über die gebildeten Wurzelmassen und das freizusetzende Nährstoffkapital zu erwarten (11, 17).
16. Ein Einfluß auf die Bestands-Zusammensetzung ist nach W. v. Opitz bei Düngern mit hohem Anteil an Isodur-Stickstoff gegenüber Ammoniumsulfatpeter als Mineraldünger gesichert gegeben. Hiernach nahm der Deckungsgrad in % von *Poa pratensis* zu Gunsten von *Festuca*-Arten bei Isodur-Düngern weniger stark ab als bei Ureaform, wohingegen Rasen-Floranid mit ca. 50 % Isodur-Stickstoff-Anteil keine gesicherte Abnahme von *Poa pratensis* verursachte. So läßt sich die Bestandesdominanz der strapazierfähigen Gräserarten *Poa pratensis* und *Lolium perenne* bei Isodur-haltigen Rasen-Volldüngern günstig beeinflussen (3, 13).
17. Die Rasenfilz-Bildung wird durch Isodur nicht gefördert, ja sogar vermindert. Doch kommt es sehr auf den Standort an, ob und in welcher Stärke die Filzbildung überhaupt auftritt (W. v. Opitz, 13).

#### Crotonylidendiurea (CDU)

Diese organisch-synthetische Langzeitform ist im Gegensatz zu Isobutylidendiurea und Ureaformen eine Ringverbindung (6, 7, 11).

Crotonylidendiurea ist der Hauptbestandteil der technischen Verbindung Crotodur® und ist grundsätzlich für die Rasendüngung analog Isodur sehr gut geeignet. Sein Vorteil liegt in der größeren Unempfindlichkeit der hydrolytischen Spaltung auch in sehr sauren pH-Bereichen (6, 11).

Zur Zeit befindet sich der Vorrats-Volldünger Triabon® 16 + 8 + 12 + 4 auf Basis 70 % Crotodur-Stickstoff im Handel. Dieser wird bevorzugt als Substrat-Volldünger für alle pH-Bereiche und zur Düngung von Zierpflanzen einschließlich Containerkulturen, auch von Gehölzen sowie zur Jungpflanzenanzucht eingesetzt.

#### Literatur

1. AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC, 10. Ed., New York, 1968
2. BEARD, J. B., 1973, Turfgrass - science and culture, Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N. J.
3. BURING, W., in: W. SKIRDE, 1980, Erhaltung von Sportplätzen, Patzer, Berlin - Hannover

4. DAM KOFOED, A. und K. E. LARSEN, 1969, Experiments with Paraform, a slowly acting nitrogenous fertilizer, Tidsskrift for Planteavl, 73, 172-179.
5. FINCK, A., 1978, Dünger und Düngung, Verlag Chemie, Weinheim, New York.
6. HEMMERSBACH, E. A., 1980, Einfluß mehrjähriger Anwendung von Rasendüngern auf Gebrauchsrasen, Bericht über den III. Rasendüngungsversuch der Deutschen Rasengesellschaft.
7. HEMMERSBACH, E. A., 1980, Einfluß mehrjähriger Anwendung von Rasendüngern auf Gebrauchsrasen, Rasen-Turf-Gazon, 11., 22-31, 50-57, 73-84.
8. JUNG, J., Über langsamwirkende Stickstoffverbindungen, insbesondere Crotonylidendiurea, 1961, Z. für Pflanzenernähr., Düngung, Bodenkunde, 94 (139) Bd., H. 1, 39-47.
9. JUNG J. und J. DRESSEL, 1971, Isobutylidendiurea (IBH) als schwerlöslicher Stickstoffdünger, Landw. Forschung 26/I. Sonderh., 131-137.
10. JUNG J. und J. DRESSEL, 1974, Über das Auswaschverhalten verschiedener N-Formen im Lysimeterversuch, Z. Acker- und Pflanzenbau, 140, 1-10.
11. JÜRGENS-GSCHWIND, S., 1974, Langsamwirkende Stickstoffdünger - Ihre Eigenschaften und Vorteile, Mitteilungen für den Landbau 4/74, 1-67.
12. MENGEL, K., 1972, Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze, 4. Auflage, Gustav Fischer, Stuttgart u. Jena.
13. OPITZ VON BOBERFELD, W., 1980, Zur Wirkung verschiedener Harnstoff-Aldehyd-Kondensations-Produkte in Abhängigkeit vom N-Aufwand auf Gebrauchsrasen, Rasen-Turf-Gazon, 11, 86-92.
14. PRASAD, M., 1973, Evaluation of Isobutylidenediurea and sulfur-coated urea for grass and lettuce, J. Agric. Food Chem. 21, 919, zit. nach S. Jürgens-Gschwind.
15. RIEM VIS, F., 1981, Fusariumbefall in Beziehung zur Stickstoffdüngung, Z. für Vegetationstechnik 5/81, 33-35.
16. SCHEFFER, F., 1961, Stickstoff und Boden, in: Der Stickstoff. Hrsg. Fachverband, Stickstoffindustrie, Düsseldorf.
17. SIEGEL, O., 1969, Bericht über die Ergebnisse eines Stickstoff-Formen-Versuches 1968 zu Deutschem Weidelgras, Unveröffentl. Manuskript, LUFA Speyer.
18. RIEM VIS, F., 1981, Vegetationstechnik, Patzer, Berlin u. Hannover.
19. SKIRDE, W., 1977, Nährstoffverwertung und Nährstoffauswaschung verschieden aufgebauter und verschieden gedüngter Rasenflächen, II. Nährstoffauswaschung und Nährstoffbilanzierung, Rasen-Turf-Gazon, 1/77, 1-10.
20. WÄHNER, J., 1981, Dauerdünger bei Rasen-Neuanlagen, Deutscher Gartenbau, 27/81, 1097-1098.
21. WILL, H., 1977, Versuchsergebnisse mit isodurhaltigen Düngemitteln, Vortrag vor III. International Turfgrass Research Conference, München.
22. WILL, H., 1978-1980, Rasen-Düngungsversuche, Unveröffentl. Manuskripte der Landw. Versuchsanstalt Limburgerhof der BASF.
23. WOOLHOUSE, A. R., 1981, Nitrogenous Fertilizers for Sports Turf, in: R. W. Sheard (Editor) Proceedings of the Fourth International Turfgrass Research Conference, Ontario Agric. Coll., Univ. Guelph,

Verfasser: Dr. Hans PRUN, Postfach 220, 6703 Limburgerhof

## Berichte ————— Mitteilungen ————— Informationen

### GaLaBau 82 in Nürnberg

Nach der Ankündigung des Termins und des Ortes der GaLaBau 82 - 5. Europäische Fachausstellung Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau (16.-19. Juni 1982) konnte der Veranstalter, die NMA Nürnberger Messe- und Ausstellungen-Gesellschaft mbH, eine sehr positive Resonanz verzeichnen. Aufgrund der hohen Zahl der bereits eingegangenen Anfragen ist damit zu rechnen, daß die Zahlen für die GaLaBau 82 im Messezentrum Nürnberg über denen der vorherigen Veranstaltung im Jahr 1980 liegen werden. An der GaLaBau 80 in Berlin beteiligten sich 115 Direktaussteller und 55 zusätzlich vertretene Unternehmen auf einer Brutto-Ausstellungsfläche von über 12 000 m<sup>2</sup>.

Die Schwerpunkte der Seminare und Diskussionsveranstaltungen des Kongreßprogramms für alle im Grünbereich tätigen Fachleute sind inzwischen festgelegt worden. Die Themenstellungen lauten: Grünflächenpflege in der Stadt, naturnahe Anlagen, Wohnumfeldverbesserung. Bei den vorgesehenen Maschinen- und Gerätevorführungen werden unter kompetenter Leitung Einführungen sowie fachliche Erläuterungen gegeben. Auch eine Exkursion zur gleichzeitig in der Nachbarstadt stattfindenden Gartenschau „Grün in Erlangen 82“, die sich der Stadtökologie widmet, steht auf dem Programm.

Die praxisbezogenen Vorführungen von Maschinen und Geräten sind Kennzeichen der GaLaBau 82. Das Messe-

# COMPO-Compact

## Informationen für den Landschaftsbau

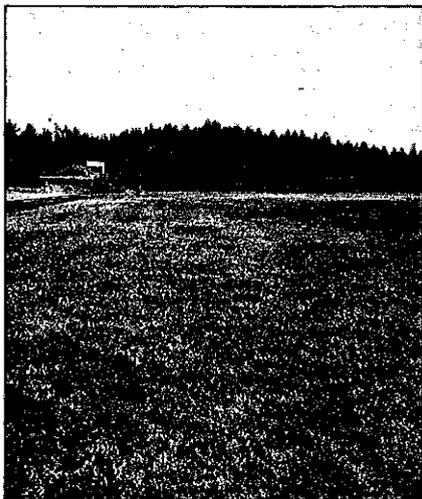
### Starke Wurzeln sichern die Rasenregeneration

Harter Wettkampfsport mit unbiologischen Belastungen hat im Winterhalbjahr auf den Sportfeldern Schäden hinterlassen. Jetzt gilt es, mit Beginn der Vegetationsperiode diese Schäden auszugleichen. Neben richtiger Ernährung und mechanischen Pflegemaßnahmen ist die Stärkung der Wurzeln besonders wichtig.



Bundeswehrrsportplatz Neckarelz während der Wurzelaktivierung mit Agrosil LR.

Nur ein tiefes, dichtes Wurzelwerk gibt den Gräsern die Kraft für das zügige Regenerationswachstum. Zu dichtem, tiefem Wurzelwachstum zwingt man die Gräser mit dem Silikat-Kolloid Agrosil® LR. Es dringt in den Boden ein, aktiviert ihn und macht die Gräser langfristig strapazierfähig.



Bundeswehrrsportplatz Neckarelz 16 Wochen nach der Regeneration mit Agrosil LR.

### Kahle Torräume rechtzeitig überholen

Stärker ausgespielte, kahle Torräume, die nicht mehr zu regenerieren sind, müssen rechtzeitig überholt werden. Je nach Feinerdegehalt wird unter Einmischen von 20 l/m<sup>2</sup> Hygropor® 73 oder Hygromull® und von 150 g/m<sup>2</sup> Agrosil LR mit der Fräse gelockert und plantiert. Danach werden entweder Sodach verlegt oder es wird neu eingesät.

### Nährstoffvorräte im Boden, Grundlage der Regeneration

Um geschädigte Rasenflächen wieder fit zu machen, sind unbedingt die Nährstoffgehalte in Ordnung zu bringen. Sehr häufig ist insgesamt zuwenig Stickstoff gegeben worden. In vielen Fällen fehlen aber auch Kali, Phosphat, Magnesium und Spurennährstoffe.

Mit Nitrophoska® permanent kann man beides gleichzeitig in Ordnung bringen. Genug Stickstoff zur Förderung des Wachstums und der Regenerationskraft sowie gleichzeitige, umfassende Versorgung mit, Kali, Phosphat, Magnesium und Spurennährstoffen. Die Gräser schöpfen dann aus dem Vollen und bilden innerhalb kurzer Zeit eine geschlossene und dichte Narbe.

Zeigt die Bodenanalyse genügend Kali, Phosphat und Magnesium, ist die Düngung mit einem Stickstoff-Langzeitdünger möglich; denn einfacher Stickstoff aus Mineraldünger löst sich im Boden sofort in großen Anteilen. Die Gräser benötigen aber immer nur geringe Mengen auf einmal. Daher ist die Düngung mit Stickstoff in Langzeitform so günstig. Floranid® mit 70% Langzeitstickstoff-Anteil aus Isodur® bringt ideale Voraussetzungen für eine viele Wochen anhaltende Düngewirkung. Das spart Arbeit, denn ständige Nachdüngungen während der Regenerationszeit des Rasens werden dadurch überflüssig.

**Damit Ihr Rasen wieder Kraft aus dichten und starken Wurzeln schöpft.**  
**Agrosil® LR**



- läßt Wurzeln tiefer wachsen
- schließt den Boden tiefer auf
- verbessert die Nährstoffdynamik
- fördert das Bodenleben



**BASF**

**COMPO-Produkte. Dahinter steht die Forschung der BASF.**

# optimax<sup>®</sup> Zuchtsorten-Rasen

aus den weltbesten Rasen-  
gräsern neuester Züchtung!  
**optimale** Schnitt- und Pflege-  
armut, Unkrautverdrängung  
**maximale** Schönheit, dauer-  
hafte Narbe. Prospekte von  
optimax Saatenvertriebs GmbH  
7410 Reutlingen Postfach 233



zentrum Nürnberg bietet hierfür ideale räumliche Voraussetzungen. Die Vorführgelände für Baumaschinen und Rasenpflegemaschinen liegen unmittelbar an den Ausstellungshallen. Für die Gesamtdauer der Veranstaltung stehen den Ausstellern eigene, abgegrenzte Demonstrationsflächen zur Verfügung. Es ist vorgesehen, die Firmenvorführflächen für gleichartige Gerätegruppen und Maschinentypen räumlich einander so zuzuordnen, daß dem Fachbesucher ein Vergleich erleichtert wird.

Die GaLaBau ist in der Bundesrepublik Deutschland und dem europäischen Raum die einzige umfassende Fachausstellung für Landschaftsbau, Vegetationstechnik und Sportplatzbau. Die Bedeutung dieser Fachmesse für Grün und Freiraum kommt auch darin zum Ausdruck, daß der Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Dr. Dieter Haack, die Schirmherrschaft über die GaLaBau 82 übernommen hat.

**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.

naturrein  
biologisch aufbauaktiv

Anzeigenschluß für  
die Ausgabe 1/82 von

## RASEN GRÜNFLÄCHEN BEGRÜNNUNGEN

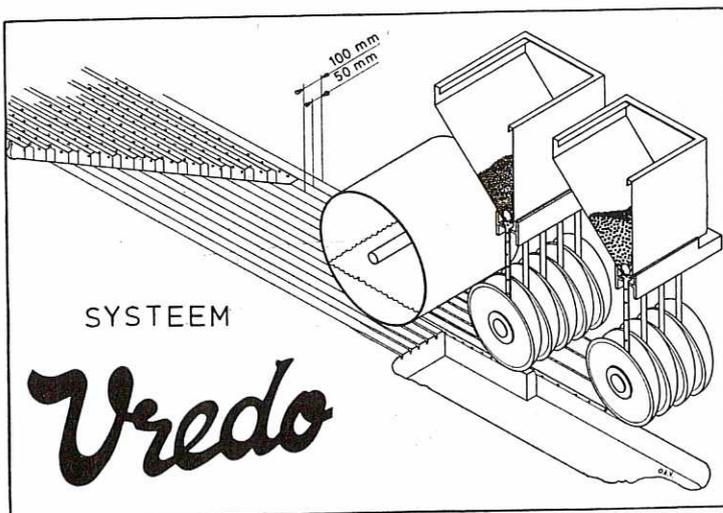
ist am 26. Febr. 1982

HORTUS VERLAG GmbH,  
Rheinallee 4 b,  
5300 Bonn 2,  
Tel.: (02 28) 35 30 30 / 35 30 33

### IFPRA-Kongreß der Europäischen Abteilung 1982

Vom 7. bis 11. Juni 1982 findet in Den Haag der erste Kongreß der Europäischen Abteilung der „Internationalen Organisation öffentlicher Verwaltungen für Grünflächen und Erholung – IFPRA-Europe“ statt.

Gastgeber dieses 1. Kongresses ist die Städtische Parkverwaltung von Den Haag, die in diesem Jahr ihr 75-jähriges Bestehen als selbständige Dienststelle feiert. Näheres ist zu erfahren über das Kongreß-Sekretariat: Netherlands Congress Centre, Churchillplein 10, P.O. Box 82000, 2508 EA The Hague, Netherlands.



**Neuartige Schlitzmaschine** zur Rasen-Belüftung und Nachsaat von Sportplätzen, Parkanlagen u. ä., ohne Beschädigung der vorhandenen Grasnarbe.

Dokumentation und Preisangabe:

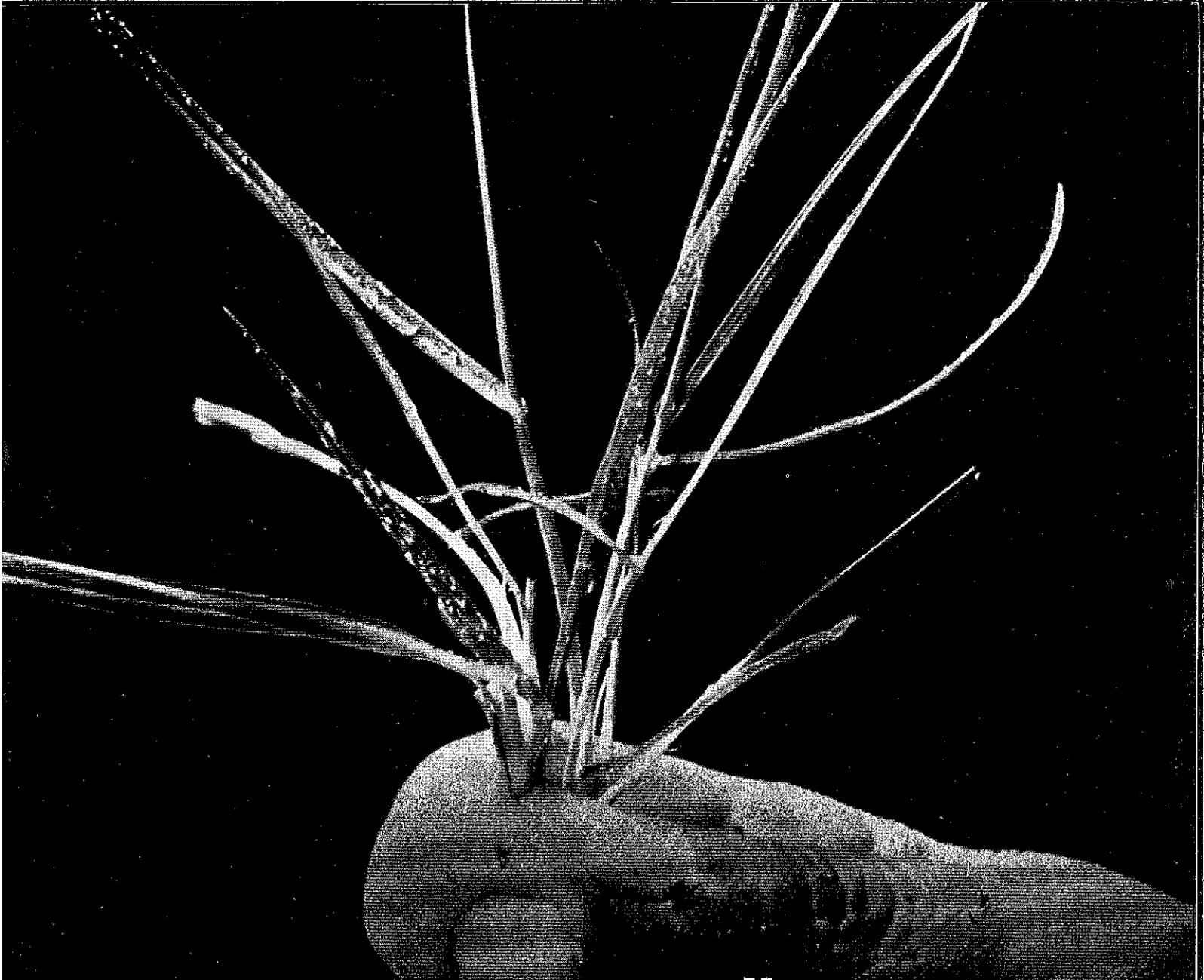
**Ingenieurbüro für Agrartechnik**

Postfach 11 08 49, 6300 Gießen  
Telefon: 0 64 03 / 29 20

## Rasenplätze **HYGROMIX** Kurze Bauzeit

**GELSENROT** Heinrich Seeland

Engelbertstr. 16, 4660 Gelsenkirchen-Resse, Tel. 02 09/7 10 51-55, Telex 824 517 gero d



# **WIR HABEN DAS GRÜN IM GRIFF**

Die Niedersächsischen Rasenkulturen –  
Spezialisten für kerngesundes Grün.  
Für strapazierfähigen Fertiggras in den  
verschiedensten Sorten.

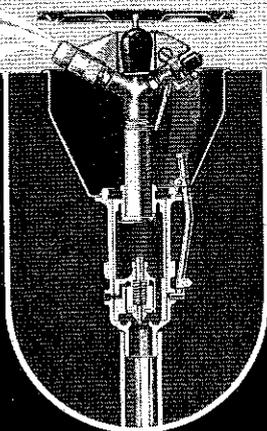
Auf der Grundlage moderner wissenschaft-  
licher Erkenntnisse und langjähriger  
Erfahrung lassen wir dauerhaft schönen Rasen  
für Sie wachsen. Ein Grün aus guten Händen.

Niedersächsische Rasenkulturen Strodthoff & Behrens  
Annen Nr. 2 · 2831 Groß Ippener  
Gerne übersenden wir Ihnen auf Anforderung  
Prospektunterlagen

**Grün kuriert  
unsere Städte.  
Wir machen Grün  
grün.**

**Perrot – die Quelle  
für die grüne Welle.**

**P**  
errot



**Perrot-U:  
Regen  
aus dem  
Untergrund.  
Versenk-  
beregnung  
für eine  
bessere  
Umwelt.**

**Perfekte Perrot-Technik  
bringt Ihnen handfeste Vorteile:**

**Perrot-Versenkregner-Anlagen sind  
Lebensadern für Pflanzen. Sie erhalten  
den Städten die Grünanlagen.  
Sie dienen dem Sport. Sie machen  
Firmen-Außenanlagen repräsentativ.**

**Europas größtes Regnerwerk hält für Sie  
eine interessante Broschüre bereit.  
Einfach anfordern!**

C.A.W./VP 81

**Die Quelle für die grüne Welle**

**SELTEN  
war ein  
Prospekt  
so wichtig**

Bitte schicken Sie uns Informationen über Technik, Funktion, Einsatz und Nutzen von Perrot-Versenkregner-Anlagen. Natürlich kostenlos und unverbindlich.

Name, Adresse

---

An Perrot-Regnerbau GmbH & Co.  
Postfach 1352, D-7260 Calw  
Telefon 0 70 51/1 62-1, Telex 07 26 128

**Perrot-Versenkregner  
in Europa und Übersee**

## RASENGRÄSER

Deutsches Weidelgras

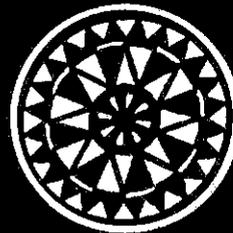
### HUNTER – geschützte Sorte –

Ein später, dunkelgrüner, feinblättriger Rasentyp mit hoher Persistenz, dichtnarbig, strapazierfähig, widerstandsfähig gegen Dürre und Rasenkrankheiten.

Horstbildender Rotschwengel

### ENCOTA – geschützte Sorte –

Eine frühe Züchtung, mittel- bis dunkelgrün, dichtnarbig, schnittverträglich, robust und widerstandsfähig gegen Rasenkrankheiten.



**HEINE &  
GARVENS**

Postfach 21 46, Roscherstraße 13,  
3000 Hannover 1, Tel. 05 11/34 46 47  
Telex 09 22 637 cwghn d

## ALZODIN®

der neue Stickstoff-Langzeitdünger  
für den Rasen

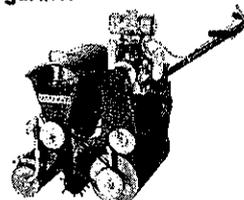
- \* Verringerter Arbeitsaufwand durch Langzeitwirkung und gebremsten Grasaufwuchs
- \* Erhöht die Strapazierfähigkeit
- \* Deshalb der richtige Stickstoffdünger für alle Grünanlagen sowie Spiel- und Sportflächen



**SKW  
TROSTBERG**

Ausführliche Informationen durch SKW Trostberg AG  
Landw. Abteilung - Römerstraße 6 - 8000 München 40

**RASENBAUMASCHINEN  
Die rentablen Maschinen  
für jeden Landschafts-  
gärtner**



**Vorwalzen  
Säen  
Einlegen  
Nachwalzen**

Rasenbaumaschinen  
Sämaschinen  
für den Gartenbau  
Kleinmotorwalzen

**SEMBDNER  
8034 Germering/München  
Telefon 089/84 23 77**

**SEMBDNER**

SEIT  
MEHR ALS 60 JAHREN