

Spielnahe Belastung von Sportrasenversuchen

K. G. Müller, Bonn und K. W. Axtmann, Wupperta

Zusammenfassung

In einer Literaturübersicht werden die verschiedenen Maschinen, die zur Strapazierung von Versuchsflächen benutzt werden, aufgezählt. Die Stollenwalze findet besondere Bedeutung, daneben wird u. a. auch von einem Pendelgerät berichtet.

Aus den Aufzeichnungen der Bewegungsabläufe bei sechs Bundesliga-Fußballspielen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die zahlenmäßig größte Beanspruchung erfolgt durch „Gehen“ und „Laufen“. Es wird ein Richtwert für die Tritteinwirkung von 400 Stollen/m² errechnet.
2. Für die Anwendung auf die Stollenwalze werden Angaben über Mindestgewicht, Intensitätsstufen und Fahrgeschwindigkeit gemacht.
3. Am Beispiel einer beschriebenen Walze werden die geforderten Bedingungen erläutert.
4. Kräfte, wie sie beim Abschuß eines Fußballballes entstehen, können mit einem Pendelschuh auf die Narbe übertragen werden. Die Verletzungen durch den „Sliding-Effekt“ werden bonitiert.
5. Der kombinierte Einsatz von Stollenwalze und Pendelschuh eignet sich für die Nachahmung von Trittwirkungen auf Rasen, wie sie von Fußballspielern während der Spiele ausgehen.

Summary

A literature review was made of the various machines used for artificial wear treatments in trials. The studded roller was particularly prominent, and instruments with an oscillating (pendulum) action were also mentioned.

Records were made of wear effects after six Federal League football games. The following points can be noted: —

1. The greatest percent action per game is produced by "walking" and "running", but does not cause the most severe damage to the turf. The average value for each game (all action accounted for) is 400 stud marks per square meter.
2. Information was obtained on the appropriate minimum weight, level of intensity and travelling speed for a studded roller treatment.
3. In a detailed description of the use of a roller, the necessary conditions are explained.
4. The forces created by kicking a football can be applied to the turf by means of an oscillating "shoe". The damage caused by horizontal forces ("sliding effect") can be assessed.
5. The combined use of the studded roller and the oscillating "shoe" is recommended for simulating the wear on turf which soccer players impose during a game.

Résumé

Dans un aperçu bibliographique on fait l bilan des différents appareils utilisés pour éprouver la résistance à l'usure des pelouses expérimentales. On y mentionne particulièrement le rouleau à crampons ainsi qu'un dispositif pivotant.

L'étude des mouvements observés au cours de six matchs de football en division d'honneur aboutit aux conclusions suivantes:

1. L'usure la plus forte est causée par la marche et la course. On a calculé un valeur indicative de 400 crampons au m pour les effets du piétinement.
2. On y donne des indications sur le poids minimum, les échelles d'intensité et la vitesse d'utilisation du rouleau à crampons.
3. On y explique les conditions requises dans la description d'un rouleau pris titre d'exemple.
4. Des forces analogues à celles dégagées à l'occasion d'un shoot peuvent être transmises à la pelouse par une chaussure pivotante. On évalue les dommages causés par l'effet de glissement.
5. L'utilisation combinée du rouleau à crampons et de la chaussure pivotante est tout indiquée pour reproduire les effets sur les pelouses d'un piétinement analogue à ce lui des footballeurs au cours d'un match

Einführung

Für die Beurteilung von Strapaziergräsern ist es wichtig, die Belastungsresistenz zu kennen. Verschiedene Autoren beschäftigen sich daher mit der Frage einer geeigneten technischen Spielnachahmung auf Rasenversuchen.

YOUNGNER (1961) beschreibt eine Maschine, die erstmalig von PERRY (1958) vorgestellt wurde. Von diesem Gerät können gleichzeitig zwei Belastungsarten ausgeführt werden. Profilierte „Füße“ wirken schabend und quetschend, Stachelrollen durchlöchernd und reißend auf die Grasnarbe ein. Auf diese Weise wird sehr bald das Stadium der „end-point-wear“ erreicht. GOSS (1964) setzt ein umgebautes Aerifiziergerät mit auswechselbaren „Schuhen“ ein. Auch KAMPS (1970) arbeitet mit einem derartigen Gerät. Die Ergebnisse der natürlichen Bespielung stimmen mit denen der verschiedenen „technischen“ Belastungsintensitäten in bezug auf die Bestandsveränderung gut überein. Eine Verschiebung der Artenzusammensetzung wird nach VOS (1968 u. 1972) auch mit einer schweren Glattnwalze erzielt. Er stellt die relative Widerstandskraft der Arten und Sorten in den Mittelpunkt der Beurteilung. Zur Belastungssimulation benutzt v. d. HORST (1969) auf eine Walze montierte Stollenschuhe. Eine Weiterentwicklung durch ihn stellt die Stollenwalze mit etwa 600 Stollen dar (v. d. HORST, 1970). Zur Steigerung der Belastungsintensität wurde danach von v. d. HORST et al. (1973) ein neues Walzensystem entwickelt. Zwei hintereinander geschaltete Walzenkörper mit unterschiedlicher Umdrehungsgeschwindigkeit verursachen Schlupf und damit eine vierfache Schädigung.

Zur Prüfung der Tritteinwirkung wird die Stollenwalze ferner von folgenden Versuchsanstellern eingesetzt: SKIRDE (1969, 1975), WOESS (1970), DUYVENDAK (1971), DAHLSSON (1973), VERSTEEG (1973), SHILDRICK (1974), BOURGOIN (1974, 1975).

Bei einem Vergleich der angewandten Systeme unterscheidet CANAWAY (1975) drei Gruppen:

1. modifizierte Rasenpflegegeräte wie Aerifizierer (GOSS, CORDUKES, SHILDRICK);
2. Stollen- bzw. Stachelwalzen (s. o.);
3. zweckgebundene Neukonstruktionen (PERRY, YOUNGNER, SHEARMAN et al., KAMPS, ALCOCK).

Realistischere Ergebnisse ermittelt SHILDRICK (1971, 1974, 1975) beim Einsatz eines umgerüsteten Aerifizierers („Ren-O Thin-aerator“) in Verbindung mit einer nachlaufenden Stollenwalze. Für die Behandlung von Kleinparzellen eignet sich die Belastungssimulator von SHEARMAN (1974, 1975). Die Wirkung eines angetriebenen Rades und eines angehängter Schlittens werden nach der „end-point“-Methode ausgewertet. Eine Aussage über die angewandten Kräfte bei der Prüfung der Trittsistenz läßt die Versuchsanordnung von ALCOCK (1973) erkennen. CANAWAY (1975) beschreibt eine Methode mit der es möglich ist, bei der simulierten Belastung die vertikalen und horizontalen Kräfte zu bestimmen. Energiemessungen lassen sich ebenfalls mit dem Pendelgerät zur Prüfung der Scherfestigkeit von Grasnarben durchführen (STUURMAN 1969).

Bei der Ermittlung des Belastungswiderstandes von Rasenflächen hat sich bei der Mehrzahl der Versuchsansteller der Einsatz einer Stollenwalze durchgesetzt. Umfangreiche Rasenversuche werden diese Zahl noch ansteigen lassen. Klare Beziehungen zwischen der tatsächlichen Bespielung und Spielnachahmung mit der Stollenwalze sind bisher nicht bekannt geworden. Aus diesem Grunde wurden in den Jahren 1975 und 1976 die Bewegungsabläufe während eines Bundesligakampfes ermittelt. Welche Bedingungen an ein Gerät zur Belastungssimulation, sei es Stollenwalze oder Pendelschuh, gestellt werden müssen, soll dieser Beitrag zeigen.

Material und Methoden

Mit einem Videorecorder wurde während sechs Bundesligaspielen die Trittwirkung durch Stollenschuhe aufgezeichnet.

Tabelle 1:

Beobachtete Spiele *)	
1.	24. 5. 75 Fortuna Köln — Wacker Berlin (2 : 1)
2.	31. 5. 75 FC Köln — Tennis Bor. Berlin (7 : 1)
3.	8. 6. 75 FC Köln — Hannover 96 (1 : 0)
4.	8. 5. 76 Bor. Mönchengladbach — Bayer Uerdingen (6 : 1)
5.	15. 5. 76 Fort. Düsseldorf — Bor. Mönchengladbach (1 : 1)
6.	4. 6. 76 Fort. Düsseldorf — FC Kaiserslautern (5 : 1)

*) Den Veranstaltern in Köln, Mönchengladbach und Düsseldorf danken wir für die freundliche Unterstützung bei den Filmaufnahmen!

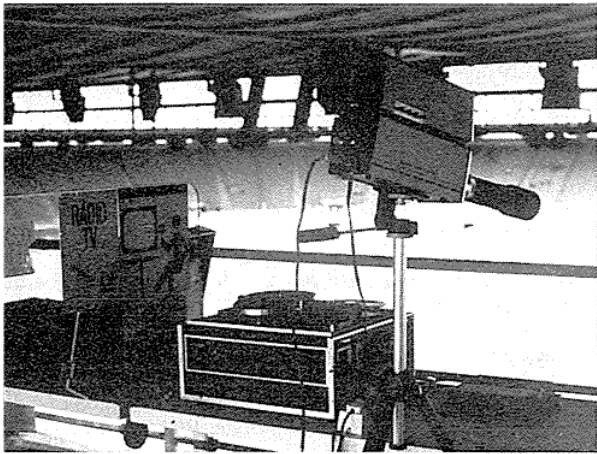


Abb. 1: Aufzeichnung mit Videorecorder im „Rheinstadion“

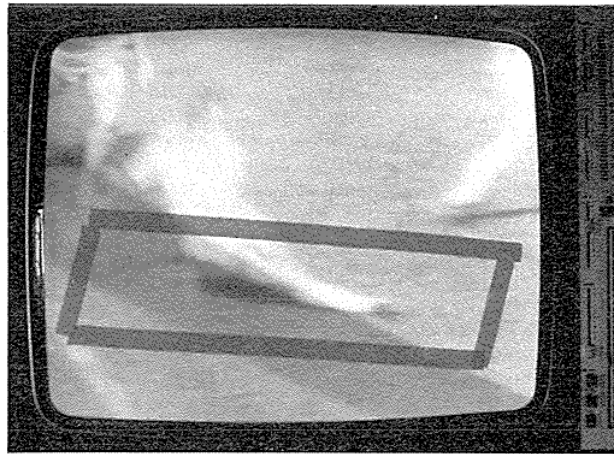


Abb. 3: Auswertung am Bildschirm mit aufgeklebter Markierung

Die Kamera, mit Teleobjektiv ausgerüstet, war während des gesamten Spieles auf eine Beobachtungsfläche ausgerichtet (Abb. 1). Dazu wurde vor Spielbeginn im Strafraum zwischen 16 m-Linie und 11 m-Linie ein Quadrat (2 x 2 m) mit weißen Bändern ausgelegt und mit dem Film aufzeichnet (Abb. 2). Danach wurden die Markierungen entfernt, damit sie während des Spieles nicht störten. Auf der Testfläche wurde jede Trittwirkung mit zwei Aufnahmebändern (45 Minuten) registriert. Zur Auszählung am Monitor wurde zunächst die eingetragene Markierung auf dem Bildschirm mit einem Farbband markiert (Abb. 3). Bei den Beobachtungen lag eine Einteilung in die vier Bewegungsarten: Gehen – Laufen – Springen – Stoppen, nahe.

Aus den sechs Bundesligaspielen ergibt sich für den Strafraum als stärkste Belastungszone (BRYAN, 1971), abgesehen vom Torraum, eine mittlere Tritteinwirkung von ca. 400 Stollen je m² und Spiel. Diese Zahl gilt als Richtwert für die weiteren Überlegungen.

Ergebnisse

Auswertung des Datenmaterials

Die Tabelle 2 zeigt, daß bei allen Spielen durch Gehen und Laufen die zahlenmäßig größte Beanspruchung erfolgte. Dieses stimmt mit der Aussage von SKIRDE (1969) überein.

Tabelle 2:

Spiel Nr.	Art u. Zahl der Bewegungen pro 1 m ² Testfläche			
	Gehen	Laufen	Springen	Stoppen
1	20	19	0,5	3
2	26	27	2,5	1
3	24	14	1,0	1
4	33	18	1,0	2
5	18	18	—	0,5
6	20	16	0,5	0,2
$\bar{x} =$	23,5	22,0	0,9	1,3

Wie die Filme deutlich zeigten, tritt der Spieler beim Gehen zweimal und beim Laufen einmal auf 1 m² Testfläche. Aus dieser Tatsache errechnen sich die Tritte je m² Testfläche während eines Spieles. Legt man einen sechsstolligen Fußballschuh zugrunde, so lassen sich für jedes Spiel die Anzahl der einwirkenden Stollen/m² annähernd errechnen. Diese Werte sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Abb. 2: Markierung der Testfläche im „Bökelberg-Stadion“



Abb. 4: Stollenwalze in Arbeitsstellung

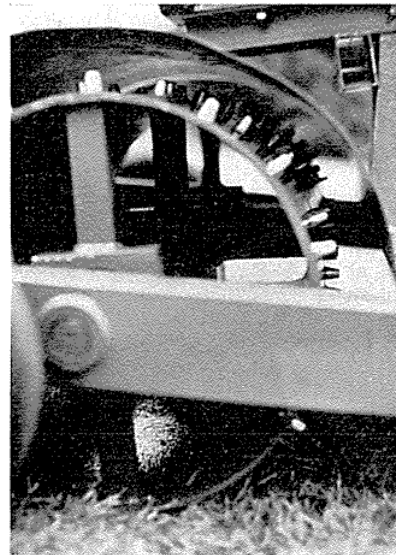


Abb. 5: Pendelschuh mit Gewicht

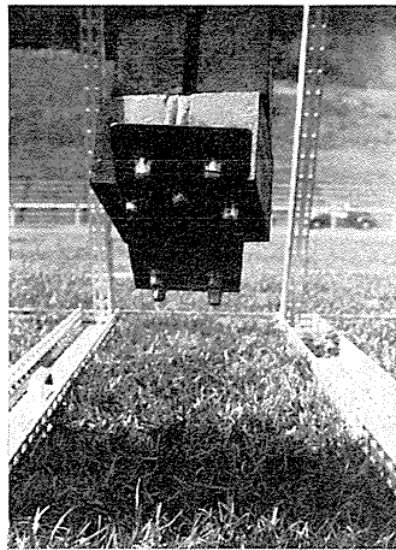


Tabelle 3:

Spiel Nr.	Anzahl der Tritte und Stollen je m ²	
	Tritte	Stollen
1	62,5	375
2	82,5	495
3	64,0	384
4	87,0	522
5	54,5	327
6	56,7	340
	$\bar{x} =$	67,8
		407

2. Anwendung auf Stollenwalze

2.1. Gewicht

Geht man von einem Spielergewicht von 750 N *) aus, so ergibt sich kurzfristig für einen sechsstolligen Schuh eine theoretische Kraft von 125 N/Stollen. Bei einem üblichen Stollendurchmesser von 12 mm entspricht das einer Druckbelastung von 110 N/cm². Da bei einer Walze immer nur eine bestimmte Anzahl an Stollen gleichzeitig einwirkt, wobei sie empirisch ermittelt werden muß, ergibt sich das Mindestgewicht aus:

$$GM = \text{Anzahl der tragenden Stollen} \times 125 \text{ N} \quad (1)$$

Wird diese Größe von einer Walze eingehalten, so ist eine wichtige Bedingung für die Vergleichbarkeit von Ergebnissen erfüllt.

2.2. Intensität

Soll etwa ein Bundesligaspiel nachgeahmt werden, so gilt eine Belastung von 400 Stollen/m² als Zielgröße. Die Häufigkeit der Bewalzungsgänge läßt sich somit für jede Walze aus der Anzahl der Stollen pro m² Walzenmantelfläche ermitteln. Danach ergibt sich folgende Gleichung:

$$\text{Bewalzungintens.} = \frac{400 \text{ Stollen} / \text{m}^2}{\text{Anzahl d. Stollen} / \text{m}^2 \text{ Walzenmantel}} \quad (2)$$

Bei einem 14-tägigen Rhythmus entspräche diese Stufe der Belastung eines Bundesligarasens. Viele Sportplätze werden allerdings häufiger benutzt, deshalb schlagen wir weitere Stufen von 1 x bzw. 2 x wöchentlich vor. Dies stimmt etwa mit der leichten und mittleren Beanspruchung für Dauertests bei BOURGOIN (1974 u. 1975) überein.

Die Frage des Auslastungsgrades eines Sportplatzes, die von GANDERT (1969) erörtert wurde, läßt sich möglicherweise bei standardisierten Bedingungen (DIN-Platz) in Zukunft durch Ergebnisse, die mit der Stollenwalze gewonnen wurden, beantworten.

2.3. Geschwindigkeit

Bei gleicher Fahrgeschwindigkeit des Zuggerätes treten bei unterschiedlichen Walzendurchmessern verschiedene Umdrehungszahlen auf.

Unsere Spielaufzeichnungen führten uns zu folgenden Beobachtungen zwischen Laufbewegung und Stollenwalze. Beim Abrollen der Schuhsohle wird sie bogenförmig gekrümmt. Der entstandene Kreisbogen läßt sich zu einem Vollkreis von 35 cm Durchmesser ergänzen. Hieraus ergibt sich die Parallele zur Stollenwalze. Legen wir für den Spieler eine mittlere Laufgeschwindigkeit von 4 m/sec (ca. 14,5 km/h) zugrunde, errechnet sich die erforderliche Fahrgeschwindigkeit bei verschiedenen Walzendurchmessern folgendermaßen:

$$\text{Geschwindigkeit } V = 0,414 \times \text{Walzendurchmesser in cm} \quad (3)$$

(km / h)

Es zeigt sich, daß der Walzendurchmesser eine wichtige Einflußgröße für die geforderte Fahrgeschwindigkeit darstellt. Die Fahrleistung des Zuggerätes und der Walzendurchmesser müssen also aufeinander abgestimmt sein.

*) Nach SI-System: N = Newton, 1 N = 1 Kg m
sec²
vereinfacht entspricht: 1 Kp = 10 N

2.4. Beispiel

Im Untersuchungsprogramm verschiedener Versuchsansteller* wird folgende Stollenwalze eingesetzt: (s. KUTTRUFF 1976)

Technische Daten der Walze:

Breite	= 800 mm
Durchmesser	= 350 mm
Umfang	= 1100 mm
Mantelfläche	= 0,87 m ²
Gewicht	= 1360 N
Gesamtstollenzahl	= 174

Anzahl der gleichzeitig einwirkenden Stollen = ca. 16
Bezieht man die Stollenzahl auf 1 m² Walzenfläche, so erhält man für diese Walze den Wert von 200 Stollen je m².

(siehe Abb. 4)

Das Mindestgewicht der Walze soll nach den vorausgegangen Ausführungen (1) durch einwirkende Stollen x ca. 125 N festgelegt sein. Daraus resultiert für dieses Gerät das Mindestgewicht von 2000 N (16 x 125). Walzen- und Fahrer gewicht zusammen erfüllen die aufgestellte Forderung mit 2110 N, gegebenenfalls läßt sich eine Korrektur über Gewichte erreichen.

Die einfache Bewalzungintensität ergibt sich aus der Formel (2):

$$\text{Bewalzungintensität} = \frac{400 \text{ Stollen} / \text{m}^2}{200 \text{ Stollen} / \text{m}^2} = 2$$

Das heißt, zwei Walzengänge entsprechen einem 90-minütigen Fußballspiel. Über die Zahl der nachgeahmten Spiele pro Woche und damit über die Häufigkeit der Bewalzung sollte aufgrund der Versuchsfrage entschieden werden. In der Literatur wird sowohl von zwei als auch von sechs Walzengängen pro Woche berichtet. Diese werden meistens an einem Tag ausgeführt (v. d. HORST, 1969 u. 1973, SHILDRICK, 1971 u. 1974, BOURGOIN, 1974 u. 1975). SKIRDF (1969) bewalzt 3 x wöchentlich in einem doppelten Arbeitsgang.

Die geforderte Fahrgeschwindigkeit, die von dem Zuggerät für die beschriebene Walze erreicht wird, liefert die Gleichung (3) (s. o.):

$$V = 0,414 \times 35 \text{ cm}$$

Fahrgeschwindigkeit V = 14,5 km/h

Da diese Geschwindigkeit heute nur von wenigen Zugmaschinen erreicht wird, erscheint eine Verkleinerung des Walzendurchmessers auf 200 mm sinnvoll und zweckmäßig.

3. Anwendung auf Pendelschuh

Die beiden Bewegungsarten „Springen“ und „Stoppen“ wurden bei den bisherigen Ausführungen kaum behandelt. Sie werden im weiteren Verlauf unter dem Begriff „Sliding“ zusammengefaßt.

Unsere Aufzeichnungen ergaben für das „Sliding“ zwar nur eine Häufigkeit von 1–3 mal pro m² Testfläche, die Verletzungen der Narbe waren je nach Artenzusammensetzung und Bodenaufbau jedoch sehr deutlich. An dieser Stelle wird klar daß zur Prüfung der Belastungsresistenz die Stollenwalze allein nicht ausreicht.

Von STUURMAN (1969) wird erstmalig ein Pendelgerät zur Prüfung der Scherfestigkeit von Rasennarben beschrieben. Mit einem ähnlichen Gerät wurden von uns in jüngerer Zeit verschiedene Sportplätze untersucht (Abb. 5).

Der Pendelschuh ist so ausgelegt, daß der Abschluß eines Balles nachgeahmt werden kann. Die dabei übertragene Energie errechnet sich für einen Ball mit einer Masse von 450 g und einer mittleren Fluggeschwindigkeit von 16,7 m/sec., wie folgt:

$$E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

m = Masse (Ball)

v = mittlere Geschwindigkeit

E_{kin} = kinetische Energie

$$E_{\text{kin}} = 0,225 \text{ kg} \cdot (16,7 \text{ m/sec})^2 = 62,7 \text{ kg m}^2/\text{sec}^2$$

$$E_{\text{kin}} = 62,7 \text{ joule} \quad (4)$$

*) Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung
NW, Abt. Grünland- u. Futterbauforschung,
Zum Breijpott 15, 4190 Kleve-Kellen
Institut für Pflanzenbau, Rhein.-Friedrich-Wilhelms-Universität,
Katzenburgweg 5, 5300 Bonn 1
Enka Glanzstoff AG, Enkamat@-Sportrasenentwicklung,
Kasinostraße, 5600 Wuppertal

Der Pendelschuh mit einem Gewicht von 10 kg, einer Pendellänge von 155 cm und einer Ausgangshöhe von 100 cm, überträgt eine kin. Energie von 66,7 joule auf die Grasnarbe. Da es uns sowohl auf die Verletzung der Narbe durch einen Pendelschuh als auch auf die spätere Regeneration der Schadstelle ankommt, wurde beides nach einem Bonitierungschema bewertet. Über die Ergebnisse soll später berichtet werden.

Diskussion der Ergebnisse

Die beste „Trittmachine“ ist der Stollenschuh eines Fußballspielers. Allerdings ist es ausgeschlossen, für jeden Strapazierrasenversuch eine Fußballmannschaft zu verpflichten. Wir halten daher die Stollenwalze für ein geeignetes Gerät zur Prüfung der Tritteinwirkung auf Rasenflächen. Dies wird in der Literatur mehrfach bestätigt (SKIRDE, 1969; v. d. HORST, 1970, DUYVENDAK, 1971; DAHLSSON, 1973; VERSTEEG, 1973; BOURGOIN, 1975 u. a.).

Soll ein Fußballspiel mit der Stollenwalze nachgeahmt werden, erscheint es sinnvoll, die geschilderten Zusammenhänge zu berücksichtigen. Die so ermittelten Ergebnisse gewinnen durch die Vergleichbarkeit mit anderen Autoren an Aussagekraft. Wir sind uns der Tatsache bewußt, daß in der Praxis nicht immer alle Bedingungen erfüllt sein können. Dies gilt insbesondere für die geforderten Fahrgeschwindigkeiten.

Der Pendelschuh gewinnt dadurch an Bedeutung, weil er die Funktion der Stollenwalze noch ergänzt (siehe SKIRDE, zit. bei STUURMAN, 1969). Weitere Versuche mit diesem Gerät werden durchgeführt.

Die Forderung, die Stollenwalze als Pflegegerät auf Sportplätzen einzusetzen, wird von VERSTEEG (1973) aufgestellt. Wenn man berücksichtigt, daß neuangelegte Sportplätze bis zur Freigabe oft 12–18 Monate „gepflegt“ werden, so bietet der Einsatz der Stollenwalze während dieser Zeit die Möglichkeit, eine trittfeste Narbenzusammensetzung zu fördern.

Das gilt auch für die Sommerspielpause, in der die Bewalzung beispielsweise eine Phleum-Dominanz verhindern würde. Abschließend sei darauf hingewiesen, daß die Belastungswiderstandskraft der Gräser von vielen Faktoren abhängt. So sehen DAHLSSON (1973) und v. d. HORST (1973 u. 1974) in der N-Düngung und der Schnitthöhe besondere Einflußgrößen.

Literatur

1. Alcock, P. J., 1973: Treading of chalk grassland. *J. Sports Turf Res. Inst.* **49**. 21–28.
2. Bourgoïn, B., 1974: The behaviour of the principal turfgrasses under French climatic conditions. *J. Sports Turf Res. Inst.* **50**. 65–80.
3. Bourgoïn, B., Mansat, P., Poupert, J. und M. Quesnoy, 1975: Beanspruchbarkeit verschiedener Rasengräserarten und -sorten. *Rasen-Turf-Gazon* **6**. 85–91.
4. Bryan, P. J. und W. A. Adams, 1971: Observations on grass species persisting on English League soccer pitches in spring 1970. *Rasen-Turf-Gazon* **2**. 46–51.
5. Canaway, P. M., 1975: Turf wear: A literature review. *J. Sports Turf Res. Inst.* **51**. 92–103.
6. Canaway, P. M., 1975: Fundamental techniques in the study of turf-grass wear: An advance report on research. *J. Sports Turf Res. Inst.* **51**. 104–115.
7. Cordukes, W. E., 1967: Compaction and wear of turf grasses. *Greenhouse, Garden, Grass*, **6**. 1–5, zit. bei Canaway, 1975.
8. Dahlsson, S.-O., 1973: Gräsystans klipphöjd och slitstyrka. *Weibulls Gräs-tips* **16**. 23–30.
9. Duyvendak, R. und H. Vos, 1971: Sortenprüfung von Rasengräsern in den Niederlanden. *Rasen-Turf-Gazon* **2**. 40–45.

10. Gandert, K.-D. und H. Roth, 1969: Zur Auslastung von Rasenflächen auf Sportrasen. Sonderdr., Anlage und Pflege der Sportrasenflächen Brno, 71–77.
11. Goss, R. L. and J. Roberts, 1964: A compaction machine for turf-grass areas. *Agron. J.* **56**. 522.
12. v. d. Horst, J. P. und L. M. Kappen, 1969: Versuche zur Trittresistenz von Rasen. *Rasen und Rasengräser H.* **6**. 22–25.
13. v. d. Horst, J. P., 1970: Sports turf research in the Netherlands. *J. Sports Turf Res. Inst.* **46**. 46–57.
14. v. d. Horst, J. P., 1970: Die Prüfung von Sportrasengräsern in den Niederlanden. *Rasen-Turf-Gazon* **1**. 88–91.
15. v. d. Horst, J. P. und H. A. Kamp, 1973: Das heutige Versuchsprogramm in Papendal. *Rasen-Turf-Gazon* **4**. 28–31.
16. v. d. Horst, J. P. und H. A. Kamp, 1974: Stickstoffdüngung und Belastbarkeit von Rasenflächen. *Rasen-Turf-Gazon* **5**. 77–86.
17. Kamps, M., 1970: Effects of real and simulated play on newly sown turf. *Proc. First Int. Turfgrass Res. Conf.*, 118–123.
18. Kultruff, E., 1976: Die Stollenwalze zur Prüfung der Strapazierfähigkeit von Rasengräsern. *Rasen-Praxis* **1**. 10.
19. Perry, R. L., 1958: Standardized wear index for turfgrasses. *S. Calif. Turfgrass Culture* **8**. 30–31, zit. bei Youngner (1961).
20. Shearman, R. C., Beard, J. B., Hansen, C. M. and R. Apaccla, 1974: Turfgrass wear simulator for small plot investigations. *Agron. J.* **66**. 332–336.
21. Shearman, R. C. and J. B. Beard, 1975: Turfgrass wear tolerance mechanisms: I. Wear tolerance of seven turfgrass species and quantitative methods determining turfgrass wear injury. *Agron. J.* **67**. 208–211.
22. Shildrick, J. P., 1971: Grass variety trials, 1971. *J. Sports Turf Res. Inst.* **47**. 86–127.
23. Shildrick, J. P., 1974: Wear tolerance of turfgrass cultivars in the United Kingdom. *Proc. Second Int. Turfgrass Res. Conf.*, 23–34.
24. Shildrick, J. P., 1975: Turfgrass mixtures under wear treatments. *J. Sports Turf Res. Inst.* **51**. 9–40.
25. Skirde, W., 1969: Sortenreaktion auf Stollenbewalzung. *Rasen und Rasengräser H.* **6**. 26–31.
26. Skirde, W., 1975: Bestandsausbildung von Rasensaaten unter verschiedenen Versuchsbedingungen. I. Sportfeldansaat. *Rasen-Turf-Gazon* **6**. 54–63.
27. Stuurman, F. J., 1969: Ein Gerät zur Messung der Scherfestigkeit der Narbe. *Rasen und Rasengräser H.* **6**. 32–36.
28. Versteeg, W., 1973: Die eiserne Mannschaft – Stollenwalze als Pflegegerät für Rasensportplätze. *Rasen-Turf-Gazon* **4**. 12–13.
29. Vos, H., 1968: Sportfeldmischungen und Züchtungsfragen in Holland. *Rasen und Rasengräser H.* **3**. 24–33.
30. Vos, H., 1972: Zuchtziele für Rasengräser im maritimen Klimabereich. *Rasen-Turf-Gazon* **3**. 74–77.
31. Woess, F., Schmid, E. und E. Schönthaler, 1970: Rasenversuche in Wien. *Rasen-Turf-Gazon* **1**. 42–44.
32. Youngner, V. B., 1961: Accelerated wear tests on turfgrasses. *Agron. J.* **53**. 217–218.

Verfasser: Dipl.-Ing. agr. K. G. MÜLLER, Institut f. Pflanzenbau, Katzenburgweg 5, 5300 Bonn 1
 Phys.-Ing. (grad.) K. W. AXTMANN, Enka Glanzstoff AG, Kasinostraße, 5600 Wuppertal
