

# Einfluss verschiedenartiger Gerüstbaustoffe auf die bodenmechanischen Eigenschaften von Rasentragschichtgemischen\*

Cordel, J.

## Einleitung

Die alternativen Angebote zur Gestaltung von Sportbelägen für Fußballplätze sind vielfältig. Dabei ist ein Trend zu ressourcenschonenden Belägen bzw. Baustoffen und Bauweisen zu verzeichnen. In Ballungsgebieten werden meist strapazierfähige Kunststoffrasenplätze aufgrund der hohen Frequentierung verwendet. Im Profisport gilt der Naturrasen als etablierter Standard, wobei Eigenschaften wie Kraftabbau, Gleitverhalten, Ballreflexion usw. aller anderen Sportbeläge daran gemessen werden. Aufgrund der angenehmen Spieleigenschaften und der im Vergleich relativ geringen Herstellkosten, stellt er die meistverbaute Variante im Fußballbereich dar. Technische Standards hierzu sind u.a. in den Normen der Reihe DIN 18035 sowie in der RAL GZ 515/2 definiert. Bei der Konzeption des technischen Aufbaus eines Naturrasensportplatzes und der damit verbundenen Auswahl der Baustoffe, sollte man zunächst jedoch den zum Teil sehr unterschiedlichen Anspruch der jeweiligen Betreiber- und Nutzergruppen definieren. Wirtschaftliche Aspekte, Frequentierung, Standortfaktoren speziell im Hinblick auf klimatische Bedingungen und bauliche Gegebenheiten sowie die aktuelle Gesetzeslage sind hierbei zwingend zu berücksichtigen.

Prinzipiell nimmt der Anspruch an Qualität und sportfunktionalen Eigenschaften eines Sportrasens permanent zu. Umso wichtiger ist es, bautechnische sowie pflegetechnische Faktoren und Konzepte zu optimieren und aufeinander abzustimmen. Eine elementare Rolle übernimmt hierbei die Rasentragschicht (RTS). Sie ist als „auf dem Baugrund bzw. einer Drainschicht liegende, durchlässige, belastbare und durchwurzelbare Schicht“ definiert (DIN, 2018). Sie muss den zum Teil sehr unterschiedlichen Anforderungen aus mechanischer und vegetationstechnischer

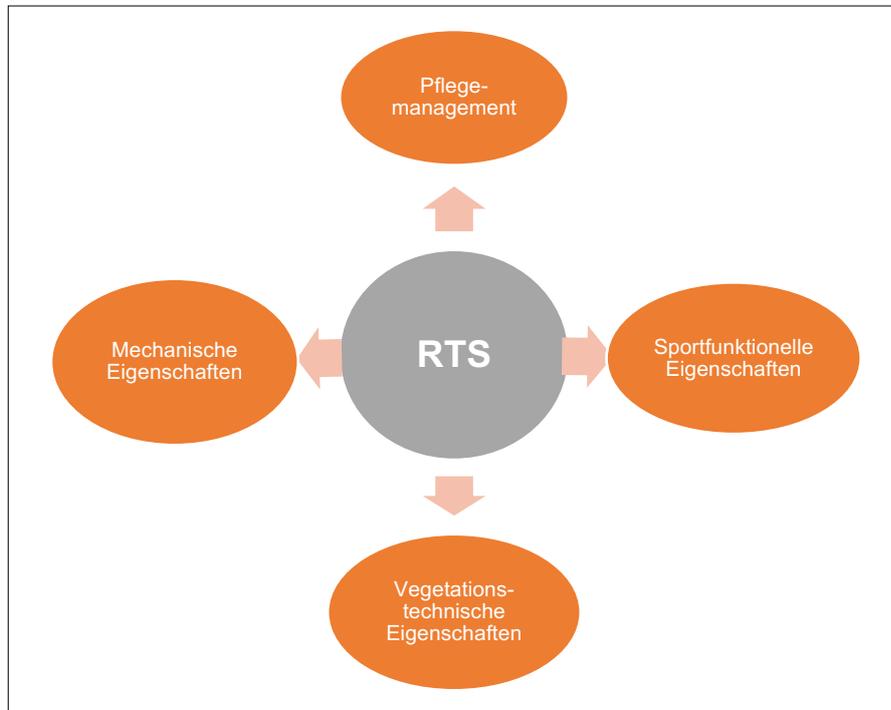


Abb. 1: Schematische Darstellung zum Anforderungsprofil für eine Rasentragschicht.

scher Funktionalität gerecht werden. Es ist allerdings kaum möglich, alle Anforderungen gleichzeitig zu erfüllen. So stehen beispielsweise Wasser- und Nährstoffspeicherung bzw. Sorptionsvermögen und dauerhafte Abgabe an die Pflanze im Gegensatz zu einer hohen Wasserdurchlässigkeit. In Kombination mit der Rasendecke bestimmt die RTS außerdem maßgeblich die sportfunktionellen Eigenschaften eines Naturrasensportplatzes. Bei der Installation bzw. Konzeption der Rasentragschicht und des technischen Aufbaus einer Sportrasenfläche wird der Grundstein für das anschließende Pflegemanagement gelegt.

Die dauerhafte Funktionsfähigkeit einer Sportrasenfläche kann nur dann gewährleistet werden, wenn es gelingt, die unterschiedlichen Anforderungen aufeinander abzustimmen. Ökologische und ökonomische Anforderungen sollten ebenfalls bei der Konzeption einer Sportrasenfläche beachtet werden.

Zukunftsweisend sind hier Lösungsansätze im Bereich des Integrierten Pflanzenschutzes.

Die Auswahl der jeweiligen Gerüstbaustoffe und Zusatzstoffe zur Herstellung einer Rasentragschicht liefert die technischen Voraussetzungen zur vollen Funktionalität des Belages. Ziel dieser Facharbeit ist es, anhand von Labor- sowie von Feldversuchen zu ermitteln, inwieweit die Auswahl und Variation von Gerüstbaustoffen die wesentlichen mechanischen Eigenschaften einer Rasentragschicht beeinflussen.

### Rasentragschicht und Gerüstbaustoffe

Eine Rasentragschicht besteht aus Gerüstbaustoffen wie Sanden, Lava, Oberboden, Torf, Kompost und gewissen Zusatzstoffen (DFB, 2017). Ihre Aufgabe ist es, die Rasendecke zu tragen und den zur Etablierung und Erhaltung der Rasendecke erforderlichen

\*) Auszug aus der praxisbezogenen Aufgabe (Hausarbeit) für die Fortbildungsprüfung zum Geprüften Head-Greenkeeper Sportplatzpflege an der DEULA Rheinland, 2019

Hauptwurzel- und Nährstoffraum zur Verfügung zu stellen (SKIRDE, 1978). Die Auswahl der jeweiligen Gerüstbaustoffe ist stark von der regionalen Verfügbarkeit sowie den jeweiligen Anforderungen geprägt, wobei mechanische bzw. physikalische Eigenschaften einer Rasentragschicht im Fokus stehen.

Bei der Verwendung von Sanden als Gerüstbaustoff sollten eher Quarzsande als Kalksande bevorzugt werden. Bei der Nutzung von organischer Substanz in Form von Oberboden, Torf, Kompost oder Rindenhumus ist auf die Dosierungsmenge zu achten. Beim Einsatz von Oberboden ist die Gewinnung, Lagerung und Bearbeitung so zu bewerkstelligen, dass regenerationsfähige Pflanzenteile und keimfähige Samen möglichst gering gehalten werden (DIN, 2018). MATTHIES et al. (2004) verweisen darauf, dass die Verwendung von Oberboden als Gerüstbaustoff in einer sanddominanten Rasentragschicht zu einem 3-5 % geringeren Porenvolumen führte. Nach REINDERS et al. (1999) ist jedoch die Verwendung von organischer Substanz von grundsätzlicher Bedeutung für die Funktionsfähigkeit einer belastbaren Rasenfläche. Die Verwendung von Torf trägt zu einem verbesserten Wasserspeichervermögen der Rasentragschicht bei (DFB, 2017). Lava als Gerüstbaustoff besitzt aufgrund der raueren Oberfläche eine höhere Scherfestigkeit und aufgrund der petrographischen Beschaffenheit eine höhere Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität im Vergleich zu Sand (PRÄMASSING, 2016). Bei der Verwendung eines überhöhten Anteils stark bindigen Bodens in Kombination mit einem zu groben Lavasand, kann es rasch zu Bodenverdichtungen kommen (DFB, 2017). Gravierende Nachteile entstehen, wenn im Rahmen der Aufbereitungstechnik das Lavakorn gebrochen wird. Auf die entstandenen

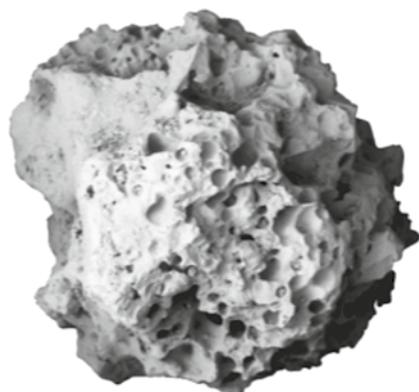


Abb. 2: Mikroraster-Aufnahme eines gesiebten Lavakorns der Körnung bis 2 mm. (Foto: J. Cordel)

scharfkantigen Lavasande reagieren Pflanzenwurzeln sehr empfindlich. Der Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen <0,063 mm sollte 5 M.-% nicht übersteigen (PRÄMASSING, 2016).

Neben der Art des Vorkommens spielt die Aufbereitungstechnik für die Nutzung von Lava im Vegetationsbereich eine wichtige Rolle. Siebverfahren unter Verwendung von Wasser sind hier besonders vorteilhaft, es entsteht eine runde und nicht scharfkantige Kornform (Abbildung 2).

### Physikalisch-mechanische Anforderungen

Die physikalischen sowie auch chemischen Eigenschaften einer Rasentragschicht bestimmen im Wesentlichen den Grad der Nutzungsintensität (GANDERT, 1973).

Nach SKIRDE (1978) muss für die Belastbarkeit einer Rasensportfläche eine angemessene Tragfähigkeit vorliegen, diese ist nur bei einer ausreichenden Wasserabführung gewährleistet. Wasserdurchlässigkeit und eine hinreichende Scherfestigkeit der RTS gelten als Basis-Faktoren im Bereich der physikalisch-mechanischen Anforderungen. FRANKEN (1994) weist jedoch zusätzlich darauf hin, dass aus rasenbiologischer Sicht außerdem auf eine Wasser- und Nährstoffspeicherung sowie Durchlüftung zu achten ist. So sind Durchlüftung und Wasserdurchlässigkeit positiv korrespondierende Ziele, für alle anderen Anforderungen müssen Kompromisse eingegangen werden.

Aufgrund der Benutzungsintensität durch den Spielbetrieb kommt es zu Verdichtungen, die zur Veränderung des Porensystems führen. Höhere Lagerungsdichten bedeuten eine Abnahme der Grobporen und eine Zunahme der Feinporen (PRÄMASSING, 2016). Geeignete Pflegemaßnahmen sowie möglichst porenstabile Rasentragschichtgemische können dem entgegenwirken.

### Vegetationstechnische Anforderungen

Aus vegetationstechnischer Sicht sollte die Rasentragschicht eine leichte und intensive Durchwurzelbarkeit für die Gräser gewährleisten sowie ein bestimmtes Boden-Wasser-Luft-Verhältnis aufweisen (SKIRDE, 1978).

Mikroorganismen-Aktivität sowie Nährstoffaufnahme durch die Wurzeln kann

nur dann stattfinden, wenn ausreichend Sauerstoff im Boden vorhanden ist (AMELUNG et al., 2018). Bodenluft ist lebenswichtig für die Atmung der Mikroorganismen und die Wurzelentwicklung der Rasengräser. Das Bodengefüge muss sicherstellen, dass eine ausreichende Luftdurchlässigkeit für den Gasaustausch gewährleistet ist. Eine Reduzierung des Grobporenanteils (>50 mm) führt zu einer Steigerung des Anteils an Mittel- und Feinporen und bewirkt eine Verringerung der Diffusionsmöglichkeit (THIEME-HACK et al., 2018).

Der Anteil an organischer Substanz sollte nach DIN 18035-4 zwischen 1 und 3 M.-% liegen. Da ein zu hoher Anteil an organischer Substanz in Verbindung mit starker Wasserrückhaltung bzw. mangelnder Wasserinfiltration steht, sieht die Norm eine obere Begrenzung von 3 M.-% vor. Entscheidend hierbei ist es, in welcher Form und Menge sie Verwendung findet.

Je höher der Ton- oder Humusgehalt und der pH-Wert einer Rasentragschicht sind, umso höher ist die jeweilige Kationenaustauschkapazität (KAK). Mit steigendem pH-Wert werden H<sup>+</sup>-Ionen leichter aus dem Kristallgitter gelöst und können mit neuen Kationen besetzt werden (AMELUNG et al., 2018).

## Material und Methoden

### Standort und Versuchsaufbau

Die baulichen Vorbereitungen der Versuchflächen erfolgten in der Zeit von Mai bis Juli 2018. Es wurde zunächst eine Außenfläche in einem Substratwerk in Gerolstein-Gees vorgesehen. Zur Absicherung bei ungünstigen Witterungseinflüssen wurde im Dezember 2018 eine zusätzliche Versuchfläche im witterungsgeschützten Bereich des Werksgeländes eingerichtet. Aufgrund der winterlichen Witterung wurden die Rasentragschicht-Gemische tatsächlich ausschließlich im Werksgelände Gerolstein eingebaut (Abbildung 3).



Abb. 3: Versuchspartellen in der Halle im Werksgelände Gerolstein. (Foto: J. Cordel)

Der Aufbau erfolgte gemäß eines gängigen Konstruktionsprinzips der DIN 18035-4 als Drainschicht-Bauweise aus einer 15 cm starken Drainschicht aus gewaschenem Rheinsand 0/2 mm und 12 cm starker Rasentragschicht. Sämtliche verbauten Materialien entsprachen den Anforderungen der DIN 18035-4. Der Einbau erfolgte von Hand, die erforderliche Verdichtungsleistung wurde statisch mit einer handgeführten Glattmantelwalze hergestellt.

Zur optimierten Verzahnung erfolgte im Anschluss ein Aufrauen der Drainschichtoberfläche. Die Zusammenführung der Gerüstbaustoffe der jeweiligen Rasentragschichtgemische erfolgte volumetrisch. Das anschließende Vermischen fand in einem Zwangsmischer statt, optische Prüfungen zeigten nach Beendigung des Mischvorgangs homogene Rasentragschichtgemische. Die jeweiligen Rasentragschichtgemische wurden dann über Kopf auf die

Drainschicht von Hand in einer Stärke von 12 cm im verdichteten Zustand aufgebracht. Zur Herstellung der gewünschten Lagerungsdichte wurde ebenfalls eine handgeführte statische Walze verwendet. Während des Verdichtungsvorgangs erfolgte die Kontrolle der Lagerungsdichte, um den jeweils gewünschten Verdichtungsgrad zu erreichen bzw. nicht zu überschreiten.

Die Versuche wurden ohne Vegetationsdecke durchgeführt, damit die mechanischen Eigenschaften des Substrates unmittelbar erfasst und vergleichbar ausgewertet werden konnten.

### Gerüstbaustoffe

Als Gerüstbaustoffe für die Rasentragschichtgemische wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Materialien verwendet. Abbildung 4 zeigt die Kornverteilungskurven nach kombinierter Nass-Trockensiebung der jeweiligen Gerüstbaustoffe.

### Rasentragschichtgemische

Zur Ermittlung der Messwerte wurden insgesamt sechs Rasentragschichtgemische konzipiert. Unterscheidungsmerkmale lagen u.a. bei dem jeweiligen verwendeten Anteil an Lava. Er betrug bei Variante 1 40 Vol.-% bei den Varianten 2, 2a, 2b, 2c jeweils 25 Vol.-% und bei Variante 3 kam kein Lavasand zum Einsatz (Tabelle 2).

Der Faktor organische Substanz wurde durch den Einsatz von Oberboden und/oder Weißtorf definiert. Die Varianten 1, 2b und 2c wurden mit 15 Vol.-% Torf und ohne Oberboden gemischt. Die Varianten 2, 2a, 3 wurden mit jeweils 10 Vol.-% Oberboden und zusätzlich 10 Vol.-% Weißtorf angerei-

Gerüstbaustoff	Körnung	Bezeichnung
Lava	0-3 mm	LA03
Gewaschener Quarzsand	0-2 mm	GQ02
Gewaschener Quarzsand	0-1 mm	GQ01
Gewaschener Quarzsand	0,1-1,0 mm	GQ011
Gewaschener Quarzsand	0,2-2,0 mm	GQ022
Natursand	0-2 mm	NS02
Weißtorf	k.A.	WT
Oberboden	0-4 mm	O04

Tab. 1: Übersicht der verwendeten Gerüstbaustoffe für RTS-Gemische.

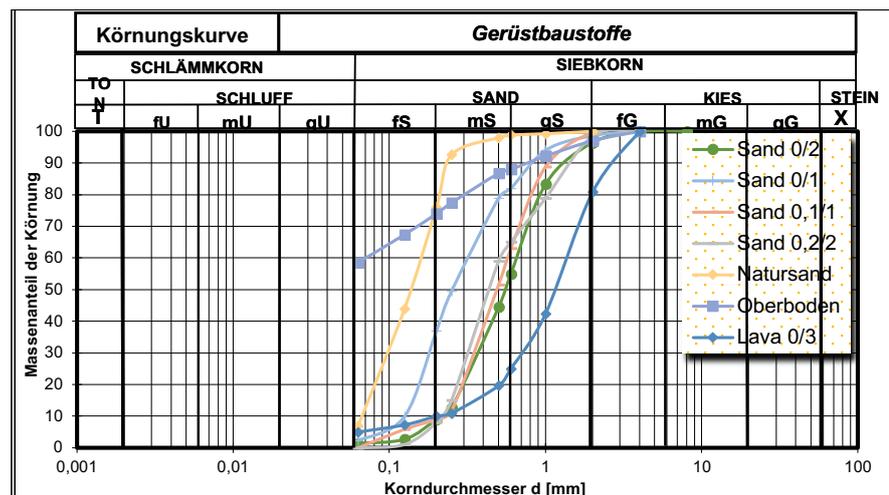


Abb. 4: Körnungskurven der verwendeten Gerüstbaustoffe.

Material	Einheit	Rasentragschicht					
		1	2	2a	2b	2c	3
Lava 0/3	Vol.-%	40	25	25	25	25	-
Sand 0/2	Vol.-%	20	-	-	20	20	40
Sand 0/1	Vol.-%	25	30	30	25	25	40
Sand 0,1/1	Vol.-%	-	20	20	5	-	-
Sand 0,2/2	Vol.-%	-	-	10	10	25	-
Natursand	Vol.-%	15	15	5	15	-	10
Oberboden	Vol.-%	-	10	10	-	-	10
Torf	Vol.-%	15	10	10	15	15	10

Tab. 2: Zusammensetzung Rasentragschichtgemische.

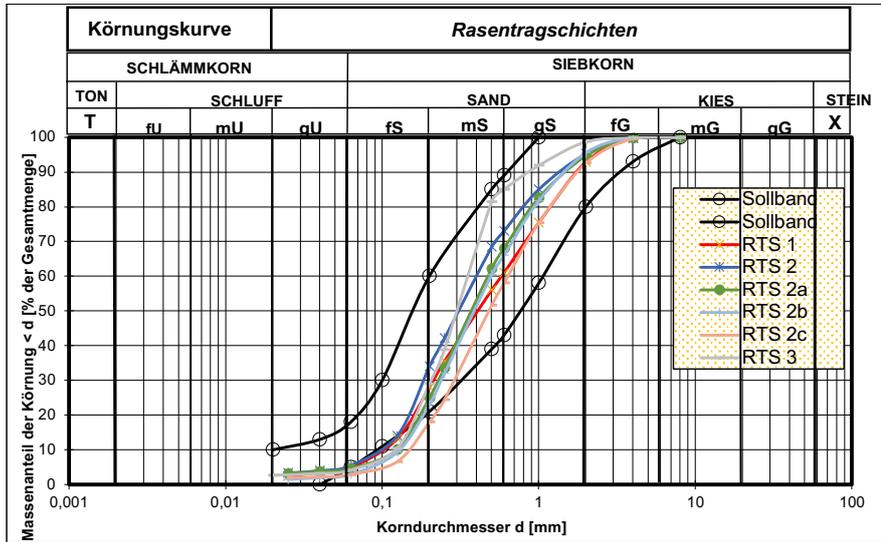


Abb. 5: Körnungskurven der untersuchten Rasentragschichtgemische.

Rasentragschicht-Varianten	pH-Wert	Org. Substanz (M.-%)	Max. WK (Vol.-%)	KAK (cmol <sup>+</sup> /kg)
1	5,7	1,9	47,4	7,2
2	6,1	1,7	43,3	5,3
2a	6,2	2,4	46,2	5,3
2b	4,9	1,4	47,3	5,3
2c	5,1	1,5	46,2	5,3
3	6	1,6	40,20	3,7

Tab. 3: pH-Wert, organische Substanz, max. Wasserkapazität und KAK der untersuchten Rasentragschichtgemische.

Rasentragschichtgemische	Proctordichte D <sub>PR</sub> 100 %	Wassergehalt bei D <sub>PR</sub> 100 %	Proctordichte D <sub>PR</sub> 95 %
1	1,558	19,40	1,480
2	1,569	20,30	1,491
2a	1,598	18,10	1,518
2b	1,583	18,00	1,504
2c	1,581	16,50	1,502
3	1,596	15,50	1,516

Tab. 4: Proctordichte der untersuchten Rasentragschichtgemische.

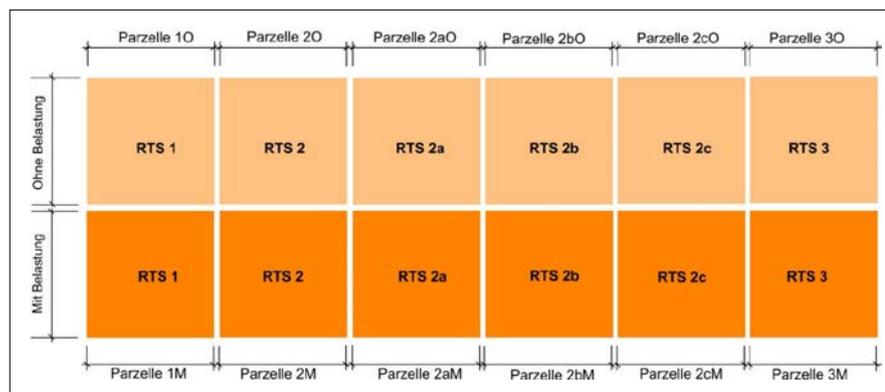


Abb. 6: Übersichtsplan zur Anordnung der Versuchspartellen mit und ohne Belastung.

chert. Die jeweiligen Rezepturen bzw. Zusammensetzungen der Rasentragschichtgemische sind Tabelle 2 zu entnehmen.

In Abbildung 5 sind die Kornverteilungskurven der Rasentragschichtgemische 1 bis 3 dargestellt. Laborergebnisse über Bodenreaktion, organische Substanz, max. Wasserkapazität und Kationenaustauschkapazität (KAK) sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Tabelle 4 führt die einbaurelevanten Proctordichten und die zugehörigen Wassergehalte auf.

## Versuchsanlage

### Parzellenaufbau

Der Einbau der sechs Rasentragschichtgemische erfolgte in zwölf Parzellen (Größe 3 x 3 m) Die Einbaustärke der Rasentragschicht betrug ca. 12 cm im verdichteten Zustand. Der Einbau der RTS-Gemische erfolgte mit einer Einbaudichte von ca. 90 % D<sub>PR</sub>. Die Kontrolle erfolgte an allen Parzellen über Stechzylinderentnahme. Der Einbauwassergehalt war stets erdfeucht, Kontrollen ergaben Wassergehalte zwischen 8-12 M.-%. Die genaue Anordnung der Parzellen ist der Abbildung 6 zu entnehmen.

### Belastungssimulationen

Auf den Parzellen 1 M bis 3 M erfolgte eine Belastungssimulation. Dabei wurden eine statisch arbeitende Glattmantelwalze (500 kg, Walzenbreite 100 cm) und dynamisch arbeitende Rüttelplatten (72 kg bzw. 163 kg) eingesetzt. Ziel der Belastungssimulation war es, die Lagerungsdichten von zunächst ca. 90 % D<sub>PR</sub> schrittweise um 3-5 % auf ca. 93 % D<sub>PR</sub> bzw. 98 % D<sub>PR</sub> zu steigern.

### Versuchsablauf

Zur Vorbereitung der Versuchsdurchführung wurden die nachfolgenden, einbaurelevanten Parameter im Labor (Eigen- und Fremdlabor) ermittelt.

- Kornverteilung,
- Proctordichte,
- Scherfestigkeit
- Wasserdurchlässigkeit nach LK-Methode,

- max. Wasserkapazität,
- pH-Wert,
- organische Substanz,
- Kationenaustauschkapazität (KAK).

Die Laboruntersuchungen erfolgten gemäß DIN 18035-4. Im ersten Schritt fanden die Feldmessungen an allen sechs unbelasteten Parzellen direkt nach dem Einbau der RTS-Gemische statt. Weitere Messungen erfolgten dann jeweils nach der Steigerung der Lagerungsdichte durch die simulierten Belastungen. Somit wurden drei Messreihen bei den Proctordichten von ca. 90 %, 93 %, und 98 %  $D_{PR}$  ausgeführt.

## Untersuchungs-Methoden

### Bodenphysikalische Untersuchungen

Zur Ermittlung der bodenphysikalischen Parameter im Rahmen der Feldversuche wurden folgende Messinstrumente eingesetzt.

- Stechzylinder = Lagerungsdichte,
- Pogo Turf Pro Stick = Feuchtigkeit,
- Clegg-Hammer = Oberflächenhärte,
- Doppelring-Infiltrometer = Wasserdurchlässigkeit,
- Flügelsonde = Scherfestigkeit.

Mit der Stechzylinder-Methode wurden die Lagerungsdichten jeweils vor bzw. nach der Belastungssimulation an drei Entnahmestellen ermittelt.

Die Bestimmung der Bodenfeuchte mit dem Pogo Turf Pro erfolgte an jeweils 10 Messstellen innerhalb der Parzellen. Die Ermittlung der Boden Härte wurde mit dem Clegg-Hammer (Clegg Impact Soil Tester Typ CIST / 883) jeweils an drei Messpunkten/Parzelle vorgenommen. Die Wasserdurchlässigkeit wurde mit einem Doppelring-Infiltrometer an zwei Messstellen pro Parzelle gemessen.

Die Prüfung der Scherfestigkeit erfolgte, analog der Vorgaben der DFL (2018), zwei Stunden nach Durchführung der Wasserinfiltrationsmessung innerhalb der Zylinder an vier Messpunkten bei gesättigtem Zustand des Rasentragschichtgemisches. Es wurde die Flügelsonde GEONOR Typ H-60 mit einem Flügel von  $B=20$   $L=40$  mm eingesetzt.

## Korrelationen

Zur Auswertung möglicher Zusammenhänge der bodenmechanischen Eigenschaften wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Der ermittelte Korrelationskoeffizient  $r$  kann hierbei Werte von -1 bis +1 annehmen. Ein positiver Wert signalisiert eine positive lineare Zunahme der zu vergleichenden Faktoren, ein negativer Koeffizient die negative Zunahme. Wenn der Wert bei 0 liegt, besteht kein linearer Zusammenhang (WIKIPEDIA, 2019).

## Ergebnisse

### Bodenphysikalische Ergebnisse

#### Bodenhärte

Die Boden Härte wurde abhängig von der Lagerungsdichte bei folgenden Bodenfeuchten gemessen:

- 90 %  $D_{PR}$  ca. 9-11 M.-%
- 93 %  $D_{PR}$  ca. 11-14 M.-%
- 98 %  $D_{PR}$  ca. 12-15 M.-%

Die im Feld mittels Clegg-Hammer gemessenen Boden Härten (Gm) zeigen einen deutlichen Anstieg bei zunehmender Lagerungsdichte. Insbesondere bei einer Einstellung der Lagerungsdichte von ca. 98 %  $D_{PR}$ . Die Parzelle 1 mit einem Lava Anteil von 40 M.-%

weist eine höhere Boden Härte bei allen Lagerungsdichten als die Varianten mit einem geringeren oder fehlenden Anteil an Lavasand auf. Die Parzellen 2, 2a, 2b und 2c mit jeweils einem identischen Lava-Anteil von 25 % weisen unterschiedliche Boden Härten auf. Auffallend ist, dass die oberbodenhaltigen Parzellen 2 und 2a jeweils höhere Werte als die Parzellen 2b und 2c ohne Oberboden liefern. Identisches Verhalten ist bei den Messungen in Parzelle 3 mit Oberboden zu Parzellen 2b und 2c mit jeweils 25 % Lava-Anteil und ohne Oberboden zu erkennen. Die geringsten Boden Härten werden in Parzelle 3, 2b und 2c bei allen Lagerungsdichten gemessen (Abbildung 7).

### Wasserinfiltration – Wasserdurchlässigkeit

Die Wasserinfiltrationsraten nehmen mit zunehmender Lagerungsdichte deutlich ab. Die Abnahme ist bei der ersten Belastungssimulation von 90 auf 93 %  $D_{PR}$  noch als gering einzustufen. Bei Steigerung auf 98 %  $D_{PR}$  sind alle Parzellen von einer starken Abnahme der Infiltration betroffen. Allerdings liegen alle Parzellen bei 90 und 93 %  $D_{PR}$  weit über dem geforderten Wert von  $>60$  mm/h. Parzelle 1 und Parzelle 2 zeigen bei zunehmender Lagerungsdichte auf 98 %  $D_{PR}$  verminderte bzw. nicht ausreichende Wasserinfiltrationsraten. Die höchste Wasserinfiltrationsrate ist in Parzelle 2c zu verzeichnen, gefolgt von Parzelle 2b und Parzelle 3 (Abbildung 8).

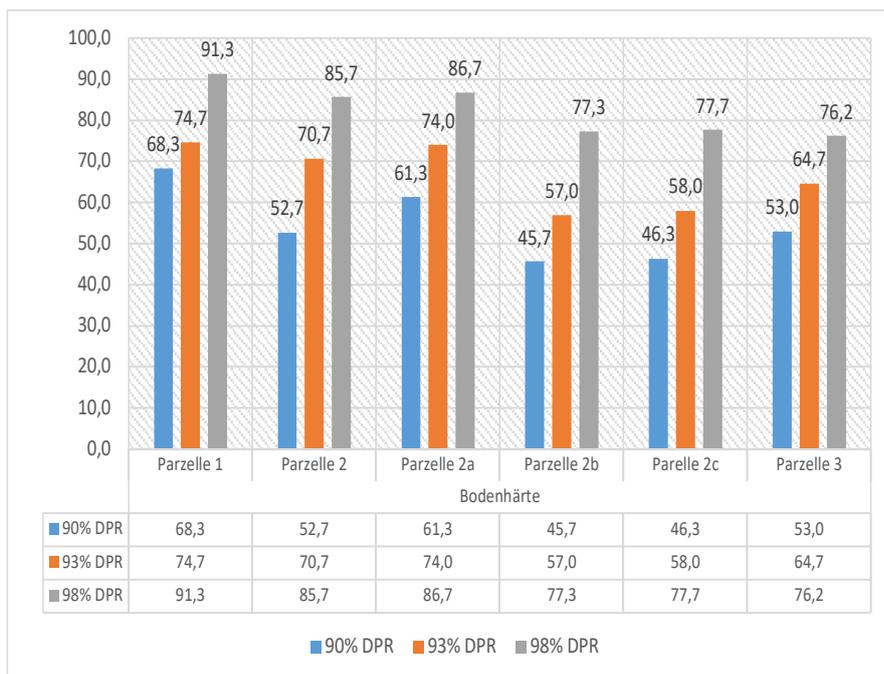


Abb. 7: Mit Clegg-Hammer ermittelte Boden Härte (Gm) für Parzellen 1-3 in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte.

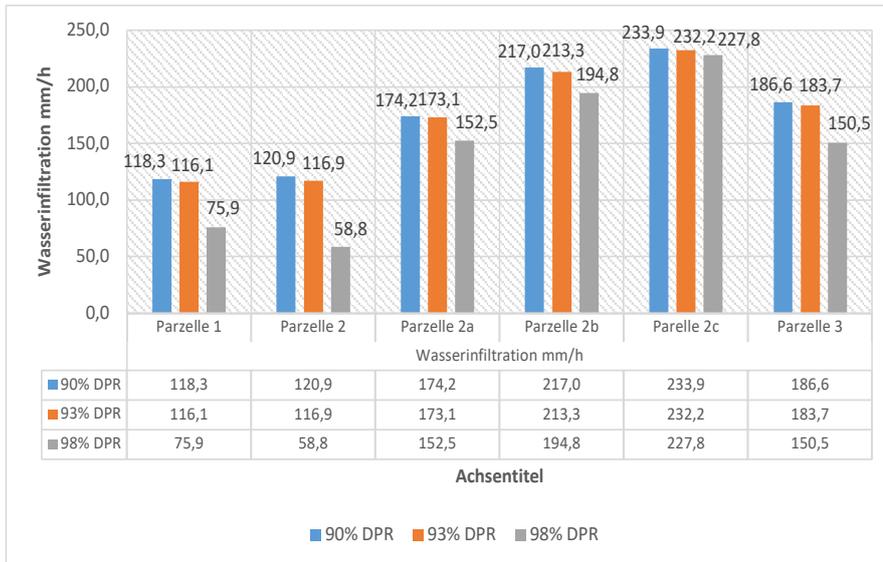


Abb.: 8 Wasserinfiltrationsraten (mm/h) mit dem Doppelring-Infiltrometer für die Parzellen 1-3 in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte.

### Scherfestigkeit

Alle Varianten erreichen bereits bei der geringen Lagerungsdichte von 90 %  $D_{PR}$  eine Scherfestigkeit, die über der Anforderung nach DIN 18035-4 liegt. Insbesondere Parzelle 3 liegt mit 12,9 kPa nur knapp über den Anforderungen, bei zunehmender Lagerungsdichte werden die Anforderungen voll erfüllt (Abbildung 9). Tendenziell kann eine Zunahme der Scherfestigkeit bei steigender Lagerungsdichte verzeichnet werden. Die in Parzelle 1 gemessenen Werte liegen bereits bei geringer Lagerungsdichte mit 20,1 kPa in einem sehr hohen Bereich. In Parzelle 2-2c werden mit zunehmender Lagerungsdichte auch starke Zunahmen bei der Scherfestigkeit gemessen. Auffällig ist, dass die Varianten mit ei-

nem Lava-Anteil von 40 M.-% bzw. 25 M.-% grundsätzlich wesentlich höhere Scherfestigkeiten aufweisen als die sanddominante Variante in Parzelle 3. Im Vergleich zum jeweiligen arithmetischen Mittelwert (90, 93, 98 %  $D_{PR}$ ) liegen die Scherfestigkeiten bei Variante 3 ca. 33 % unter den der Variante 1 und ca. 22 % unter den der Varianten 2-2c. Ebenso ist bei einer Reduzierung des Lavaanteils von 15 M.-% im Bezug Parzelle 1 zu 2, 2a, 2b und 2c ein Rückgang der Scherfestigkeit von ca. 13,5 % festzustellen.

### Korrelationsberechnungen

Bei den Messungen der verschiedenen bodenphysikalischen Eigenschaften wurden deutliche Zusammenhänge bei verschiedenen Kriterien erkennbar:

- Bodenhärte und Scherfestigkeit,
- Scherfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit.

Zur Ermittlung der Beziehungen wurden die jeweiligen Korrelationskoeffizienten im Rahmen einer Korrelationsanalyse berechnet.

### Korrelation Bodenhärte zu Scherfestigkeit

Zusammenhänge sind in Parzelle 1 bis 2c zwischen Scherfestigkeit und Bodenhärte deutlich erkennbar. So kann hier eine höhere Bodenhärte mit einer höheren Scherfestigkeit in Verbindung gebracht werden. Die in Parzelle 3 gemessenen Werte zeigen zwar auch diesen Zusammenhang, jedoch in nicht so stark ausgeprägter Form. Folgende Korrelationskoeffizienten konnten berechnet werden:

- 90 %  $D_{PR}$   $r = 0,857$
- 93 %  $D_{PR}$   $r = 0,797$
- 98 %  $D_{PR}$   $r = 0,651$

Die ermittelten Korrelationskoeffizienten bestätigen mit einem positiven Wert  $>0,5$  einen starken positiven Zusammenhang zwischen Bodenhärte und Scherfestigkeit.

### Korrelation Scherfestigkeit zu Wasserdurchlässigkeit

Im Bereich der Wasserinfiltration und Scherfestigkeit sind ebenfalls Zusammenhänge erkennbar. Bei Lagerungsdichten von 90 %  $D_{PR}$  und 93 %  $D_{PR}$  liegen Korrelationskoeffizienten im Bereich von  $-0,616$  und  $-0,692$ . Dies bedeutet, dass mit zunehmender Scherfestigkeit eine Abnahme der Wasserinfiltration einhergeht. Dieser Zusammenhang trifft allerdings bei 98 %  $D_{PR}$  nicht zu, da hier der Korrelationskoeffizient bei  $-0,134$  liegt. Auffällig ist, dass die Varianten 2b und 2c hier maßgeblichen Einfluss nehmen, d.h. trotz einer hohen Scherfestigkeit eine sehr hohe Wasserdurchlässigkeit aufweisen. Eine isolierte Berechnung des Koeffizienten (ohne Parzelle 2b und 2c) liefert einen Wert von  $-0,690$  und spiegelt die Werte aus den Berechnungen bei 90 %  $D_{PR}$  und 93 %  $D_{PR}$  wider.

### Diskussion

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass bodenmechanische Eigenschaften einer Rasentragschicht stark über die Variation der Gerüstbaustoffe zu be-

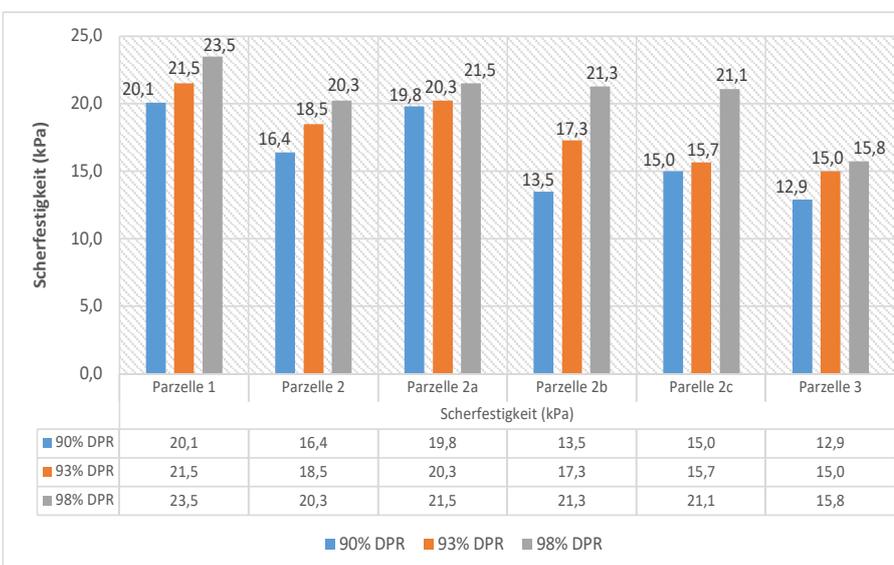


Abb. 9: Scherfestigkeitsmessungen in kPa für die Parzellen 1-3 in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte.

einflussen sind. Ebenso deutet die Belastungssimulation darauf hin, dass bei zunehmender Lagerungsdichte signifikante Veränderungen der bodenmechanischen Eigenschaften eintreten. Generell ist die Abnahme der Wasserinfiltrationsrate klar messbar. Als Grund kann hier die Abnahme an Grobporen durch die Verdichtung bzw. Belastung angeführt werden (PRÄMASSING, 2007). Gerüstbaustoffe, wie z.B. Lava, verbessern aufgrund der rauen Oberflächenbeschaffenheit die Scherfestigkeit deutlich, sie führen jedoch auch bei einem erhöhten Anteil zu einer härteren Oberfläche. Da die Tragfähigkeit nach SKIRDE (1978) als Grundvoraussetzung für eine belastbare Sportfläche gilt und diese durch eine hohe Scherfestigkeit erreicht werden kann, bieten geeignete Gerüstbaustoffe die Möglichkeit zur Optimierung. So ist die Scherfestigkeit bei einem Rasentragschichtgemisch mit 40 M.-% Lava ca. 24 % höher als bei einer sanddominanten RTS. Eine deutliche Reduzierung der Boden Härte in Kombination mit einer hohen Scherfestigkeit von ca. 21 kPa ist bei einer Reduzierung des Lava-Anteils von 40 M.-% auf 25 M.-% festzustellen.

Eine hohe Wasserinfiltration ist bei den Rasentragschicht-Gemischen mit Gerüstbaustoffen, die einen geringen Anteil der Kornfraktion von 0,02 bis 0,125 mm besitzen, charakteristisch. Organische Substanz oder ungewaschene Sande mit entsprechend hohem Schluffanteil tragen zu einer Reduzierung der Wasserdurchlässigkeit bei. So bewirkt die Reduzierung des Natursand-Anteils um 10 M.-% zugunsten eines gewaschenen Sand 0,2-2 mm eine ca. 2,5-fach höhere Wasserinfiltration. Analog hierzu ist das Verhalten bei Verwendung von organischer Substanz in Form von bindigem Oberboden. Die Variation bzw. Reduzierung des Gerüstbaustoffs Oberboden um 10 M.-% zugunsten eines gewaschenen Sandes 0,2-2 mm verursacht eine ca. 3-fach höhere Wasserinfiltration. Nach MEHNERT (2018) können durch Spielbetrieb und Befahrung im Rahmen von Pflegemaßnahmen bei ungünstigen Witterungsbedingungen bzw. hoher Bodenfeuchte unerwünschte Suffosionseffekte entstehen. Die daraus resultierende Verlagerung feiner Bodenteilchen an die Oberfläche kann zu einer zusätzlichen Minderung der Wasserinfiltration beitragen. Dieser Effekt konnte im Rahmen der Facharbeit jedoch nicht nachgestellt werden. SKIRDE (1978) stellt die Wasserdurchlässigkeit als entscheidendes Kriterium

im Sinne der bodenmechanischen Belastbarkeit einer Sportanlage dar und weist darauf hin, dass Wasserdurchlässigkeit und Sorptionsvermögen nicht positiv korrelieren. Diese Aussage deckt sich mit der untersuchten sanddominanten Rasentragschicht 3 mit einer Kationenaustauschkapazität von 3,7 cmol<sup>+</sup>/kg. Abweichend von dieser Aussage ist jedoch festzustellen, dass bei Verwendung von 40 M.-% Lava als Gerüstbaustoff in RTS 1 eine knappe Verdoppelung der KAK (7,2 cmol<sup>+</sup>/kg) in Kombination mit einer hohen Wasserdurchlässigkeit eintrat.

Für weiterführende Untersuchungen empfiehlt es sich, die Prüfungen der RTS in Verbindung mit einer vitalen Rasendecke durchzuführen.

## Zusammenfassung

In einem Feldversuch wurden sechs RTS-Varianten bei verschiedenen Verdichtungsgraden mit bodenphysikalischen Prüfmethode verglichen.

Die Untersuchungen zeigten, dass die Variation von Gerüstbaustoffen die mechanischen Eigenschaften beeinflussen kann. So lassen sich einerseits positive Korrelationen bei Boden Härte und Scherfestigkeit dokumentieren, andererseits werden aber auch negative Beziehungen zwischen Wasserdurchlässigkeit und Scherfestigkeit deutlich. Gerüstbaustoffe wie Lava erhöhen die Scherfestigkeit und verbessern das Sorptionsvermögen. Sande tragen zu einer geringeren Boden Härte bei und führen je nach Zusammensetzung zu einer hohen Wasserinfiltrationsrate. Torf und Oberboden wirken biologisch günstig und tragen u.a. zur Bildung eines Sorptionskomplexes bei, sie sollten jedoch nur in begrenzten Mengen zum Einsatz kommen.

Mit der Variationsmöglichkeit der Gerüstbaustoffe besteht die Möglichkeit zur Herstellung ressourcenschonender Strapazierrasenflächen unter Berücksichtigung der Anforderungen durch den Betreiber bzw. durch die Nutzer.

## Literatur

- ACHTERBERG, U., 2002: Bemessungsgrundlage für die Wasserdurchlässigkeit und Wasserspeicherung von belastbaren Vegetationsflächen. RASEN - TURF - GAZON, S. 12-25.
- AMELUNG, W. et al., 2018: Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. 17. Aufl. Springer Spektrum, Berlin, 569 S.

- DFB, 2017: Sportplatzbau & -Erhaltung. Deutscher Fußball-Bund, Frankfurt/Main.
- DFL, 2018: Qualitätssicherung für Stadionrasen. Deutsche Fußball-Liga (DFL), Frankfurt/Main.
- DIN 18035-4, 2018: Sportplätze – Rasenflächen. Beuth-Verlag, Berlin.
- FRANKEN, H., 1994: Anforderungen an einbaufertige Rasentragschichten. RASEN - TURF - GAZON, S. 92-95.
- GANDERT, K.-D., 1973: Zur Bewertung der Gebrauchseigenschaften von Sportrasenflächen. RASEN - TURF - GAZON, S. 53-56.
- MATTHIES, D., B. WOLF u. G. ARMBRUSTER, 2004: Eignung von Quarzsanden als Gerüstbaustoffe im Sportplatzbau. RASEN - TURF - GAZON, S. 4-11.
- MEHNERT, C., 2018: HGK-Kurs. Deula Kempen.
- PRÄMASSING, W., 2007: Veränderung bodenphysikalischer Eigenschaften durch Aerifiziermaßnahmen auf belastbaren Rasenflächen. Aachen: Shaker Verlag.
- PRÄMASSING, W., 2016: Bodenkunde, A-Kurs Greenkeeper. Deula Kempen.
- REINDERS, A., H. FRANKEN u. M. MERZ, 1999: Zur langfristigen Entwicklung der organischen Substanz in belastbaren Vegetationsschichten. RASEN - TURF - GAZON, S. 84-89.
- SKIRDE, W., 1978: Vegetationstechnik Rasen und Begrünung. Gießen: Patzer Verlag.
- THIEME-HACK, M. (Herausg.) et al., 2018: Handbuch Rasen. Stuttgart: Eugen Ulmer, 352 S.
- WIKIPEDIA, 2019: Korrelationskoeffizient. <https://de.wikipedia.org/wiki/Korrelationskoeffizient>, abgerufen 4.11.2019.

### Autor:

Dipl. Ing. (FH) Jan Cordel  
Geprüfter Head-Greenkeeper  
Fachagrarwirt  
Sportstätten-Freianlagen  
54570 Wallenborn  
j.cordel@cordel.de

### Bearbeitet von:

Dr. Klaus G. Müller-Beck,  
Ehrenmitglied Greenkeeper Verband  
Deutschland e.V.  
48291 Telgte  
klaus.mueller-beck@t-online.de