

Regenerationspflege von Hybridrasenflächen – Möglichkeiten und Grenzen

Bauer, M.

Zusammenfassung

Seit einigen Jahren steht der Hybridrasen für Sportplätze wieder im Fokus der Forschung. Im Mittelpunkt des Interesses steht seit Beginn die Erhöhung der Strapazierfähigkeit und Belastbarkeit von Sportrasenflächen. Untersuchungen an der Hochschule Osnabrück zu unterschiedlichen Hybridrasen-Tragschichtmischungen haben statistisch keine Vorteile gegenüber der Tragschicht ohne Faser-Armierung ergeben (FLACHMANN, 2016). Doch glaubt der Kunde an die angepriesenen Vorteile der Hersteller, werden wissenschaftliche und statistisch nachgewiesene Auswertungen kein Hindernis sein, eine Hybridrasentragschicht einzubauen.

So stellt sich nach der Herstellung eines Hybridrasensportplatzes die Frage der Pflegemaßnahmen. Denn trotz einer sachgerecht gepflegten Sportrasenfläche kann es zu Problemen kommen. Beispielsweise erfolgt eine Anreicherung von organischer Substanz in den obersten Zentimetern der armierten Rasentragschicht (RTS). Das Topdressing, das Auftragen von Sand, führt darüber hinaus zu einer Abdeckung der armierten RTS. Die armierte RTS verliert auf diese Weise nach und nach ihre Funktion. Spätestens nach einem Jahr Belastung, Pflege und Unterhaltung werden Maßnahmen zur Regeneration notwendig. Wie die Fasern und das Abfräsen des oberen Horizontes die Regenerationspflege beeinflussen, wurde im Umfang einer Masterarbeit an der Hochschule Osnabrück untersucht.

Summary

For some years by now researches focus on hybrid turf on sports grounds. Since the beginning it is of the utmost importance to study how to boost the durability and the robustness of the sports grounds. Tests made at the University of Applied Science of Osnabrück on different mixtures of hybrid turf for base layers show no statistically significant advantages compared to base layers without fiber armoring (FLACHMANN, 2016). However, when the purchaser believes the advertised producers' advantages, the statistical and scientifically proven evaluation will no longer be an handicap to install an hybrid turf base layer.

After the sports ground covered with hybrid turf has been installed, it will be important to develop tending strategies because problems may occur, even if the sports ground becomes an appropriate maintenance. It can happen that organic substances accumulate in the armored upper turf layer (RTS). Furthermore, the armored RTS will be covered when sand is thrown on the sports ground. Subsequently, the armored RTS loses its function gradually. After a year long strain, tending and maintenance, it will be necessary to take steps for its regeneration. In a Master's thesis of the University of Applied Science of Osnabrück they analyse how the fibres and to remove the toplayer by milling influence the regeneration.

Résumé

Depuis plusieurs années déjà on fait d'intenses recherches sur les gazons hybrides pour les terrains de sport. Depuis la première heure on porte un intérêt tout particulier à accroître la robustesse et la résistance des terrains de sport. Lors de tests faits à l'Ecole Supérieure Technique d'Osnabrück sur différents mélanges de gazons hybrides pour couches porteuses de gazon, on a pu démontrer que, du point de vue des statistiques, ces dernières ne présentent aucun avantage lorsqu'on les compare à une couche porteuse de gazon non fixée par des fibres végétales (FLACHMANN, 2016). Toutefois, si le client prête foi aux avantages prisés par les producteurs, toutes les évaluations justifiées à la fois scientifiquement et statistiquement ne pourront l'empêcher d'installer une couche de base porteuse d'un gazon hybride.

C'est pourquoi, après avoir recouvert un terrain de sport d'un gazon hybride, il faut absolument se poser la question des mesures à prendre pour son entretien. En effet, même si on assure un entretien approprié, il peut y avoir des problèmes. Comme, par exemple, de constater que les derniers centimètres de la couche porteuse de gazon (RTS) fixée par des fibres végétales est enrichie d'une substance organique. Cela résulte, après un apport de sable, en la couverture du RTS auparavant fixé. Il s'ensuit une différence des hauteurs entre celle standardisée et les autres, celles des terrains de sport recouverts de gazon hybride. Le RTS fixé par les fibres végétales perd ainsi peu à peu sa fonction. C'est pourquoi, au bout d'une année d'utilisation intense, de soins et d'entretien, il est absolument nécessaire de prendre des mesures pour le régénérer. Puis on a analysé dans un mémoire de fin d'étude de l'Ecole Supérieure Technique d'Osnabrück combien les fibres végétales influençaient cette régénération.

Einleitung

„Der älteste und bewährteste Belag für Sportflächen, insbesondere für das Fußballspiel, ist ein Rasen aus vitalen, natürlichen Gräsern. Durch sein hohes Regenerationsvermögen ist Naturrasen dauerhaft und für die Nutzer angenehmer als andere Belagsarten. Die Gräser des Strapazierrasens sind jedoch nur begrenzt belastbar, dies gilt insbesondere für Zeiten der Vegetationsruhe“ (MÜLLER-BECK, 2013).

Sportplätze, die regelmäßig bespielbar sein sollen, unterliegen hohen Anforderungen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, werden solche Sportplätze nach DIN 18035-4 gebaut und haben meist als Grundvoraussetzung eine schnelle Wasserableitung. Notwendigerweise sollen Rasentragschichten darüber hinaus schersfest und tragfähig, dennoch leicht durchwurzelbar sein und ausreichend Nährstoffe und Wasser in pflanzenverfügbarer Form speichern können (BAADER u. SKIRDE, 1987).

Um die Funktionalität der Sportplätze zu erhalten, sind aus diesem Grund ein hoher Pflegeaufwand und künstliche Bewässerung unvermeidbar. SKIRDE (1974) geht bei einem normgerechten Rasensportplatz mit Winterspielbetrieb von drei Grundanforderungen aus:

- genügend Tragfähigkeit,
- ausreichende Scherfestigkeit,
- günstige Entwicklungsvoraussetzungen für die Rasendecke.

Die Qualität und Nachhaltigkeit von Sportplätzen hängt neben der Nutzungsintensität auch maßgeblich von der fachgerechten Pflege ab. Aus diesem Grund sollten die Maßnahmen den gewünschten Anforderungen entsprechen und darauf abgestimmt sein. Die Regenerationspflege, die in der Masterarbeit untersucht wurde, sorgt für eine Verjüngung der Rasenarbe und für die Optimierung der Bodenparameter (MÜLLER-BECK, 2013). Ziel der Regeneration ist es, die Vegetation wieder in einen dichten, belastbaren Zustand zu versetzen. Die Maßnahmen dienen somit nur dem obersten Horizont der Hybridrasentragschicht.

Die Regenerationspflege umfasst:

- Abtrag mit Fräse,
- Topdressing,
- Tiefenlockerung,
- Nachsaat.

Material und Methoden

Im Freilandversuch an der Hochschule Osnabrück wurden acht Materialvarianten eingebaut, die zuvor aus den Laboruntersuchungen als aussichtsreichste Mischungen hervorgegangen waren. Dabei wurde jede Materialvariante in einer randomisierten Blockanlage vierfach geprüft. Insgesamt gibt es 32 Versuchspartzen, die jeweils 3,5 m x 2 m groß sind. Um die Materialvarianten unterschiedlichen Belastungen zu unterziehen, wurde jeder Block nochmal in drei Belastungsstreifen (B1 – B3, siehe Abbildung 1) unterteilt.

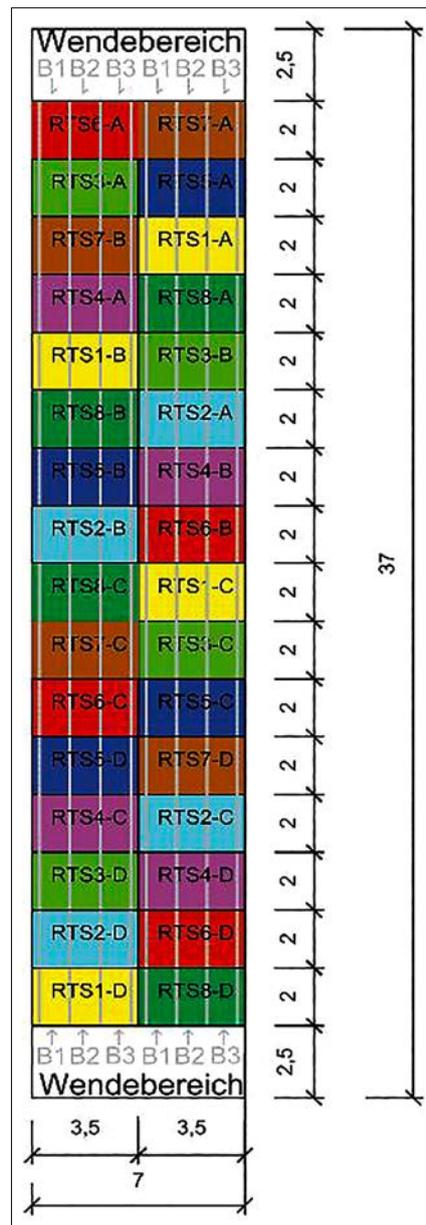


Abb. 1: Parzellenplan mit sieben Hybridrasentragschichten und der Kontrolle.

Um die acht unterschiedlichen Hybridrasen-Tragschichtmischungen unter Bundesliga Fußballspiel-ähnlichen

Bedingungen zu testen, wurde die Versuchsfläche seit August 2015 ständig mit einer Stollenwalze befahren. In der Regel fand eine simulierte Spielnachahmung zwei Mal pro Woche statt. Die simulierte Spielnachahmung mit der Stollenwalze basiert auf den Grundlagen von MÜLLER und AXTMANN (1976). Es handelt sich dabei um einen umgebauten Rasenmäher, der mit zwei Walzen ausgestattet ist. Auf den Walzen befinden sich jeweils 120 Aluminium Fußballstollen (16/18 mm).

Die drei Belastungsklassen haben auf einer Breite von sieben Metern einen stufenartigen Höhenunterschied erzeugt, da sich die Partzen belastungsabhängig unterschiedlich verdichteten.

Die Untersuchungen wurden im Sommer 2016 auf der Rasentragschicht-Versuchsfläche durchgeführt. Im Einzelnen wurden die folgenden beschriebenen Maßnahmen und Untersuchungen ausgeführt. Zuvor musste die Rasenversuchsfläche für die Regenerationspflege vorbereitet werden. Die Versuchsfläche wurde nach den Voruntersuchungen mit einer Tandemwalze befahren, um eine ebene Rasenfläche ohne Höhenunterschiede zu erhalten.

Im darauffolgenden ersten Schritt der Regenerationspflege wurde die Hybridrasentragschicht mit einem Rotorschäler abgetragen. Dieser Koro Field Top Maker war mit Winkelmessern ausgestattet (Abbildung 2).



Abb. 2: Winkelmesser des Field Top Makers zum Abschälen der Hybrid-Tragschichtgemische.

Bei der Versuchsdurchführung wurden Winkelmesser benutzt, da diese bei den Projektpartnern des Forschungsprojektes diese standardmäßig verwendet werden. Zur Klärung der möglichen Arbeitstiefen beim Abfräsen der oberen Schicht, wurden die Varianten 35 mm (Ebene 1) und 15 mm (Ebene 2) gewählt.

Nach dem Abtragen der organischen Masse wurde die Fläche mit dem Verti-Drain Gerät tiefengelockert. Die Bearbeitung des Bodenhorizontes von 150 mm Tiefe wurde mit Vollmeißeln durchgeführt. Die Vollmeißel hatten einen Durchmesser von 24 mm.

Eine Verwendung von Hohlmeißeln ist bei Hybridrasentragschichten nicht möglich.

Zum Abschluss der Regenerationsmaßnahme erfolgte die Nachsaat mit einem Blec Multi Seeder.

Messungen und Analysen

Für die Untersuchung der Auswirkungen auf die armierte Rasentragschicht wurden die Messungen vor und sechs Wochen nach der Regenerationsmaßnahme nach folgenden Methoden vorgenommen.

Die Bestimmung des projektiven Deckungsgrades der Rasennarbe erfolgte mit Hilfe einer kameratechnischen Analyse (Abbildungen 3 und 4).



Abb. 3: Bildaufnahme mit der SigmaBox zur Erfassung des Deckungsgrades. (FLACHMANN, 2016)

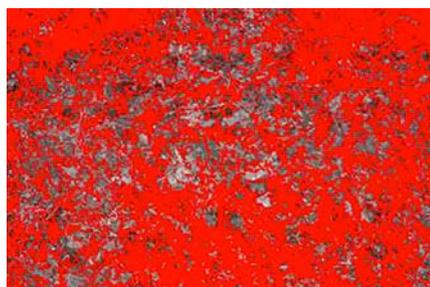


Abb. 4: Auswertung des Deckungsgrades mit dem SigmaScan-Verfahren. (FLACHMANN, 2016)

Die Messung der Oberflächenhärte wurde in Anlehnung an die DIN EN 14954 (2005) durchgeführt. Für die Untersuchungen konnte der Clegg Impact Soil Tester (Clegg Hammer) genutzt werden. Zur Ermittlung der Scherfestigkeit wurde nach DIN EN 15301-1 (2007) der Drehwiderstand gemessen.

Hier wird die Kraft ermittelt, die zur Einleitung der Rotation einer Prüfsohle, die den zu prüfenden Sportboden berührt, benötigt wird (2007). Der Eindringwiderstand wurde mit dem Penetrollogger ermittelt. Die Penetrationskraft wird in Kraft pro Flächeneinheit gemessen und in [N/m²] oder in [MPa] ausgedrückt. Beeinflusst wird der Eindringwiderstand von den Eigenschaften des Bodens, wie beispielsweise der Bodendichte, dem Feuchtigkeitsgehalt, der Bodenstruktur und -textur und dem Gehalt an organischen Inhaltsstoffen (EIJKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT, 2014).

Nach den Vorgaben der DIN 18035-4 (2012) erfolgte die Messung der Ebenheit mit der Vier-Meter-Richtlatte. Die Abweichung für Rasentragschichten darf ≤ 20 mm nicht überschreiten. Die Vier-Meter-Richtlatte wurde zum Messen der Unebenheiten in jeder Parzelle aufgelegt.

Auf Grund der Annahme, dass bei den Regenerationsmaßnahmen Fasernester aus dem Boden gerissen werden, sollten neben der Messung der Ebenheit auf der Rasendecke, auch Unebenheiten nach der Regenerationsmaßnahme dokumentiert werden. Da zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt war, wie sich die Bodenbearbeitung auswirkt, wurde festgelegt, dass nur Löcher tiefer als 20 mm dokumentiert werden. Dieses Maß wurde in Anlehnung an die Anforderungen und Prüfungen für die Rasentragschicht nach DIN 18035-4 (2012) festgelegt.

Ergebnisse

Die Rasenversuchsfläche wies nach einem Jahr der Belastung mit der Stollenwalze Unebenheiten und einen niedrigen projektiven Deckungsgrad auf. Eine kleinstmögliche Grundpflege und die fehlende Erhaltungspflege schufen gute Voraussetzungen für die Aussaat von Wildkräutern, Rasenkrankheiten und Filz. Die Erkenntnis, dass bei dem Mischvorgang Fasernester durch texturierte Fasern entstehen gab Anlass zu Überlegungen, wie sich diese auf die Regenerationspflegen auswirken.

Auch der allgemein schlechte Zustand des Rasens führte dazu, weiterführende Untersuchungen auf der Versuchsfläche durchzuführen. Die geleisteten Maßnahmen zur Regenerationspflege zeigen die Möglichkeiten und Grenzen bei Hybridrasentragschichten auf.

Deckungsgrad nach SigmaScan

Die Messergebnisse von FLACHMANN (2016) und ergänzende Untersuchungen vor der Regenerationspflege im Juli sollten Aufschluss über die Auswirkung der Maßnahmen geben. Messungen zum projektiven Deckungsgrad am ersten Boniturtermin zeigten eine Regeneration der Rasennarbe. Die Unterschiede zwischen den Belastungsstufen konnten im Gegensatz zu FLACHMANN (2016) nicht mehr festgestellt werden.

Am zweiten Boniturtermin, sechs Wochen nach der Regenerationspflege, wurden signifikante Unterschiede ($p < .001$) zwischen den zwei Ebenen festgestellt. Die Ebene 2 (15 mm Abtragtiefe) konnte durch den Austrieb der vorhandenen Rhizome in der Rasentragschicht einen höheren Deckungsgrad erreichen. Bei der folgenden dritten Bonitur wurden in beiden Ebenen ein Deckungsgrad zwischen 80 und 93 % festgestellt. Die Ebene 1 (35 mm Abtragtiefe) konnte die deutlichen Unterschiede der zweiten Bonitur nicht aufholen. Zwischen den Ebenen bestand weiterhin ein signifikanter Unterschied ($p < .001$). Unterschiede bei den RTS-Varianten haben sich bei den drei Bonituren nicht ergeben.

Oberflächenhärte mit Clegg Hammer

Die Messungen zur Oberflächenhärte am 10.10.2016 zeigten eine Reduzierung der Oberflächenhärte durch die Tiefenlockerung. Die Oberflächenhärte reduzierte sich durchschnittlich um 30 Gm. Für eine weitere Reduzierung der Oberflächenhärte sorgte die Abtragtiefe. Die Ebene 1 ($\emptyset = 60,7$ Gm) unterschied sich signifikant von Ebene 2 ($\emptyset = 69,9$ Gm). Zwischen der Null-Variante ohne Armierung und den armierten Rasentragschichten bestand vor und nach der Regenerationspflege kein signifikanter Unterschied. Die Pflegemaßnahmen Tiefenlockerung und Abschälen führten demnach zu einer Verringerung der Oberflächenhärte (s. Abbildungen 6 und 8).

Scherfestigkeit

Die Untersuchungen von FLACHMANN (2016) zeigten, dass mit zunehmender Belastung die Scherfestigkeit abnahm.

Nach der Regenerationspflege ergaben die Untersuchungen zur Scherfestigkeit am 10.10.2016 Unterschiede bei den Bearbeitungsebenen ($p < .001$). Die Varianten in Ebene 1 erreichten Werte von 38-45 NM. Die Ebene 2 erreichte Werte der Belastungsklasse

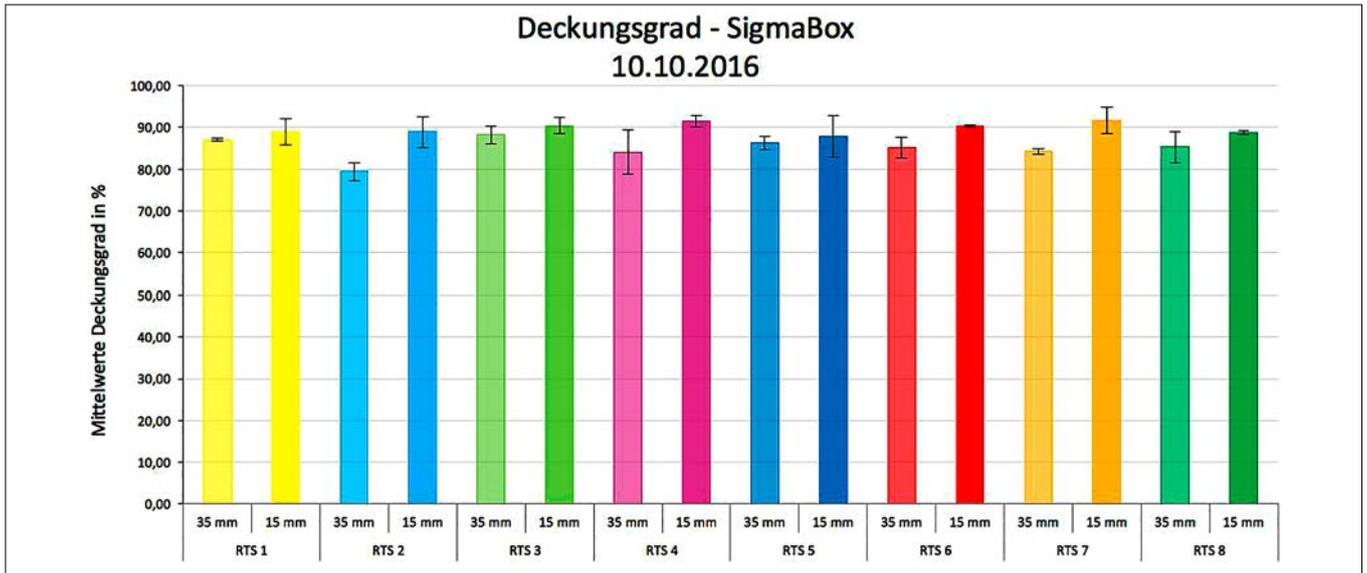


Abb. 5: Auswertung des Deckungsgrades bei unterschiedlichen Bearbeitungs-Ebenen. Die Ergebnisse zeigen im Wesentlichen signifikante Unterschiede zwischen den Ebenen ($p < .001$).

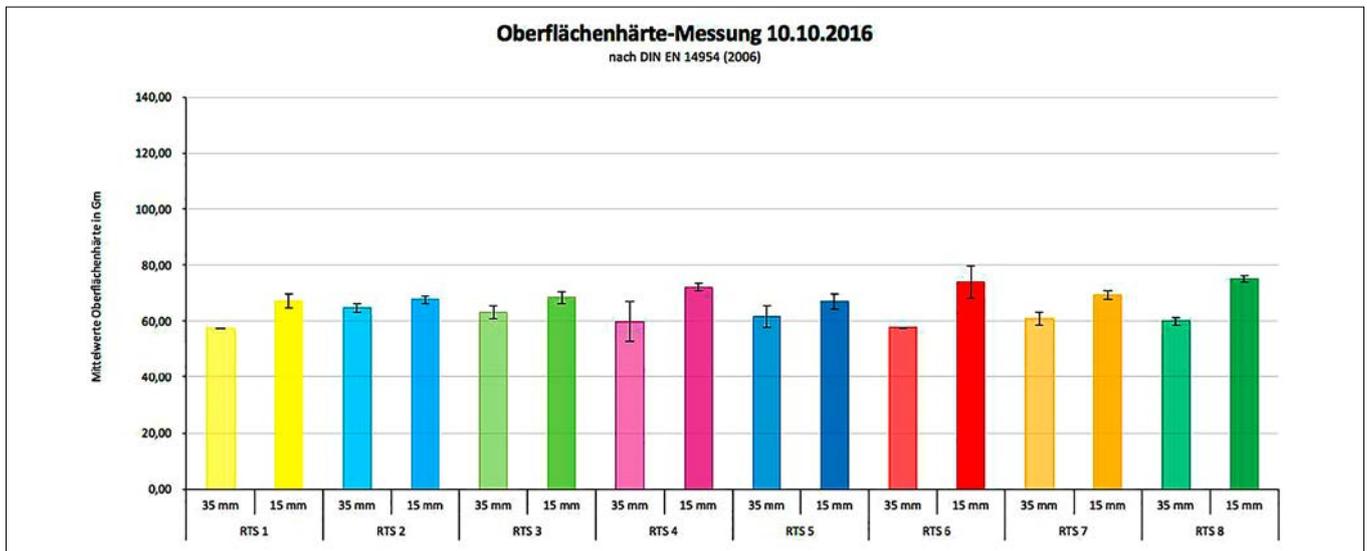


Abb. 6: Bei der Messung mit dem Clegg Hammer ergaben sich für die Oberflächenhärte Unterschiede zwischen den Bearbeitungsebenen ($p < .001$). Faseranteile und -art hatten keinen Einfluss auf die Oberflächenhärte.

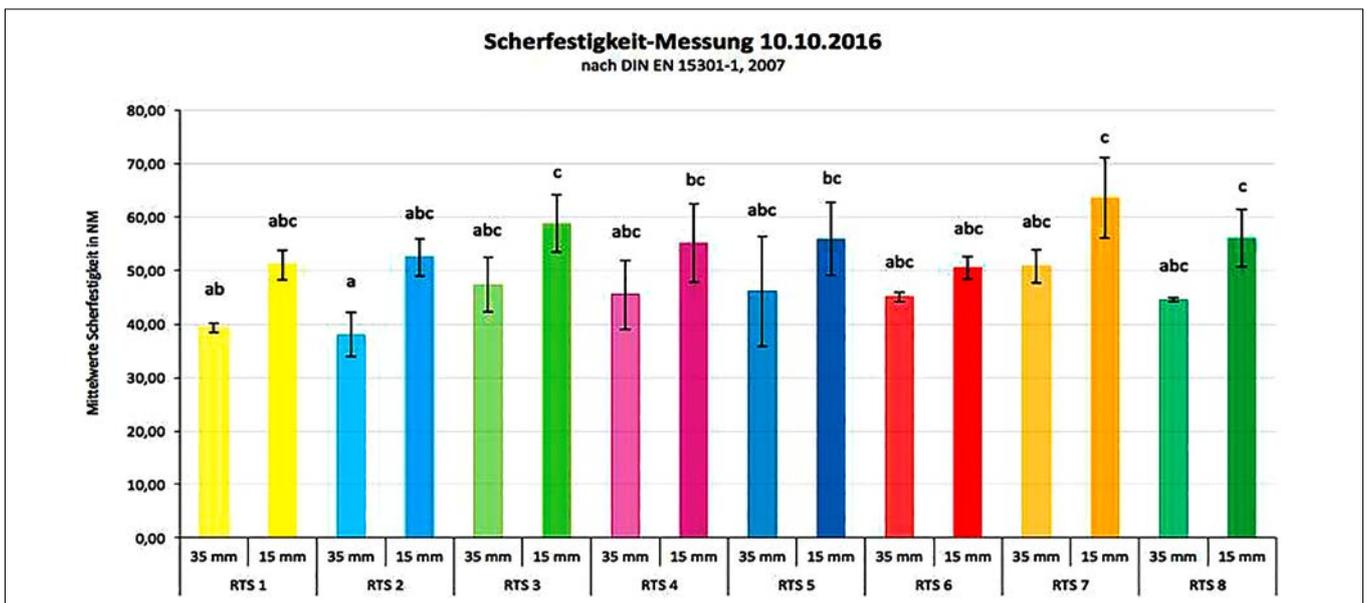


Abb. 7: Die Messung der Scherfestigkeit zeigte in den Bearbeitungsebenen Unterschiede. Es besteht eine Wechselwirkung zwischen Scherfestigkeit und Deckungsgrad.

Eindringwiderstand-Messung 08.11.2016 (nach DIN EN 15301-1, 2007)

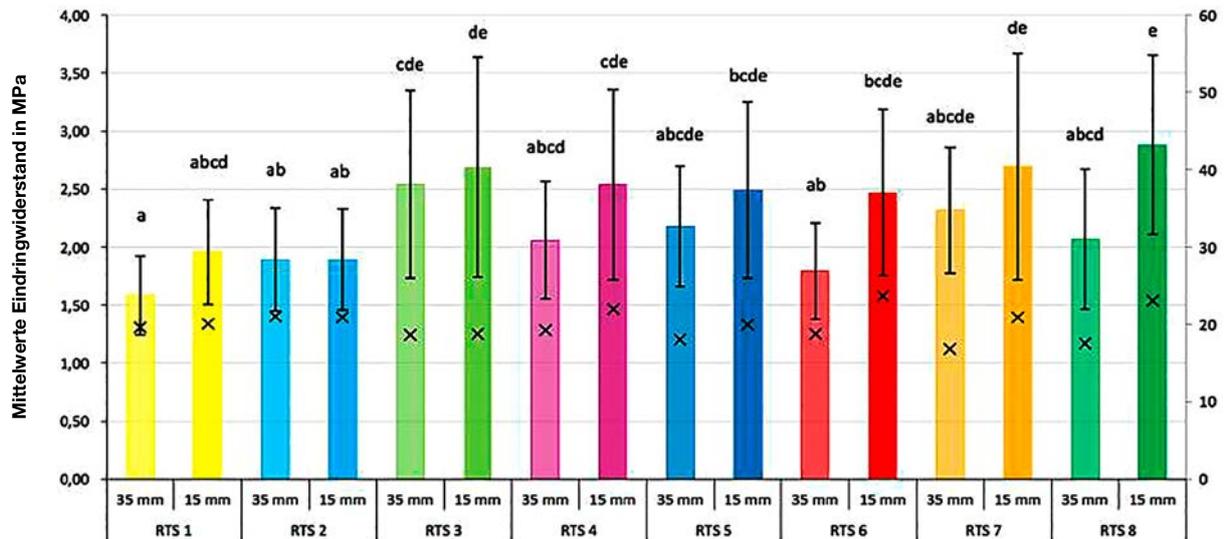


Abb. 8: Mit ansteigendem Faseranteil in den Varianten konnte ein Ansteigen des Eindringwiderstands festgestellt werden. Die Auswertung der Messergebnisse zeigt, dass sich die Mittelwerte je Parzelle vorwiegend im Bereich „schwer durchwurzelbar“ befinden.

1 (50-63 NM). Die höheren Werte der Scherfestigkeit in Ebene 2 sind nach weiteren statistischen Tests auf den höheren projektiven Deckungsgrad zurückzuführen.

Die Ergebnisse zur erhöhten Scherfestigkeit gehen mit der Feststellung von TOBIAS (1991) einher, dass sich Rhizome, wie sie bei *Poa pratensis* gebildet werden, auf die Scherfestigkeit auswirken. Die Scherfestigkeit wurde durch die vorhandene Wurzelmasse und den höheren Deckungsgrad in Ebene 2 erhöht. In Ebene 1 sind diese Faktoren durch die größere Abtragtiefe nicht so stark ausgeprägt.

Eindringwiderstand

Der Eindringwiderstand zeigte bei den Messungen nach der Regenerationspflege keine Verbesserung. In den obersten drei Zentimetern lag der Eindringwiderstand sowohl in den Ebenen als auch in den Varianten unter 1,5 MPa. Bei der Auswertung wird ersichtlich, dass der Faseranteil nicht der Hauptparameter für einen höheren Eindringwiderstand ist. Die Beobachtungen zeigten, dass die Rasentragschichtmischungen mit texturierten Fasern zu einem höheren Eindringwiderstand neigten. Das keine Effekte der Regenerationspflege auftraten, insbesondere durch die Tiefenlockerung, liegt an der kurzen Wirkungsdauer der Bodenlockerung. Hinzu kommt der geringere Bodenwassergehalt der Rasentragschicht am 08.11.2016 gegenüber den Versuchen von FLACHMANN (2016). Der

Bodenwassergehalt hat einen relevanten Einfluss auf den Eindringwiderstand, wie PRÄMASSING (2007) feststellte.

Die Auswertung der Messergebnisse zeigte, dass sich die Mittelwerte je Parzelle vorwiegend im Bereich „schwer durchwurzelbar“ befinden. Nur die obersten ein bis drei Zentimeter weisen den von COOK et al. (1996) geforderten Eindringwiderstand von 1,4 MPa auf. Für die Gräserwurzeln ist der Eindringwiderstand in den obersten drei Zentimetern noch angemessen. Im Bereich unterhalb von drei Zentimetern kann nur wenig Wurzelwachstum stattfinden, da der Eindringwiderstand > 1,5 MPa ist.

Ebenflächigkeit

Die Ebenheit der Oberfläche wurde durch die Maßnahmen der Regeneration nicht verbessert. Die Ebene 1 und 2 zeigten größere Abweichungen der Ebenheit. Ebene 1 wies dabei größere Mängel auf



Abb. 9: Unebenheiten nach dem Abfräsen der Hybrid-Tragschichtvarianten. Texturierte Fasern neigen bei entsprechender Arbeitstiefe zur erhöhten Unebenheit.

als Ebene 2. Die Dokumentation der Bodenunebenheiten in Form von Löchern ≥ 20 mm hat Unterschiede bei der Abtragtiefe deutlich gemacht. Die Varianzanalyse bestätigte jedoch nicht, dass es relevante Unterschiede zwischen den Ebenen oder Varianten gibt.

Fazit und Schlussfolgerungen

Die Maßnahmen der Regenerationspflege haben gezeigt, dass die Abtragtiefe einen Einfluss auf die armierte Rasentragschicht hat. Bei den Untersuchungen zu Scherfestigkeit ($p < .001$), Oberflächenhärte ($p < .001$), Eindringwiderstand ($p < .001$), Bodenwassergehalt ($p < .001$) und projektivem Deckungsgrad ($p < .001$) wurden signifikante Unterschiede bei dem Faktor Bearbeitungsebene festgestellt. Die Messergebnisse zur Ebenheit ($p = .058$) und den Bodenunebenheiten ($p = .070$) haben keine Unterschiede aufgezeigt. In beiden Fällen wies die Ebene 2



Abb. 10: Glatte Fasern liefern beim Abfräsen einer Hybrid-Tragschicht eine bessere Ebenflächigkeit.



Abb. 11 a und b: Die Bearbeitungsebene 2 (li.) weist statistisch einen höheren Deckungsgrad (durchschnittlich 90 %) auf, als die Ebene 1 (re.) mit deutlichen Lücken.

bessere Werte auf. Die Varianzanalyse konnte bei den Methoden Scherfestigkeit ($p = .048$) und Eindringwiderstand ($p < .001$) signifikante Unterschiede bei den Varianten feststellen.

Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass das Abtragen zur Beseitigung von organischen Anreicherungen und das Freilegen der armierten Rasentragschicht nur in einem bestimmten Ausmaß erfolgen können. Ein Abtragen bis zur armierten Rasentragschicht verursacht keine Schäden. Das Abtragen des oberen Auflagehorizontes bis in die armierte Rasentragschicht sorgt bei den Varianten mit Kunststofffasern zu einer Reduzierung der Fasern und einer erhöhten Anzahl an Unebenheiten. Diese müssen in einem weiteren Arbeitsschritt beseitigt werden.

Die Gräser mit Rhizomen sorgen bei einem geringen Abtragen für eine höhere Scherfestigkeit und einen schnelleren projektiven Deckungsgrad (Abbildungen 11 a und b).

Die Ergebnisse nach der Regenerationspflege haben gezeigt, dass eine Tiefenlockerung mit Vollmeißeln keinen negativen Einfluss auf die acht unterschiedlichen Varianten der armierten Rasentragschichten hat. Bei dem Abtragen bedarf es einer angepassten Tiefe, da ansonsten weitere Maßnahmen wie die Egalisierung notwendig werden. Eine Einschätzung, welche Werte

bei der Scherfestigkeit oder Oberflächenhärte anzustreben sind, kann nicht getroffen werden, da bisher keine empirischen Untersuchungen hierzu vorliegen. Der Eindringwiderstand weist bei den Messungen Werte $> 1,5$ MPa auf. Die Werte werden jedoch durch die Fasern negativ beeinflusst.

Die Frage, wie sich eine Bestückung des Rotors mit Univers®-Werkzeugen, Federzinken oder Terraplane®-Werkzeugen auf die armierte Rasentragschicht verhält, konnte nicht geklärt werden.

Des Weiteren konnte nicht geklärt werden, wie eine Bearbeitung des Bodens aussehen könnte, wenn Bodenunebenheiten durch Fasernester entstehen. Weiterführende Untersuchungen konnten auf der Rasenversuchsfläche nicht durchgeführt werden, da keine parzellenspezifische Bodenbearbeitung möglich war.

Die gewählten und durchgeführten Verfahren zeigen auf, dass eine regelmäßige Erhaltungspflege zur Regulierung der organischen Masse notwendig ist. Eine verzögerte oder unzureichende Pflege führt zu intensiveren Maßnahmen, die bei unsachgemäßer Handhabung negative Folgen haben können. Diese können sich auf die Benutzbarkeit der Anlage auswirken und zu einer langfristigeren Unbespielbarkeit der Sportanlage führen.

Literatur

- BAADER, P. und W. SKIRDE, 1987: Zur bodenphysikalischen Kennzeichnung der Wasserspeicherfähigkeit von Rasentragschichten. Zeitschrift für Vegetationstechnik im Landschafts- und Sportstättenbau, Ausg.10/87, S. 87-82.
- COOK, A., MARIOTT, C. A., STEEL, W. and MULLINS, C. E. 1996. Effects of soil mechanical impedance on root and shoot growth of *Lolium perenne* L., *Agrostis capillaris*, and *Trifolium repens* L. Journal of Experimental Botany, 47: 1075-1084.
- EIJKELKAMP AGRISearch EQUIPMENT, 2014. Eijkelkamp Soil & Water. [Online] Available at: <https://de.eijkelkamp.com/produkte/feldmessger-te/penetrologger-set-a.html> [Zugriff am 5. Januar 2017].
- FLACHMANN, K.-M., 2016: Strapazierfähigkeit von Hybridrasentragschichten – Untersuchung neuer Mischungen im Freilandversuch. Masterarbeit HS Osnabrück.
- MÜLLER, K.G. und K.W. AXTMANN, 1976: Spielnahe Belastung von Sportrasenversuchen. Rasen – Turf – Gazon, Ausg. 04/1976. S.106-109.
- MÜLLER-BECK, K.G., 2013: Hybridrasen, der armierte Naturrasen für die Sportnutzung, Bonn: Deutsche Rasengesellschaft e.V.: <http://www.rasengesellschaft.de/content/rasenthema/2013/8.php>.
- PRÄMASSING, W., 2007: Veränderung bodenphysikalischer Eigenschaften durch Aerifiziermaßnahmen auf belastbaren Rasenflächen, Diss. Uni Bonn, Shaker Verl. Aachen: 190 S.
- SKIRDE, W., 1974: Aufbauspiel einer Rasensportfläche nach DIN-18034-4. Rasen – Turf – Gazon, Ausg. 05/1974, S. 19-22.
- Tobias, S., 1991: Bautechnisch nutzbare Verbundfestigkeit von Boden und Wurzel. Diss. 9483 Eidg. Techn. Hochsch. Zürich: 135 S.

Autor:

M. Eng. Moritz Bauer
Hochschule Osnabrück
Blumenhaller Weg 76
D-49078 Osnabrück
E-Mail:
moritz.p.bauer@googlemail.com