

# Oberflächenhärte von Stadionrasen in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte am Beispiel des VfL Osnabrück\*

Lünswilken, T., M. Thieme-Hack und W. Prämaßing

## Zusammenfassung

Am Beispiel des Osnabrücker Stadionrasens wurden Daten zur Oberflächenhärte, Bodenfeuchte und Ballsprungsverhalten im Rahmen einer Bachelorarbeit erfasst, um Zusammenhänge zwischen den Parametern festzustellen.

Bei der Aufnahme des Parameters Oberflächenhärte [Gm] kamen verschiedene Ansätze in Betracht. Um die Abhängigkeit der Oberflächenhärte zur Feuchtigkeit zu beurteilen, wurde die Bodenstärke mit einem Clegghammer nach DIN ermittelt. Dabei wurden jeweils die ersten und fünften Schläge mit dem Clegghammer miteinander verglichen, um deren Korrelation zu prüfen. Laut NONN (2018) ist in der Praxis nämlich der erste Verdichtungsschlag für den Sportler relevant, da ein Fußballspieler auch nur den ersten Auftritt wahrnehmen würde. Hierbei entstand das Ergebnis, dass der erste Verdichtungsschlag [Gm] einen Eindruck gibt, ob der Boden tendenziell hart oder weich ist. Er sagt aber noch nicht aus, welche Härte der Boden tatsächlich nach mehreren Verdichtungsschlägen erreicht, was einen Hinweis auf das Verdichtungsverhalten des Bodens unter regelmäßiger Belastung geben kann. Dies zeigt erst der fünfte Verdichtungsschlag, mit dem teilweise eine Steigerung der Clegghammer-Werte um 30-40 Gm gemessen wurde. Im Gesamtbild ist eine starke Korrelation zwischen dem ersten und dem fünften Verdichtungsschlag zu erkennen, die aber an den verschiedenen Tagen der Datenerfassung unterschiedlich stark ausfällt.

Anders ist dies allerdings bei der Korrelation zwischen Oberflächenhärte und Bodenfeuchtigkeit. Hierbei waren die Datensätze, trotz jeweils 60 Messungen pro Spieltag, nicht ausreichend und innerhalb des Umfangs dieser Arbeit eine Korrelation nicht nachweisbar. Die Messung des Ballsprungsverhaltens (Ball Rebound) zeigte entsprechend der jeweiligen Bodenstärke zu den verschiedenen Terminen einen größeren oder kleineren Rückprall und deutete damit tendenziell eine Korrelation an, die aufgrund zu geringer Datenmenge nicht abgesichert werden konnte.

Um die Fehlerwahrscheinlichkeiten so zu minimieren, dass deutliche Zusammenhänge zwischen der Oberflächenhärte, Bodenfeuchtigkeit und Ballrückprall nachgewiesen werden kann, bedarf es einer ausführlicheren Studie mit größeren Datenmengen.

## Summary

As on the lawn of the football play ground of Osnabrück as example, data concerning surface hardness, soil moisture as well as ball bounce behavior were collected for a bachelor thesis, in order to find out some correlation between the different parameters.

Different approaches were taken into consideration with the intention to evaluate the surface hardness parameter (Gm). In order to assess the interdependence of the surface hardness with the moisture, it was necessary to determine the surface hardness with the help of a clegg hammer conform to the standard DIN. During this process the first and the fifth strokes were compared in order to check their correlation. According to NONN (2018) the first compression stroke is for a football player the most significant indeed, because a football player is only then really aware of his performance. As a consequence thereof, the first compression stroke (Gm) conveys the impression that the soil is either hard or smooth. However, it cannot reveal how hard the soil really get after several compression strokes, what would give information on the behavior of the soil under a constant compression. This shows only the fifth compression stroke, with a partial increase of the clegg hammer value of about 30-40 (Gm). As a whole there is a particularly strong correlation between the first and the fifth compression strokes, which also depends on the time when the data are collected.

The correlation between the soil hardness and the moisture is definitely different. In this case, despite 60 measurements per game, the data sets collected were not sufficient enough to give in this thesis proof of such a correlation. The measurements of the ball rebounds differ more or less depending on the soil hardness at different times, which suggest a certain correlation but cannot be proved because of a lack of data.

In order to minimize the error probability, that could prove the clear correlation between the surface hardness, the soil moisture and the ball rebounds, further detailed studies with much more data are necessary.

## Résumé

Prenant comme exemple le gazon sur le stade de football d'Osnabrück on a recueilli, dans le cadre d'un mémoire de bachelor, des informations sur la dureté de la surface gazonnée et sur l'humidité du sol ainsi que sur le comportement d'un ballon rebondissant afin d'en déterminer certains paramètres.

Afin de pouvoir évaluer le paramètre concernant la dureté de la surface gazonnée (Gm) on a pris en considération différentes approches. On a par ailleurs déterminé la dureté de la surface gazonnée à l'aide d'un marteau clegg conformément à la norme DIN afin de pouvoir prendre la mesure de la co-dépendance qui existe entre la dureté de la surface gazonnée et l'humidité du sol. Pour ce faire on a comparé le premier et le cinquième coup au marteau clegg pour en vérifier la corrélation. Selon NONN (2018) c'est en effet dans la pratique le premier choc de compression qui a une importance primordiale pour un sportif car le footballeur ne prend vraiment conscience que de son coup d'envoi. C'est en conséquence le premier choc de compression qui révèle si le sol est dur ou non. Et dans ce cas on ne sait toujours pas quelle est la dureté réelle de la surface gazonnée après plusieurs chocs de compression, ce qui pourrait donner des informations importantes sur le comportement des surfaces sous compression régulièrement mises à contribution. Ce n'est qu'après le cinquième choc de compression qu'on observe une augmentation partielle des valeurs obtenues au marteau clegg de 30-40 Gm. Dans l'ensemble on remarque une forte corrélation entre le premier et le cinquième chocs de compression, qui varient grandement selon les jours de relevé des informations données.

Toutefois, la corrélation entre la dureté de la surface gazonnée et l'humidité du sol est totalement différente. Malgré les 60 mesures faites lors d'un match de football, les résultats obtenus ne suffisent malheureusement pas pour démontrer dans ce mémoire de bachelor une quelconque corrélation entre ces deux paramètres. Les mesures des rebonds du ballon, bien hauts ou non, différencient selon la dureté de la surface gazonnée à l'heure de la mesure et laissent ainsi supposer une éventuelle corrélation qui ne peut malheureusement pas être garantie en raison du manque de données précises.

Afin de minimiser au maximum les probabilités d'erreurs, il est indispensable de faire une étude détaillée basée sur un grand nombre de données qui démontrent clairement la corrélation existante entre la dureté de la surface gazonnée, l'humidité du sol et aussi les rebonds du ballon.

## Einleitung

„Entscheidend ist auf'm Platz!“ Dieser Kultsatz von Alfred „Adi“ Preißler hat auch nach Jahrzehnten nichts von seiner Gültigkeit verloren. „Der Spielfeldbereich ist und bleibt der wichtigste Teil des Fußballstadions. Ein gutes Spielfeld und eine hochwertige Rasensportfläche mit optimalen Eigenschaften sind elementar wichtig für einen hochklassigen Wettbewerb in der Bundesliga und der 2. Bundesliga“ (DFL, 2015).

Rasenspielfelder sind oft hohen Belastungen ausgesetzt, da Spiele ganzjährig und bei jedem Wetter ausgeführt werden. Um die spieltechnischen Voraussetzungen für ein reguläres Fußballspiel sicherzustellen, bestehen hohe Anforderungen an die Rasenfläche. Neben den spieltechnischen Voraussetzungen besteht auch noch ein optischer Anspruch an den Rasen (DFL, 2015).

In den vergangenen Jahren wurden u.a. einzelne Spiele im DFB-Pokal aufgrund eines durch die Witterungsverhältnisse aufgeweichten Platzes wegen des erhöhten Verletzungsrisikos abgesagt (TAGESSCHAU, 2017). Auch ein Drittligaspiel des VfL Osnabrück im Dezember 2017 musste aufgrund intensiver Regenfälle und daraus folgender Unbespielbarkeit des aufgeweichten Platzes ausgesetzt (NOZ, 2017) werden.

Nach dem Ende der Hinrunde 2017/18 ließ der VfL Osnabrück nach Laboruntersuchungen an der mehrere Jahre alten Rasenfläche den Stadionrasen zur Rückrunde 2018 erneuern, da Verdichtungen im Bodenaufbau, hoher organischer Gehalt im Wurzelhorizont und eine hohe Bodenfeuchte, eine „Black Layer“-Bildung verursachten (GEOVEGOS, 2017). Das Resultat war eine zu weiche und wenig scherfeste Rasenoberfläche (WEHLEND, 2018).

Nach der Wiederherstellung des Spielfeldes Anfang Februar 2018 durch Aufbereitung des Bodenaufbaus und Neuverlegung von Dick soden wurde im Rahmen dieser Bachelorarbeit eine Untersuchungsreihe zur Entwicklung der Oberflächenhärte des Spielfeldes über einige Spieltage bis zum Saisonende der 3. Liga durchgeführt. Dabei wurden auch Bodenfeuchtwerte und das Ballsprungsverhalten erfasst.

## Anforderungen an den Stadionrasen

### Rasennarbe

Neben einer dichten Rasennarbe mit einem mittel- bis dunkelgrünen Farbpek sind eine hohe Scherfestigkeit sowie die Ebenheit des Platzes für das Spiel besonders wichtig.

Eine wichtige Grundlage für eine strapazierfähige Rasennarbe ist die Wahl der richtigen Gräser. So wird bei Sportrasen in der Regel eine Saatgut-Mischung nach RSM 3.1 mit zwei verschiedenen Sorten *Lolium perenne* (Deutsches Weidelgras) und drei verschiedenen Sorten *Poa pratensis* (Wiesenrispe) verwendet. *Lolium perenne*-Sorten bieten eine schnelle Keimung und Etablierung sowie eine hohe Trittbelastbarkeit. *Poa pratensis*-Sorten garantieren einen dichten und belastbaren Sportrasen mit intensiver Rhizombildung, welche für hohe Scherfestigkeit und gute Trockenheitsverträglichkeit sorgt (EUROGREEN, 2018). Der Schnitt muss dabei eine gleichmäßige, homogene Rasenoberfläche ergeben. Hierbei sollte die Schnitthöhe an einem Spieltag zwischen 25 mm und 28 mm liegen, zur Regeneration und für Ruhepausen ist eine Schnittlänge von 35 mm sinnvoll (DFL, 2015).

Bei der Narbendichte eines Sportrasens für die oberen Ligen wird der größtmögliche Deckungsgrad gefordert (> 95 %), die Mindestbodendeckung beträgt 60 %. Nach einer Neuverlegung von Fertigrasen ist laut DIN 18035-4 (2012) eine projektive Bodenbedeckung von 98 % gefordert.

### Oberflächenhärte

Um den Sportlern eine angemessene Standfestigkeit, kalkulierbares Ballsprungsverhalten, Kraftabbau und damit auch vermindertes Verletzungsrisiko zu bieten, spielt die Oberflächenhärte eine besondere Rolle. Die Bodenstärke kann mit dem sogenannten Clegghammer gemessen werden, der laut NONN (2017) immer häufiger in Fußballstadien zur Kontrolle und Steuerung Verwendung findet. Der Clegghammer wurde 1976

von Dr. Baden Clegg entwickelt, um gleichmäßige Verdichtung über weite Bereiche des Bodens zu bestätigen und um schlecht verdichtete Bereiche zu identifizieren (SD INSTRUMENTATION, 2015).

Den Clegghammer gibt es mit verschiedenen Fallgewichten. Die Ausführungen mit den Fallgewichten 4,5 kg, 10 kg und 20 kg werden im Straßen- und Wegebau eingesetzt. Für Sportoberflächen werden leichtere Fallgewichte verwendet, mit 0,5 kg im Golfbereich und 2,25 kg bei Rugby, Tennis und Fußball (SD INSTRUMENTATION, 2018). Gemäß DIN EN 14954 (2005), ist für die Bestimmung der Härte von Naturrasen der fünfte Verdichtungsschlag ausschlaggebend. Laut NONN (2018) ist die jeweils erste Messung für die Auswertung in der Praxis zu berücksichtigen, da ein Fußballspieler auch nur den ersten Auftritt wahrnimmt. Wesentlich wichtiger ist danach die Gleichmäßigkeit des Spielfeldes. Nach NONN (2017) können die in Abbildung 1 dargestellten Grenzbereiche für die Oberflächenhärte in Abhängigkeit von der Spielklasse nach dem ersten Verdichtungsschlag anvisiert werden.

Weiteren Aufschluss über die Oberflächenhärte kann das Ballsprungsverhalten (Ball-Rebound) in Form von Ballreflexionsmessungen geben, die nach DIN EN 12235 (2013) ermittelt werden. Ein Einflussfaktor für die Oberflächenhärte liegt in der Bodenfeuchte begründet. Laut Angaben von FRANKE (2018) soll diese bei etwa 25 Vol.-% bei Fußballrasen liegen, abhängig von der RTS-Zusammensetzung.

Die Bodenfeuchtigkeit kann mit verschiedenen Geräten gemessen werden. In der Greenkeeping-Praxis wird immer häufiger wegen der einfachen Handhabung und Datenerfassung mit dem Gerät „POGO“ gemessen.

Ziel der Arbeit war es, am Beispiel des Stadions „Bremer Brücke“, vom VfL Osnabrück, die Entwicklung der Oberflächenhärte des Stadionrasens in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte zu bewerten, um Hinweise für die Bereitstellung

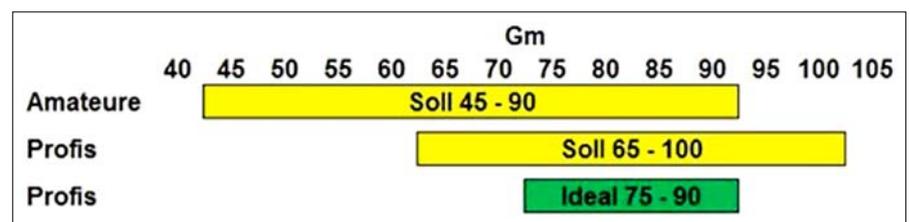


Abb. 1: Grenzbereiche für die Oberflächenhärte in Abhängigkeit von der Spielklasse (Nonn, 2017).

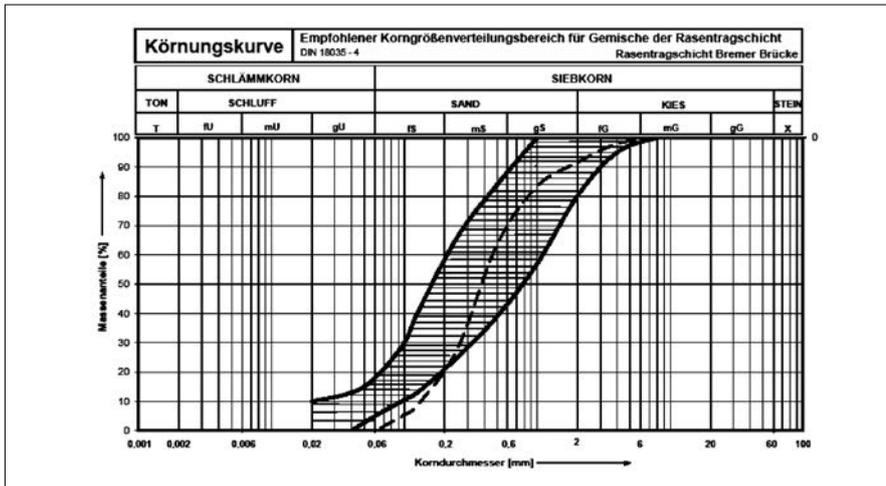


Abb. 2: Körnungslinie der Rasentragschicht des VFL Osnabrücks.

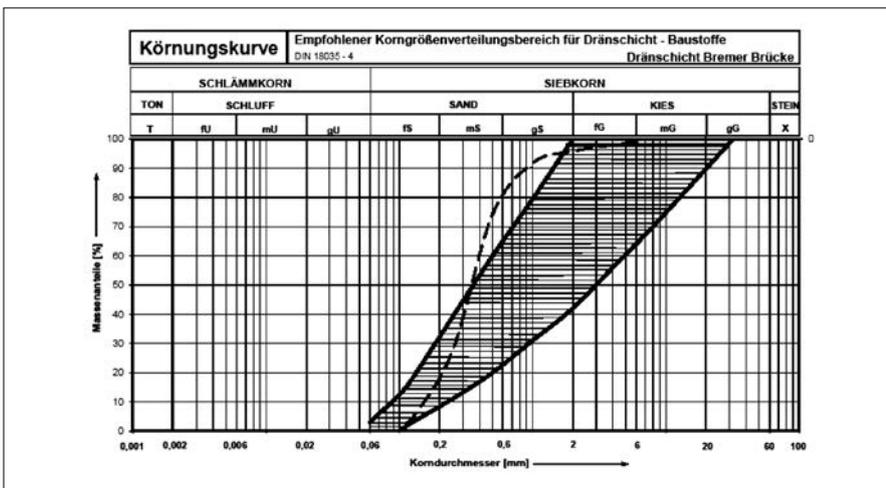


Abb. 3: Körnungslinie der Dränschicht des VFL Osnabrücks.

von optimalen Platzverhältnissen für den Fußballbetrieb durch entsprechende Pflegemaßnahmen zu folgern.

## Material und Methoden

### Stadion VfL Osnabrück

Am Beispiel des Stadions des VfL Osnabrück, der seit 2011 in der 3. Liga (VFL OSNABRÜCK, 2018b) spielt, wurden im Rahmen dieser Arbeit die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen durchgeführt.

Das Stadion des VfL Osnabrück „Bremer Brücke“, befindet sich im Osnabrücker Stadtteil Schinkel und wurde im Jahr 1933 eröffnet. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde es zur Wiederaufnahme des Spielbetriebs 1946 wieder aufgebaut. In der Neuzeit erfolgten die aktuellen Modernisierungen zwischen 2008 und 2011, wobei auch eine Rasenheizung eingebaut wurde. Die aktuelle Stadionkapazität beträgt 16.667 Zuschauer. (VFL OSNABRÜCK, 2018c).

### Rasenfeld

Die Anfang Februar 2018 verlegte Rasensode weist einen Rasenbestand mit ca. 70 % *Lolium perenne* und 30 % *Poa pratensis* auf, *Poa annua* war zu Beginn nur vereinzelt vorkommend.

Der aktuelle Bodenaufbau erfolgte nach DIN 18035-4 (2012) mit einer zehn Zentimeter starken Rasentragschicht, deren Korngrößenverteilung in der Abbildung 2 dargestellt ist. Die Bodenproben dazu wurden im Bereich vom Übergang der Rasensode in die Rasentragschicht von 2-10 cm Tiefe entnommen.

Unter der Rasentragschicht (ca. 10 cm unter der Rasennarbe) folgt die Dränschicht, deren Körnungslinie in Abbildung 3 dargestellt ist und zeigt den Bereich zwischen 10-15 cm Tiefe noch oberhalb der Rasenheizung. Die Körnungslinie weicht etwas von der DIN 18035-4 (2012) ab und zeigt in diesem Bereich hauptsächlich mittel- und grobsandige Anteile.



Abb. 4: Bodenprofil der Rasentragschicht.

### Nutzung

Im Zeitraum der Messungen belief sich die Nutzung des Stadionrasens des VfL Osnabrücks auf ca. ein Abschlusstraining pro Woche und ein Saisonspiel alle zwei Wochen. Daraus ergibt sich eine ein bis zwei malige wöchentliche Nutzung des Platzes.

Die Pflege im Untersuchungszeitraum betrug zwei Mähübergänge pro Woche. Dazu kamen Aerifiziermaßnahmen, die bei Bedarf in unregelmäßigen Abständen ausgeführt wurden.

### Untersuchungen

Die Messtermine (Tabelle 1) beziehen sich auf den Zeitraum nach der Neuverlegung des Stadionrasens (09.02.2018) zwischen 19.03.2018 bis zum 05.05.2018. Dabei bewegten sich die Temperaturen in einem Bereich von -5 °C bis +26 °C, dazu ergab sich eine Tageshöchstniederschlagsmenge von 13,1 l/m<sup>2</sup> (WETTERSTATION BELM, 2018).

### Messung Boden Härte – Clegg Hammer

Zum Messen der Boden Härte wurde der „Clegg Impact Soil Tester“ (Clegg Hammer) verwendet (Abbildung 5). Der Tester besteht aus einem Verdichtungshammer, der in einem vertikalen Führungsrohr arbeitet. Wenn der Hammer von einer definierten Höhe (45 cm) losgelassen wird, fällt er durch das Rohr und trifft auf die zu testende Oberfläche, wobei er mit einer Geschwindigkeit abbrems, die durch die Steifheit des Materials innerhalb des Aufprallbereiches bestimmt wird. Ein Präzisionsbeschleunigungsmesser, der an dem Hammer angebracht ist, misst diese Verzögerung. Der Messwert wird digital angezeigt und gespeichert (Ab-

Spieltag	Gast-Mannschaft	Messung	$\Delta T$	Temperaturspanne	$\Delta N$
18.03.18	SC Preußen Münster	19.03.18	1	-5,6°C bis 2,7°C	0,0l/m <sup>2</sup>
31.03.18	FC Hansa Rostock	03.04.18	3	0,3°C bis 16,6°C	2,4l/m <sup>2</sup>
14.04.18	SC Paderborn	16.04.18	2	8,1°C bis 17,4°C	14,5l/m <sup>2</sup>
28.04.18	Carl Zeiss Jena	30.04.18	2	8,6°C bis 19,8°C	1,8l/m <sup>2</sup>
05.05.18	SV Werder Bremen 2	08.05.18	3	5,1°C bis 22,3°C	0,0l/m <sup>2</sup>

Tab. 1: Wetterdaten zu den einzelnen Spieltagen.  $\Delta N$  beschreibt den Niederschlag vom Spieltag bis zum Messtermin.  $\Delta T$  beschreibt Tage zwischen Spieltag und Messtermin. (WETTERSTATION BELM, 2018).

bildung 6). Als Maßeinheit für dieses Abbremsen beim Auftreffen auf die Oberfläche werden Gravitätseinheiten (Gm) verwendet. Je härter die Oberfläche ist, desto höher ist der Messwert Gm (SD INSTRUMENTATION, 2015).

Die Messungen im Stadion an der Bremer Brücke wurden nach DIN EN 14954 (2005) durchgeführt. Laut dieser Norm wird das Messgerät an der zu prüfenden Stelle angesetzt und das Fallgewicht aus 55 cm, in diesem Fall 45 cm, fallengelassen. Dieser Vorgang wird fünfmal wiederholt, ohne den Clegghammer zu versetzen. Um den Härtewert der Rasenfläche zu berechnen, werden insgesamt 60 Messstellen entsprechend Abbildungen 7 und 8 erfasst, insgesamt 40 Messungen in vier längs verlaufenden Messstreifen und 20 Messungen in den besonders belasteten Bereichen im und um den Fünfmeteraum. Neben der fünften Messung wird auch die jeweils erste Messung ebenfalls für die Auswertung berücksichtigt.



Abb. 5: Clegghammer bereit für die Messauslösung.

### Bodenfeuchtigkeit

Zum Messen der Bodenfeuchtigkeit wird mit dem „Pogo Turf Pro“ (Pogo) gearbeitet. Pogo ist eine Abteilung der 1911 gegründeten Stevens Water Monitoring Systems Inc. mit Sitz in Portland, Oregon, USA.

Der Pogo basiert auf dem von Stevens patentierten HydraProbe-Bodensensor, der ursprünglich in den späten 1990er Jahren entwickelt wurde. HydraProbe verwendet eine Technologie namens „Coaxial Impedance“, die dem Pogo seine Genauigkeit und Präzision in allen Böden und Salzgehaltstufen verleiht, ohne dass eine Kalibrierung erforderlich ist.

Der Pogo misst gleichzeitig alle Einflussfaktoren, die die Rasenleistung bestimmen (POGO, 2018). Dies sind neben der Bodenfeuchtigkeit die elektrische Leitfähigkeit, der Salzgehalt, die Bodentemperatur und der genaue Standort per GPS.



Abb. 6: Digitalanzeige des Clegghammers mit Messergebnis in Gm.

Die Messungen im Stadion erfolgten analog dem Messschema zur Boden Härte (Abbildungen 7 und 8).

### Ball-Rebound – Ballsprungsverhalten

Das Ballsprungsverhalten wird nach DIN EN 12235 (2013) gemessen. Hierbei fällt ein Ball frei auf einen Belag, die Höhe bis zu der er zurückprallt, wird gemessen und als relative Rücksprunghöhe in Prozent zum Vergleichsbelag (Beton) angegeben. Beim Fußballrasen ist ein Fußball mit einer Fallhöhe von  $2 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$  zu verwenden. Aus dieser Höhe ist der Druck des Balles so zu regulieren, dass dieser auf Beton eine Rücksprunghöhe von  $1,35 \text{ m} \pm 0,005 \text{ m}$  erreicht. Hierbei ist wichtig, dass die Ballauslösevorrichtung dem Ball keinen Impuls oder Drehimpuls abgibt. Bei der für diese Messungen verwendeten Vorrichtung ist der Ball mit einem dünnen Metallplättchen an einem elektromagnetischen Auslöser befestigt. Die Rücksprunghöhe lässt sich durch akustische Aufzeichnung, mittels Mikrophon und Zeitmessgerät, ermitteln. Hierbei löst der Ball beim ersten Aufprall die Messung aus, welche durch den zweiten Aufprall wieder beendet wird. Die Zeitspanne zwischen diesen Ereignissen wird als T bezeichnet und in Sekunden angegeben. Die Höhe (HR), zu der er zurückprallt, wird wie folgt berechnet:  $HR = 1,23 \cdot (T - K)^2$ . **K** ist ein empirisch ermittelter Korrekturfaktor in Sekunden und beträgt beim Fußball 0,025. Dieses Verfahren wird an einem Standort fünf Mal wiederholt, diese fünf HR-Werte werden gemittelt und ergeben den anzunehmenden Wert der Höhe. Um die relative Rücksprunghöhe (R %) zu berechnen wird folgende Gleichung verwendet:  $R \% = \left(\frac{RS}{RC}\right) \cdot 100$ , wobei RS die Rücksprunghöhe vom Sportbelag und RC die Rücksprunghöhe vom Beton wiedergibt (DIN EN 12235:2013).

Für das Ballsprungsverhalten wurden die Messungen an sechs Messpunkten durchgeführt (Abbildung 9).

### Auswertung

Alle erfassten Daten wurden einer Varianzanalyse (Analysis of Variance / ANOVA) unterzogen. Unabhängige, messwiederholte Variablen waren die Spieltage, abhängige Variablen waren die Boden Härte etc. Für jede abhängige Variable wurden getrennte ANOVAs berechnet und mögliche Gruppenunterschiede mit Hilfe des Posthoc-Tests nach Tukey oder Games-Howell weiter untersucht. Für sämtliche Rechnungen wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha < .05$  festgelegt. Zur Prüfung der Be-

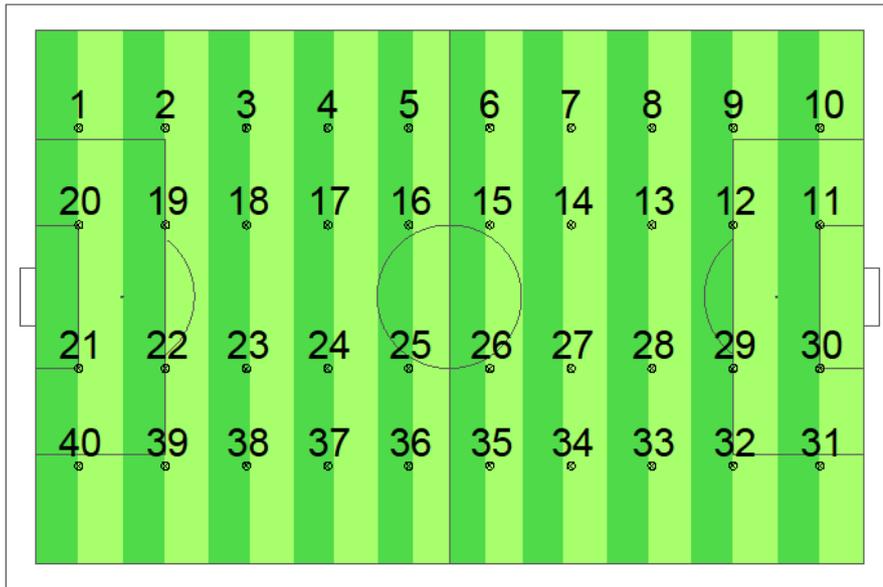


Abb. 7: Messpunkte für Bodenstärke und Bodenfeuchtigkeit.

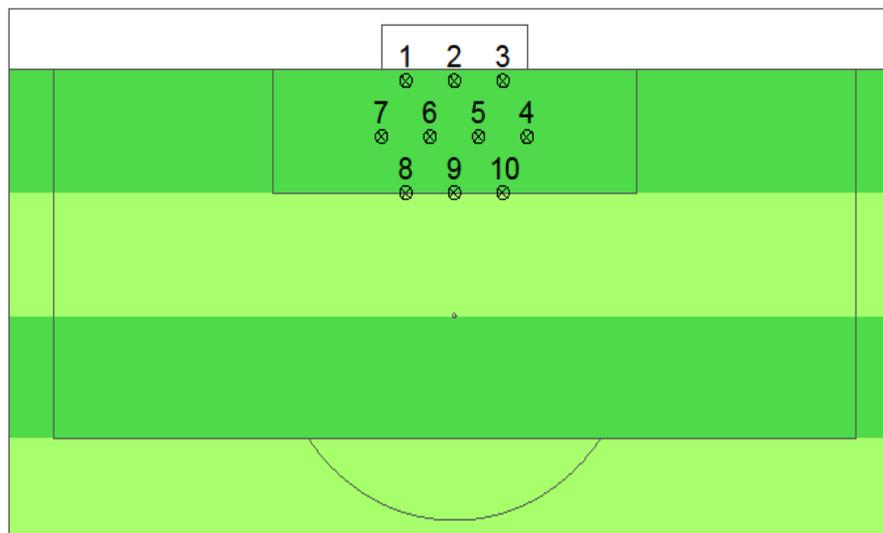


Abb. 8: Messpunkte Torräume für Bodenstärke und Bodenfeuchtigkeit.

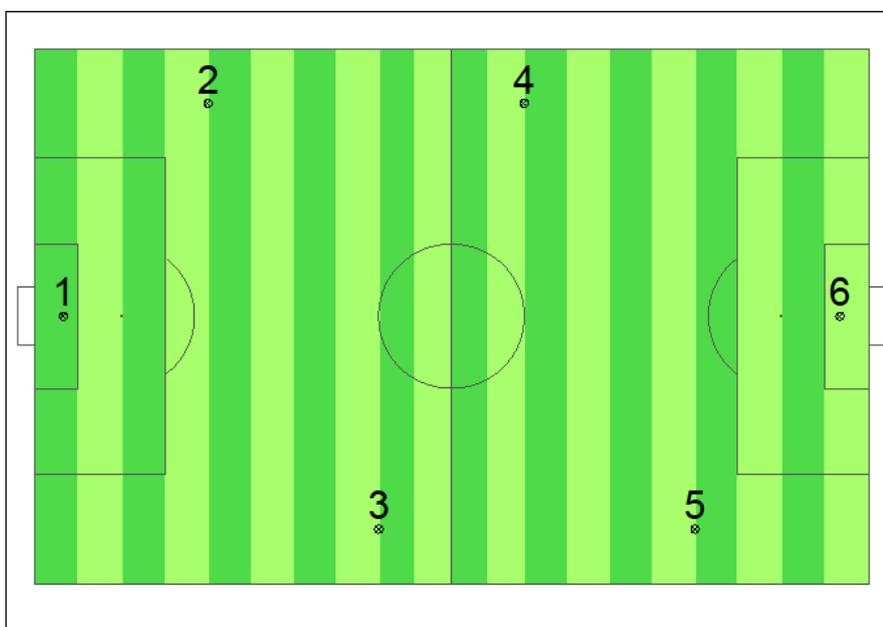


Abb. 9: Messpunkte für die Ermittlung des Ball-Rebounds.

ziehungen von verschiedenen Faktoren zueinander wurden die Korrelationen berechnet (COHEN,1988).

Alle Analysen erfolgten mit Hilfe von IBM SPSS Statistics 23.

## Ergebnisse

### Oberflächenhärte

Die Abbildungen 10 und 11 zeigen die Mittelwerte des ersten und fünften Clegghammer Schläges.

An drei Terminen, zwischen dem 20.03, dem 16.04. und dem 08.05., lagen keine signifikanten Unterschiede bei der Bodenstärke durch den ersten Clegghammer-Schlag (CH-1) vor, wohingegen sich diese erheblich zwischen 03.04. und dem 30.04. unterschieden. Die Varianzgleichheiten werden jeweils durch den gleichen Buchstaben gekennzeichnet. Die schwarzen Balken am Ende der jeweiligen Säulen geben die Standardabweichung an.

Bei der Bodenstärke des fünften Clegghammer-Schläges (CH-5) (Abbildungen 10 und 11) konnten ebenfalls keine maßgeblichen Unterschiede zwischen dem 20.03. zum 16.04. und 08.05. festgestellt werden, allerdings lag zwischen 16.04. und 08.05. im Vergleich zu CH-1 ein erkennbarer Unterschied vor. Der 03.04. und der 30.04. sind sich wie auch schon beim CH-1 ähnlich und weisen ebenfalls signifikante Unterschiede zu den anderen Spieltagen auf.

### Bodenfeuchte und Ball-Rebound

Die Messungen der Bodenfeuchte und des Ball-Rebounds wurden ab 03.04.2018 mit erfasst. Der 30.04. weist genauso wie der 08.05. deutliche Unterschiede zu den anderen Spieltagen auf, einzig der 03.04. und der 16.04. zeigen keinen erheblichen Unterschied zueinander (Abbildung 12).

Der Ball-Rebound zeigt keine erkennbaren Unterschiede zwischen dem 03.04., dem 16.04. und dem 08.05., wobei der 08.05. ebenfalls keine erheblichen Unterschiede zum 30.04. aufweist. Der 30.04. lässt einzig zum 08.05. Signifikanzgleichheit nachweisen (Abbildung 12).

In Abbildung 12 wurden alle Faktoren in einer Gesamtübersicht zusammengefügt. Hierbei ist zu erkennen, dass, wenn der Gm-Wert des CH-1 vom einen auf den anderen Spieltag steigt bzw. fällt, der Gm-Wert des CH-5 ebenso wie der CH-1 Wert steigt oder

fällt. Deswegen ist davon auszugehen, dass diese Werte miteinander korrelieren. Anders als beim CH-1 und CH-5 sind keine sichtbaren Abhängigkeiten zwischen den Variablen Bodenfeuchtigkeit oder Ballrückprung in Bezug auf eine andere Variable zu erkennen.

### Vergleich der verschiedenen Spielfeldpositionen

In Abbildung 13 werden die Mittelwerte der Oberbodenhärte Gm des ersten Clegghammer-Schlages für die verschiedenen Positionen dargestellt. Es ist gut zu erkennen, dass mit Ausnahme des 08.05. die Oberbodenhärte der Torräume größer ist als die des Spielfeldes. Das kann an der Rasennarbe liegen, welche in den Torräumen durch den Spielbetrieb fast vollständig abgenutzt wurde. Deutliche Unterschiede bei den Härtewerten zeigen sich zwischen Spielfeld und Torräumen lediglich am 16.04. und 30.04., was wohl auf die abgenutzte Rasennarbe zurückzuführen ist.

Bei den Ergebnissen der Oberflächenhärte des fünften Clegghammer-Schlages (Abbildung 14) ergab sich ein ähnliches Bild. Hierbei sind allerdings die Abstände der Gm-Werte so groß geworden, dass bedeutende Unterschiede zwischen dem Spielfeld und insbesondere dem Torraum West nachweisbar sind.

Die Messergebnisse der Bodenfeuchtigkeit (Abbildung 15) weisen eine weitgehend gleichmäßige Verteilung über die Positionen nach. Es bestehen bis auf den 03.04. keine signifikanten Unterschiede zwischen den Positionen. Am 03.04. sind die Torräume etwas feuchter als das Spielfeld. Die Gleichmäßigkeit der Positionen über die anderen Spieltage hingegen zeigt, dass der Aufbau über das Spielfeld ebenfalls sehr gleichmäßig ist. Die Unterschiede zwischen den Spieltagen lassen sich durch die verschiedenen Wetterbedingungen und eine gegebenenfalls unterschiedliche Wasserzufuhr erklären.

### Korrelation der Oberflächenhärte des CH-1 zum CH-5

Eine Korrelation zwischen dem ersten und fünften Cleggammerschlag (CH-1 und CH-5) wurde am Beispiel der beiden Spieltage vom 20.03.2018 und 30.04.2018 geprüft und als eindeutig nachgewiesen.

Im Beispiel des Streudiagramms vom 30.04. (Abbildung 16) ist mit dem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,763$  ( $R^2 = 0,581$ ) eine klare Beziehung ersichtlich. Links im Diagramm sind die Gm-Werte des ersten Schlages angezeigt und un-

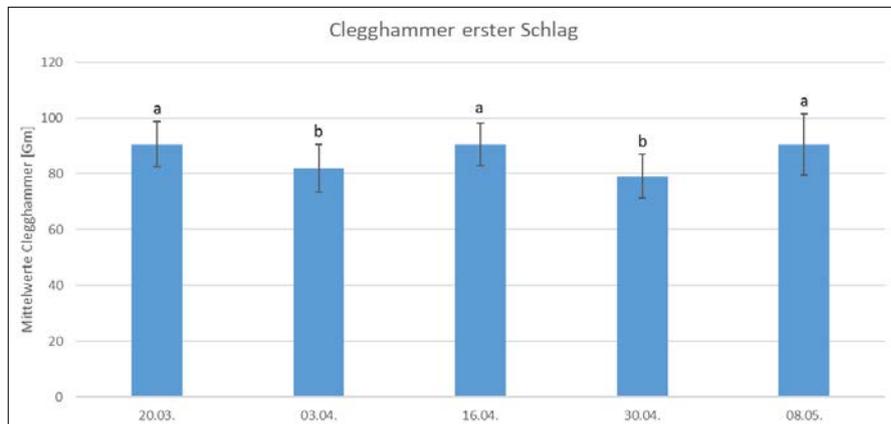


Abb. 10: Mittelwerten der Bodenhärte des ersten Clegghammer-Schlages.

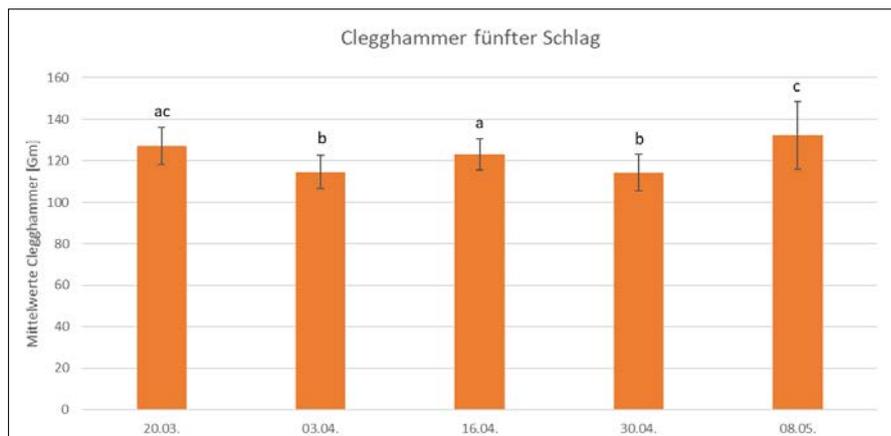


Abb. 11: Säulendiagramm mit den Mittelwerten der Bodenhärte des fünften Clegghammer-Schlages.

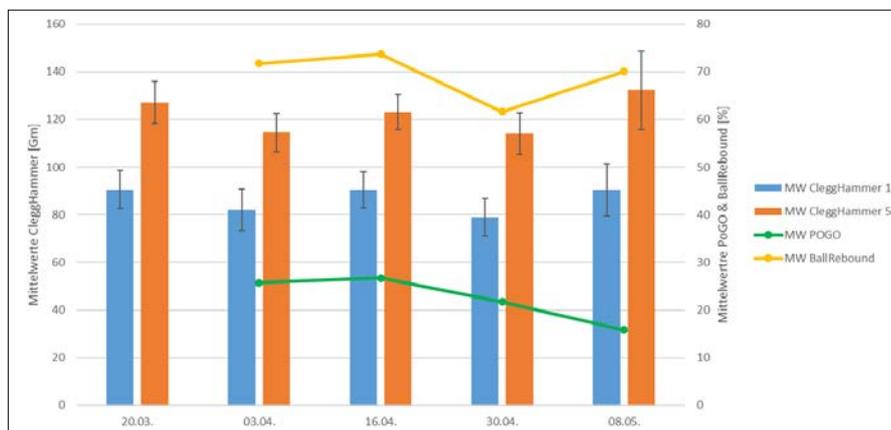


Abb. 12: Darstellung aller ermittelten Mess-Parameter zur Rasenqualität.

ten die des fünften Schlages. Wenn jeweils der erste und der fünfte Schlag des gleichen Messpunktes im Diagramm markiert werden, entsteht dieses Bild, in welches anschließend noch die Regressionsgerade  $R^2$  eingetragen wird. Die Regressionsgerade zeigt den Mittelwert und die Ausrichtung der Korrelation an. In dem Streudiagramm ist eine gleichmäßige Steigerung gut zu erkennen.

### Korrelation der Oberflächenhärte zur Bodenfeuchtigkeit

Eine Korrelation der Oberflächenhärte zur Bodenfeuchtigkeit kann nicht bestätigt werden. Mit Werten von  $r =$

$-0,112$  bis  $r = 0,178$  ist mit den hier erfassten Daten keine Tendenz zu erkennen, wie in Abbildung 17 anhand der Punktwolke am Beispiel des Spieltages vom 08.05. dargestellt wird.

### Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war es, anhand des Osnabrücker Stadionrasens festzustellen, inwieweit ein Zusammenhang zwischen der Oberflächenhärte und der Bodenfeuchtigkeit besteht und welche Oberflächenhärte für den Spielbetrieb bereitgestellt wird.

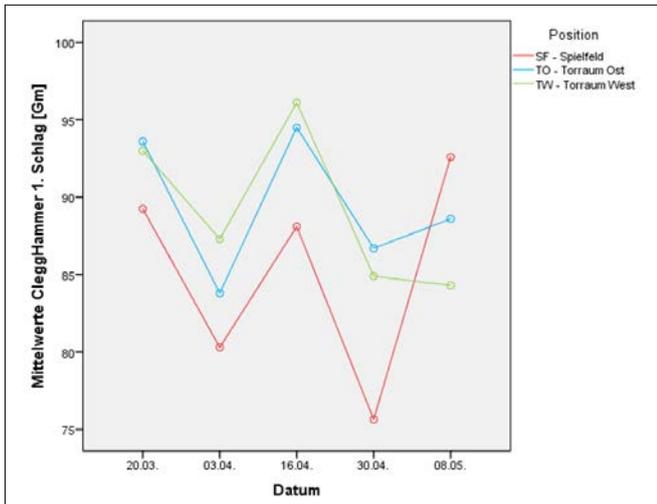


Abb. 13: Mittelwerte der Boden Härte durch den ersten Clegg-Hammer-Schlag über die Positionen.

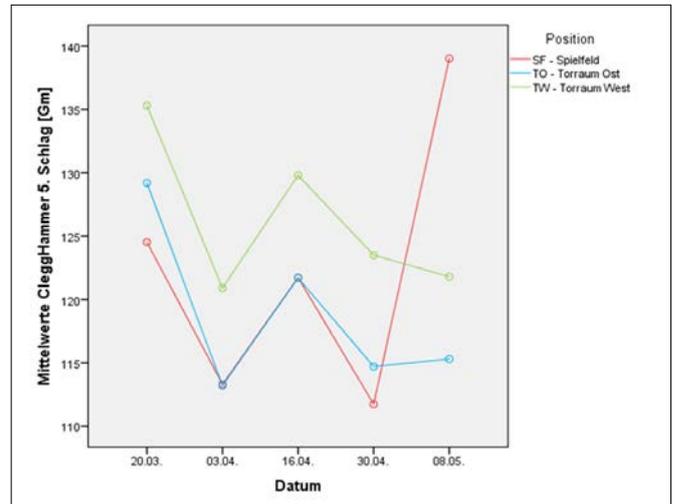


Abb. 14: Mittelwerte der Boden Härte durch den fünften Clegg-Hammer-Schlag über die Positionen.

Ein Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte und Boden Härte konnte mit den hier ermittelten Daten nicht bestätigt werden. Dazu ist ein wesentlich größerer Datensatz erforderlich, damit sich die Fehlerwahrscheinlichkeit senkt.

Bei der Größe eines Spielfeldes und durch das Mitteln der Messergebnisse fallen Unterschiede nicht mehr so extrem auf. Dies ist bei der Streuung der Bodenfeuchtigkeit z.B. am 08.05. sehr gut zu beobachten, denn dort sind an der Schattenseite bis zu 24 % und auf der Sonnenseite teilweise nur 7 % Bodenfeuchte gemessen worden.

Bei Fußballrasen ist eine Bodenfeuchtigkeit zwischen 25 % und 30 % anzustreben. Bei den ersten Messungen mit relativ geringen Außentemperaturen lagen die Werte etwa in diesem Optimalbereich. Bei den späteren Messter-

minen ab Außentemperaturen von über ca. 15 °C und unzureichendem Niederschlag lag die Bodenfeuchtigkeit deutlich darunter. Dies sollte dann durch Zusatzberegnung für den Spielbetrieb optimiert werden.

Bei der Boden Härte, gemessen mit dem Clegg Hammer, ist eine starke Korrelation zwischen dem ersten und dem fünften Verdichtungsschlag wahrzunehmen, wobei der erste Verdichtungsschlag eher eine grobe Richtungsangabe liefert, hart oder weich für den Sportler. Der fünfte Verdichtungsschlag gibt Hinweise für die Verdichtbarkeit und damit für die zu erwartende Härte eines Belages bei einer längeren Belastungsdauer.

Im Gesamtbild ist immer eine starke Korrelation zu erkennen, die jedoch an den verschiedenen Terminen der Daten-

erfassung unterschiedlich stark ausfiel. Ein Grund dafür ist wiederum der erste Verdichtungsschlag, denn wenn der Clegg Hammer an einer Stelle angesetzt ist, an der die Rasennarbe durch den Antritt oder einer Grätsche eines Spielers gelöst wurde, wird die erste Messung weicher und ungenau. Diese Fehlerquelle ist beim fünften Verdichtungsschlag weniger gegeben, da durch die vier vorherigen Schläge eine gleichmäßige Vorverdichtung stattgefunden hat.

Weitere Erkenntnisse ergaben sich beim Vergleich der Oberflächen Härte des ersten Clegg Hammer-Schlages zu den Richtwerten aus der Tabelle von NONN (2017), laut der Fußballplätze im Profibereich einen Sollwert von 65 Gm bis 100 Gm und einen Idealwert von 75 Gm bis 90 Gm vorweisen sollen. Der Mittelwert des Osnabrücker Stadionrasens ergab im Durchschnitt einen Wert

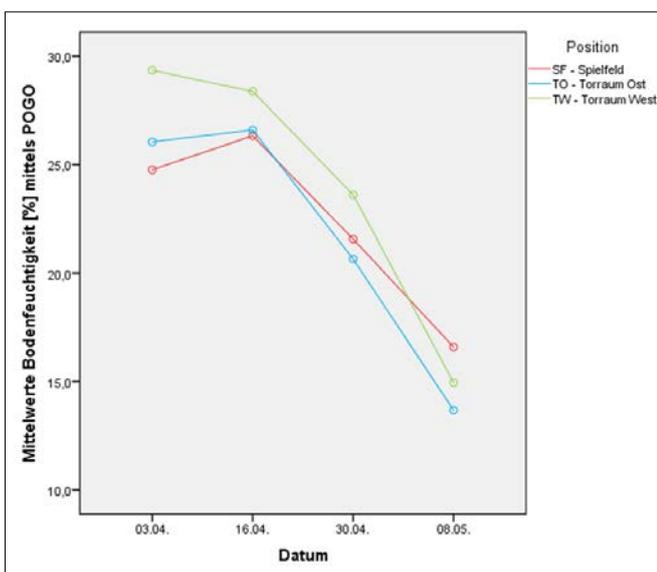


Abb. 15: Mittelwerte der Bodenfeuchtigkeit über die Positionen.

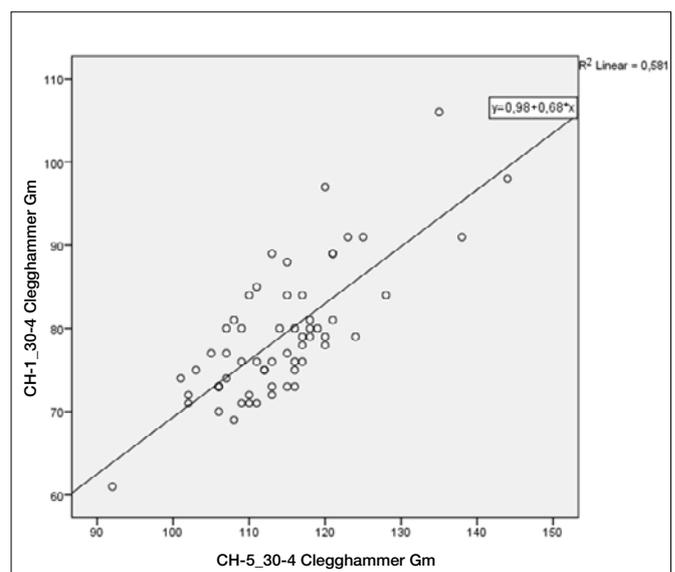


Abb. 16: Streudiagramm des ersten zum fünften Clegg Hammer-Schlag mit eingetragener Regressionsgeraden vom 30.04.

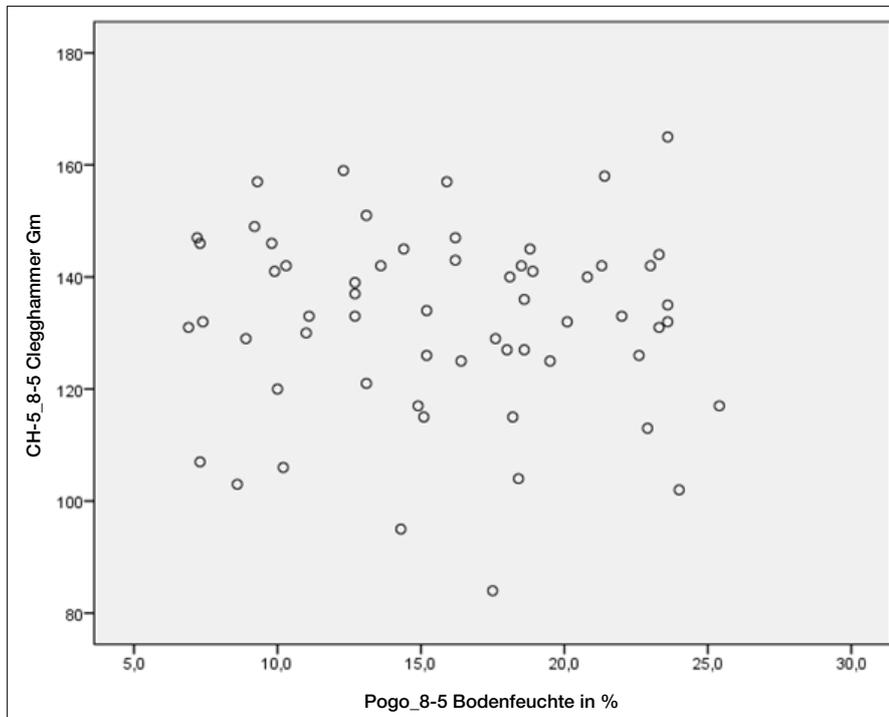


Abb. 17: Streudiagramm als Punktwolke des fünften Clegghammer-Schlages in Relation zur Bodenfeuchtigkeit vom 08.05.

der Oberflächenhärte von 87 Gm. Dieser Wert ist absolut im Soll, aber schon sehr nah an der oberen Grenze des Idealbereiches. Dies ist für den kurzen Zeitraum nach der Neuverlegung des Rasens im Februar bis zu den ersten Messungen sehr verwunderlich und kann u. a. auch durch die Pflegefahrzeuge, wie einen Schmalspurschlepper mit für Rasen ungeeigneter Bereifung, verursacht sein. Im Vergleich zu Erstligastadien wird der Osnabrücker Stadionrasen immer mit einem Aufsitzmäher geschnitten, der im Gegensatz zu einem Handmäher schwerer ist.

Eine Möglichkeit, den Boden zu lockern und damit die Oberflächenhärte zu reduzieren, bietet das Aerifizieren. Bei den Messungen am 30.04. bot sich die Möglichkeit, vor und nach dem Aerifizieren die Bodenstärke zu messen. Hierbei stellte sich heraus, dass der Aerifiziervorgang ca. 30 % Bodenlockerung zum ersten Clegghammer-Schlag erzeugte, welche nach dem fünften Verdichtungsschlag nur noch ca. 15 % betrug.

Die Ergebnisse des Ball-Rebound spiegeln an den vier Messterminen in etwa die unterschiedlichen Clegghammer-Werte an den Spieltagen wieder, sind aber aufgrund zu geringer Datenmenge nicht statistisch verrechnet worden und zeigen nur eine tendenzielle Beziehung zwischen Oberflächenhärte und Ballrückprall auf. Auch hier gilt es,

in weiteren Untersuchungen Daten zu ermitteln, um Messergebnisse besser abzusichern.

## Literatur

- COHEN, J., 1988: „Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences“, 2. Aufl., New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- DFL, 2015: Qualitätssicherung für Stadionrasen – Arbeitsbuch für das Greenkeeping. Expertenkommission Rasen, Hrsg. DFL Deutsche Fußball Liga GmbH, Frankfurt am Main.
- EUROGREEN, 2018: „EUROGREEN Sportrasen-Mischung“. [https://www.eurogreen.de/\\_ws/mediabase/\\_ts\\_1521704298000//EG/PDF/Produkte/Saatgut/1221\\_001.pdf](https://www.eurogreen.de/_ws/mediabase/_ts_1521704298000//EG/PDF/Produkte/Saatgut/1221_001.pdf) (aufgerufen am: 6. Juli 2018).
- FRANKE, B., 2018: Mündliche Mitteilungen, TURF Handels GmbH, Gratkorn, Austria.
- GEOVEGOS, 2017: Labor-Prüfbericht, Osnabrück.
- NOZ, 2017: Bremer Brücke unbespielbar – Spiel des VfL Osnabrück gegen den Karlsruher SC abgesagt. NEUE OSNERBRÜCKER ZEITUNG. <https://www.noz.de/deutschland-welt/vfl-osnabrueck/artikel/993187/spiel-des-vfl-osnabrueck-gegen-den-karlsruher-sc-abgesagt-1> (aufgerufen am: 7. Februar 2018).
- NONN, H., 2017: „Oberflächenhärte – ein wichtiger Qualitätsparameter für Fußballrasen“. <http://www.rasengesellschaft.de/content/rasenthema/2017/10.php> (aufgerufen am: 8. August 2018).
- NONN, H., 2018: Mündliche Mitteilungen, Deutsche Rasengesellschaft, Bonn.

- POGO A, 2018: „Stevens Water Monitoring Systems Inc. – about us“. <https://pogoturfp.com/about/> (aufgerufen am: 20. Juni 2018).
- SD INSTRUMENTATION, 2018: „Clegg Impact Soil Testers“. <https://sdinst.com/> (aufgerufen am: 28. Februar 2018).
- SD INSTRUMENTATION, 2015: „CLEGG IMPACT SOIL TESTER TYPE CIST/883 – 2.25 Kg“. <https://sdinst.com/sites/default/files/downloads/CIST883-datasheet-2.25kg.pdf> (aufgerufen am: 28. Februar 2018).
- TAGESSCHAU, 2017: „Pokalspiel Lotte-Dortmund abgesagt“ <https://www.tagesschau.de/sport/lotte-dortmund-abgesagt-101.html> (aufgerufen am: 7. Februar 2018).
- VFL OSNABRÜCK, 2018a: „Der Rasen hat seine besten Tage hinter sich.“ <https://www.vfl.de/news/news/article/der-rasen-hat-seine-besten-tage-hinter-sich.html> (aufgerufen am: 6. Februar 2018).
- VFL OSNABRÜCK, 2018b: „Verein – VfL Osnabrück GmbH & Co. KGaA“ <https://www.vfl.de/verein.html> (aufgerufen am: 15. Juni 2018).
- VFL OSNABRÜCK, 2018c: „Stadion-Historie – Die Bremer Brücke“. <https://www.vfl.de/bremer-bruecke/historie.html> (aufgerufen am: 15. Juni 2018).
- WEHLEND, J., 2018: Mündl. Mitteilung, VfL Osnabrück.
- WETTERSTATION BELM (2018): „Wetterrückblick der Region Belm“. [https://www.wetter.com/wetter\\_aktuell/rueckblick/?id=DE000929&sid=10312&timeframe=1y](https://www.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick/?id=DE000929&sid=10312&timeframe=1y) (aufgerufen am: 20. Juni 2018).

## Normenverzeichnis

- DIN EN 12235:2013: Bestimmung der Ballreflektion.
- DIN EN 14954:2005: Bestimmung der Härte von Naturrasen und ungebundenen mineralischen Belägen für Sportböden für den Außenbereich.
- DIN 18035-4:2012-01: Sportplätze – Rasenflächen.

### Autoren:

Tony Lünswilken (B. Eng.)  
Hochschule Osnabrück  
Oldenburger Landstraße 24  
D-49090 Osnabrück  
tony.lunswilken@kabelmail.de

Prof. Dr. Wolfgang Prämaßing  
Hochschule Osnabrück  
Emsweg 3  
49090 Osnabrück  
w.praemassing@hs-osnabrueck.de

Prof. Martin Thieme-Hack  
ILOS - Institut für Landschaftsbau,  
Sportfreianlagen und Grünflächen  
Hochschule Osnabrück  
Emsweg 3  
D - 49090 Osnabrück  
m.thieme-hack@hs-osnabrueck.de