

Beurteilung der Härte von Fußballrasenspielfeldern (RTG)

Thanheiser S., S. Grashey-Jansen, G. Armbruster und B. Sedlmeir

Zusammenfassung

Die Härte eines Fußballspielfeldes ist ein wesentlicher Faktor für das Verletzungsrisiko der Fußballspieler und beeinflusst deren Spielverhalten hinsichtlich der Unvorhersehbarkeit des Ballrücksprungs. In diesem Zusammenhang muss insbesondere die Härte neu entwickelter Hybridrasensysteme untersucht werden. Der Clegg Impact Soil Tester (CIST) ermöglicht die Messung und Quantifizierung der Oberflächenhärte. Da dieses Gerät zunächst hauptsächlich im Straßenbau zum Einsatz kam, gibt es nur wenige Studien über seinen Einsatz auf Sportoberflächen bzw. auf Hybridrasensystemen von Fußballspielfeldern. Dies könnte der Grund dafür sein, dass gewisse methodische Uneinigigkeiten bestehen und bisher keine Bewertungsrichtlinien für die Klassifizierung der Härte von Fußballspielfeldern mit dem CIST vorliegen. Der vorliegende Artikel geht der Frage nach, wie und in welchem Maße sich verschiedene Rasensysteme (Naturrasen und Hybridrasen) in ihren spezifischen Härtegraden unterscheiden und wie die mit dem CIST gemessenen Werte für verschiedene Fußballrasensysteme beurteilt werden können. Das Ziel ist es, eine erste Orientierung für die Einstufung beziehungsweise Beurteilung der Messergebnisse mit dem CIST für unterschiedliche Fußballrasensysteme aufzuzeigen. Insgesamt sind acht Fußballspielfelder, je zwei eines Rasentyps, untersucht worden. Hierbei handelt es sich um Naturrasen, Mattensysteme, Hybridrasentragschichtmischungen und stitched Systeme (engl. stitch = nähen). Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass deutliche Unterschiede in der Härte der Spielfelder bestehen und dass Hybridrasenspielfelder härter sind als Naturrasenspielfelder. Die mit dem CIST gemessenen Werte müssen rasensystemspezifisch interpretiert werden. Rasensystemspezifische Korrelationen ermöglichen eine deutliche Reduzierung des Messaufwands.

Summary

The hardness of a football field is not only of the utmost importance regarding the risks of injuries for the footballers, it influences the football games too because it is not possible to foresee the ball rebound. In this context, it seems therefore essential to test the hardness of the new-developed hybrid lawns. The Clegg Impact Soil Tester (CIST) allows to measure and quantify the hardness of a surface. Because originally this device was utilised primarily in the road construction, there are only a few studies on its use on the surfaces of sport fields or on hybrid lawn systems of football fields. That may be the reason why some disagreements about the various methods exist and that, until now, no valuation guidelines were published over the classification of football field hardness made with the help of CIST. This article questions how and to what extent the different lawn systems (natural grass lawn or hybrid grass lawn) vary significantly when considering their specific hardness degree and how it may be possible to evaluate the data of the various football field lawn systems taken with the help of CIST. The goal of this research work is to present the first guidance to interpret the results, measured with CIST, dependent on different pitch systems. Overall eight football pitches were tested respectively two of each system. In this case, we speak about natural lawn, systems with matting, hybrid turf system for root zone layer, stitched systems. The test results reveal an obvious difference in the hardness of the soccer pitches and also that the fields covered with an hybrid turf system are harder than play field covered with a natural lawn. It is necessary to interpret the data taken with CIST in a lawn conform context depending on the system. Correlations in this context allow a clear reduction in taking measurements.

Résumé

La dureté d'un terrain de football présente non seulement un grand risque de blessures pour les footballeurs, mais il influence aussi leur match étant donné qu'il est impossible de prévoir la trajectoire du ballon. C'est pourquoi il est absolument indispensable d'analyser la dureté des systèmes de gazon hybride nouvellement mis à point. Le Clegg Impact Soil Tester (CIST) permet de mesurer et de quantifier la dureté des surfaces. Comme de nos jours cet appareil est surtout utilisé dans la construction des routes, il n'existe jusqu'à présent que très peu d'études sur leur utilisation sur les terrains de sport ou sur les terrains de football couverts de systèmes de gazon hybride. Cela pourrait expliquer pourquoi il y a actuellement un certain désaccord sur les méthodes à employer et que, par ailleurs, il n'existe toujours pas de directives permettant de qualifier la dureté d'un terrain de football. Dans cet article on examine comment et dans quelle mesure les différents systèmes de gazon (gazon naturel et gazon hybride) se différencient les uns des autres en ce qui concerne leur degré de dureté spécifique. On essaie également de savoir comment évaluer les résultats des différents systèmes de gazon sur les terrains de football obtenus au CIST. Le but est de présenter une première orientation permettant une évaluation et la classification des valeurs des différents systèmes de gazon sur les terrains de football mesurées au CIST. On a contrôlé au total huit terrains de football, chaque fois deux d'entre eux recouverts d'une variété de gazon. Il s'agit dans ce cas d'un gazon naturel, d'un système de nattes, de mélanges de gazon hybride pour couche porteuse de gazon et enfin d'un système stitched (en anglais stitch signifie coudre). Les résultats des tests ont révélé de grandes différences dans la dureté des terrains de football; ils ont aussi révélé que les terrains recouverts de gazon hybride sont plus durs que ceux recouverts d'un gazon naturel. Il est en outre nécessaire d'interpréter les résultats obtenus au CIST en tenant compte de la spécificité de chaque gazon. L'interdépendance des systèmes de gazon, chacun avec sa spécificité particulière, permet une diminution substantielle des mesures à prendre.

Einleitung

Seit der ersten Ausgabe der DIN 18035-4 zur Herstellung von Sportrasenflächen im Jahre 1974 gelten für die Beurteilung der Rasentragschichten bis heute die gleichen Parameter wie Korngrößenverteilung, Wasserdurchlässigkeit, Wasserspeicherfähigkeit, Anteil an organischer Substanz und Bodenreaktion (pH-Wert). Dabei wurden seit 1974 die Anforderungen nur unwesentlich modifiziert. Die zur Qualifizierung von Rasentragschichtgemischen entscheidenden Kennwerte wie Porenverteilung und Härte haben bis heute keinen Eingang in das Regelwerk gefunden.

Dabei hat, insbesondere durch den Einsatz von Hybridrasensystemen, die Härte von Rasenspielfeldern eine neue Bedeutung erfahren. Die Härte eines Fußballfelds beeinflusst das Spielverhalten der Fußballspieler hinsichtlich des Ballrücksprungs und ist ausschlaggebend für das Verletzungsrisiko. Daher sind eine Quantifizierung der Härte von Fußballplätzen und die Einschätzung der Parameter, die sie beeinflussen, sehr wichtig (BEARD u. SIFERS, 1993). In Deutschland ist die Messung der Härte von Naturrasen und ungebundenen mineralischen Belägen für Sportböden für den Außenbereich in DIN EN 14954 (2005) beschrieben. Anforderungen und Grenzwerte sind in dieser Norm nicht enthalten.

Der vorliegende Beitrag versucht, unterschiedliche Rasensysteme hinsichtlich ihrer Härte einzuordnen. Zudem werden rasensystemspezifische Koeffizienten vorgestellt, welche eine signifikante Reduzierung des Messaufwandes ermöglichen.

Stand der Forschung

Der Clegg Impact Soil Tester (CIST) wurde in den späten 1960er Jahren von Dr. Baden Clegg in der Abteilung für Bauingenieurwesen der University of Western Australia ursprünglich für die Evaluierung von Tragschichten im Straßenbau entwickelt. Die Messung der Härte ist an einem Messpunkt solange zu wiederholen, bis ein annähernd konstanter Wert erreicht wird. Die Anzahl der Messungen ist situationsabhängig und beläuft sich in der Regel auf sechs Wiederholungen, in manchen Fällen ist der erste Wert ausschlaggebend (CLEGG 1976). LINDE (2005) untersuchte Golfplätze in Neuseeland unter

Verwendung des CIST. 2006 veröffentlichten GELERNTER et al. Untersuchungen zur Festigkeit von Golfgrüns mit dem Clegg Impact Soil Tester. Im Fußballbereich konzentrieren sich die bisherigen Studien vor allem auf den Zusammenhang mit dem Verletzungsrisiko. Allerdings gibt es bisher keine einheitlichen Vorgaben oder Bewertungsrichtlinien für die Einstufung der Härte von Fußballspielfeldern mit dem CIST. Einen Anhaltspunkt hinsichtlich der Beurteilung der Messergebnisse des 2,25 kg Modells gibt der Hersteller SD Instrumentation. Die empfohlenen Werte sind der nachstehenden Tabelle 1 zu entnehmen und beziehen sich auf Naturrasenspielfelder.

Eine weitere Beurteilungshilfe für die Messergebnisse des 2,25 kg CIST auf Naturrasenspielfeldern wurde von CHIVERS u. ALDOUS (2004) erstellt (Tabelle 2).

Im Fußballbereich konzentrieren sich die bisherigen Studien mit dem CIST vor allem auf den Zusammenhang mit dem Verletzungsrisiko. Im Journal of

Science and Medicine in Sport veröffentlichte ORCHARD (2001) Untersuchungen zum Thema Spielfeldhärte und Anzahl der Verletzungen in der Australian Football League. Bei seinen Untersuchungen verwendete er das 2,25 kg Modell des CIST auf Naturrasenspielfeldern und zeichnete drei Werte je Messpunkt auf. Für den ersten Wert gibt er folgende Einstufung der Messergebnisse vor (Tabelle 3).

Methodik

Im Rahmen einer Studie an der Universität Augsburg wurden acht Fußballspielfelder hinsichtlich ihrer Härte untersucht. Zwei Naturrasenspielfelder und je zwei Hybridrasenspielfelder mit einem stitched System (engl. stitch = nähen), einem System mit gewebter Matte und einem System mit einem Hybridrasentragschichtgemisch.

Bei einem stitched System ist der natürliche Rasen mit Kunstrasenfasern verstärkt, die in den Rasen 20 cm tief implantiert werden. Bei einem Matten-

Clegg Impact Value 3 [Gm]	Nutzung
45-90	nicht professionell genutztes Spielfeld
75-90	professionelles Spielfeld (enges Spektrum)
65-100	professionelles Spielfeld

Tab. 1: Bewertung der Messergebnisse nach Hersteller.
(Quelle: SD Instrumentation (o.J.), S. 13).

Clegg Impact Value 5 [Gm]	Beurteilung
< 30	zu gering
30-69,9	gering
70-89,9	bevorzugt
90-120	hoch
> 120	zu hoch

Tab. 2: Bewertung der Messergebnisse nach Chivers & Aldous (2004).
(Quelle: Sleat et al. 2016, S. 4)

Clegg Impact Value 1 [Gm]	Beurteilung
≤ 30	weich
30-65	langsam
65-90	fest
≥ 90	hart

Tab. 3: Bewertung der Messergebnisse nach Orchard (2001).
(Quelle: Orchard (2001))

system sind Kunststofffasern auf einer gewebten Matte befestigt, die auf der Rasentragschicht liegt und mit einem Rasentragschichtsubstrat in einer Dicke von 2,5 cm verfüllt wird. Bei den Systemen mit einer Hybridrasentragschicht wird die Rasentragschicht eines Spielfeldes mit Kunststofffasern versetzt (SCHAAL, 2017).

Felduntersuchungen



Abb. 1: Clegg Impact Soil Tester 2,25 kg. (Foto: S. Thanheiser)

Der CIST (Abbildung 1) besteht aus einem (Verdichtungs-)Hammer, welcher innerhalb eines Führungsrohres, aus einer fest definierten Höhe, auf die zu prüfende Oberfläche fällt. Die Messung erfolgt mit einem Präzisionsbeschleunigungssensor, der an dem Hammer

angebracht ist (CLEGG, 1976). Beim Auftreffen auf die Oberfläche wird ein elektrischer Impuls generiert, dessen Stärke abhängig von der Oberflächenfestigkeit ist. Gemessen wird die negative Beschleunigung des Hammers beziehungsweise die Geschwindigkeit, mit der sich der Hammer, beim Auftreffen auf die zu prüfende Oberfläche verlangsamt. Die gemessenen Werte werden auf einer digitalen Ausleseeinheit als ein Vielfaches der Gravitationsbeschleunigung g angegeben und gespeichert. Hierbei beschreibt G_{max} bzw. G_m die maximale negative Beschleunigung beim Aufprall auf die Testoberfläche (CLEGG, 1992). Die Messung der Härte erfolgt mit dem CIST 2,25 kg (Modellnummer: CIST/883/2K25K/Stor/Blu) (Abbildung 1) in Anlehnung an DIN EN 14954 (2005).

DIN EN 14954 (2005) schreibt für eine Fläche von 5.000 m² mindestens 20 Messpunkte vor. Die Messungen wurden einheitlich an 50, gleichmäßig über das jeweilige Spielfeld verteilten Messpunkten durchgeführt. Eine einheitliche Anzahl an Messpunkten je Spielfeld ermöglicht eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Zur Beantwortung der Frage nach den Abweichungen zwischen den einzelnen Messwerten an einem Messpunkt wurden, wie in DIN EN 14954 (2005) vorgegeben, fünf Messungen je Messpunkt durchgeführt. Dies ermöglicht eine rasensystemspezifische Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Messwerten. Abweichungen von den Vorgaben der genannten Norm entstanden modellbedingt bei der Fallhöhe und dem Fallge-

wicht. Das verwendete Modell besitzt ein Fallgewicht von 2,25 kg und eine Fallhöhe von 450 mm.

Statistische Datenauswertung

Die statistische Auswertung der gemessenen Daten erfolgte mit Excel zunächst spielfeldspezifisch. Um zu quantifizieren, wie die verschiedenen Spielfelder auf die Verdichtung durch den Clegg-Impact reagieren, wurde die prozentuale Abweichung zwischen den CIV_1 bis CIV_4 (CIV = Clegg Impact Value = Einzelmesswert) und dem Zielwert CIV_5 (Zielwert gem. DIN EN 14954 (2005)) berechnet. Anschließend wurden die Korrelationskoeffizienten zwischen dem ersten und den darauffolgenden Werten der Messungen an einem Messpunkt errechnet und rasensystemspezifische Regressionsmodelle erstellt, um zu evaluieren, ob der CIV_5 als Zielvariable aus dem CIV_1 mathematisch abgeschätzt werden kann.

Ergebnisse

Ergebnisse der Felduntersuchung

Tabelle 4 enthält die durchschnittlichen Werte der jeweils ersten bis fünften Messung aller 50 Messpunkte für die einzelnen untersuchten Spielfelder dar.

Die Skala aller durchgeführten (insgesamt 2.000) Messungen mit dem CIST beginnt bei 60 Gm (CIV_1 Naturrasen 1) und endet bei 211 Gm (CIV_5 Mattensystem 1). Die Mattensysteme weisen die höchsten Werte auf. Auf den beiden Naturrasenspielfeldern konnten

Rasensystem	CIV_1 [Gm]	CIV_2 [Gm]	CIV_3 [Gm]	CIV_4 [Gm]	CIV_5 [Gm]	Min CIV [Gm]	Max CIV [Gm]
Mattensystem 1	127	149	160	165	172	94 (1)	208 (5)
Mattensystem 2	135	166	178	185	190	110 (1)	211 (5)
Naturrasen 1	74	85	89	92	94	60 (1)	113 (5)
Naturrasen 2	78	86	89	90	91	63 (1)	113 (4)
Stitched System 1	86	100	103	105	107	64 (1)	122 (5)
Stitched System 2	89	104	109	113	116	73 (1)	133 (5)
Hybridrasentragschicht 1	97	116	124	127	130	80 (1)	158 (5)
Hybridrasentragschicht 2	78	94	102	108	112	67 (1)	134 (5)

Tab. 4: Übersicht über durchschnittliche CIV [Gm] je Spielfeld sowie Minimal- und Maximalwerte.

die geringsten Werte von 94 Gm (CIV_5 Naturrasen 1) und 91 Gm (CIV_5 Naturrasen 2) festgestellt werden. Auf dem Spielfeld Naturrasen 2 wird der Maximalwert bereits nach der vierten Messung erreicht (Tabelle 4).

Ergebnisse der Datenauswertung

In Abbildung 2 sind die durchschnittlichen CIV_5 rasensystemspezifisch auf eine Spielfeldfläche projiziert.

Die Messergebnisse zeigen, dass die bereits vorhandenen Beurteilungen ausschließlich für die Bewertung der Härte von Naturrasenspielfeldern geeignet sind. Bei der Betrachtung des durchschnittlichen CIV_3 wird selbst das, vom Hersteller vorgegebene, weite Spektrum (65 Gm bis 100 Gm) eines professionell genutzten Spielfeldes nur von den beiden untersuchten Naturrasenspielfeldern nicht überschritten (Tabelle 1). Wird die Bewertung von CHIEVERS u. ALDOUS (2004) herangezogen, ist CIV_5 zu beurteilen. Dieser sollte maximal 120 Gm betragen (Tabelle 2). Diese Vorgabe wird von beiden Naturrasenspielfeldern, den beiden stitched Systemen und dem Hybridrasentragschicht Spielfeld 2 erfüllt. Nach ORCHARD (2001) sind Werte ab 90 Gm bei der ersten Messung (CIV_1) als „hart“ zu beurteilen (Tabelle 3). Diese Anforderung wird ebenfalls von den beiden Naturrasenspielfeldern, den beiden stitched Systemen und dem Hybridrasentragschichtsystem 2 erfüllt. Es bleibt offen, ob diese Beurteilungen auch für Hybridrasenspielfelder anzuwenden sind.

Um zu quantifizieren, wie die verschiedenen Spielfelder auf die Verdichtung durch den Clegg Impact Soil Tester reagieren, wurde die prozentuale Abweichung zwischen den CIV_1 bis CIV_4 und dem Zielwert CIV_5 berechnet. Die Berechnung basiert auf den Mittelwerten der jeweils 50 CIV's je Messung und Spielfeld. Abbildung 3 zeigt für jedes untersuchte Spielfeld die prozentualen Abweichungen der ersten vier CIV zum fünften CIV. Es wird deutlich, dass die mit Abstand größten Abweichungen bei den beiden Mattensystemen auftreten. Die geringsten Abweichungen zeigen sich bei den Naturrasenspielfeldern. Insgesamt nehmen die Abweichungen zwischen den einzelnen Messwerten mit zunehmender Anzahl der Messungen je Messpunkt ab.

Gemäß DIN EN 14954 (2005) sollte die Differenz zwischen CIV_4 und CIV_5 auf einem Naturrasenspielfeld nicht mehr als 20 g betragen. Abbildung

3 zeigt, dass die Anforderungen der DIN EN 14954 (2005) auf keinem der getesteten Spielfelder überschritten werden. Da die Abweichungen zwischen CIV_4 und CIV_5 auf den Hybridrasenflächen höher sind als auf den Naturrasenspielfeldern, bleibt die Frage offen, ob fünf Messungen je Messpunkt für Hybridrasenspielfelder ausreichend sind.

Um zu evaluieren, ob CIV_5 als Zielvariable aus dem jeweils korrespondierenden CIV_1 mathematisch abgeschätzt werden kann, wurden zunächst die Korrelationskoeffizienten zwischen dem ersten und den darauffolgenden Werten der einzelnen Messungen an

einem Messpunkt errechnet. Da ein hoher statistischer Zusammenhang zwischen den CIV's besteht, konnten in einem zweiten Schritt rasensystemspezifische Regressionsmodelle aufgestellt werden. Die Berechnung basiert auf den Mittelwerten aller jeweils 100 CIV's zweier Spielfelder des gleichen Typs. Die Ergebnisse dieser Regressionsrechnungen sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Regressionsmodelle zeigen den CIV_5 als Zielvariable auf der y-Achse und den CIV_1 als erklärende Variable auf der x-Achse.

Mit diesen rasensystemspezifischen Modellen lassen sich die CIV_5 für das jeweilige Rasensystem auf Basis des

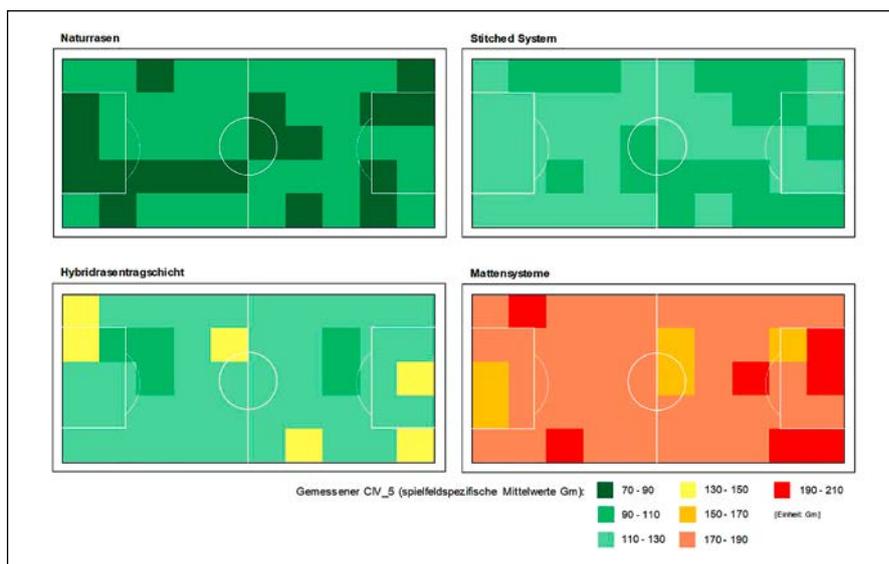


Abb. 2: Rasensystemspezifische Projektion des CIV_5 [Gm] auf eine Spielfeldfläche.

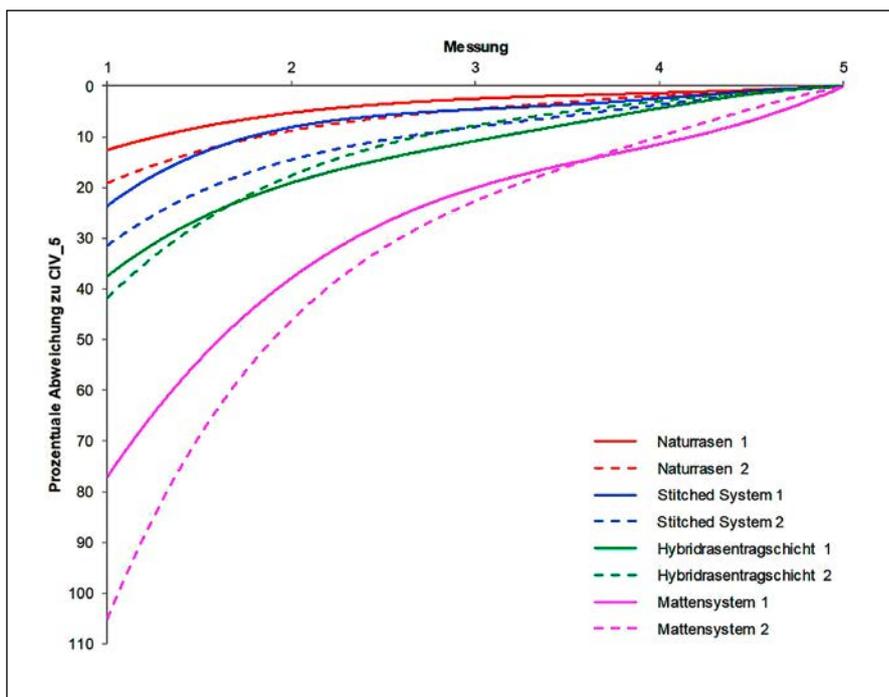


Abb. 3: Spielfeldspezifische prozentuale Abweichung CIV_1 bis CIV_4 zum Zielwert CIV_5.

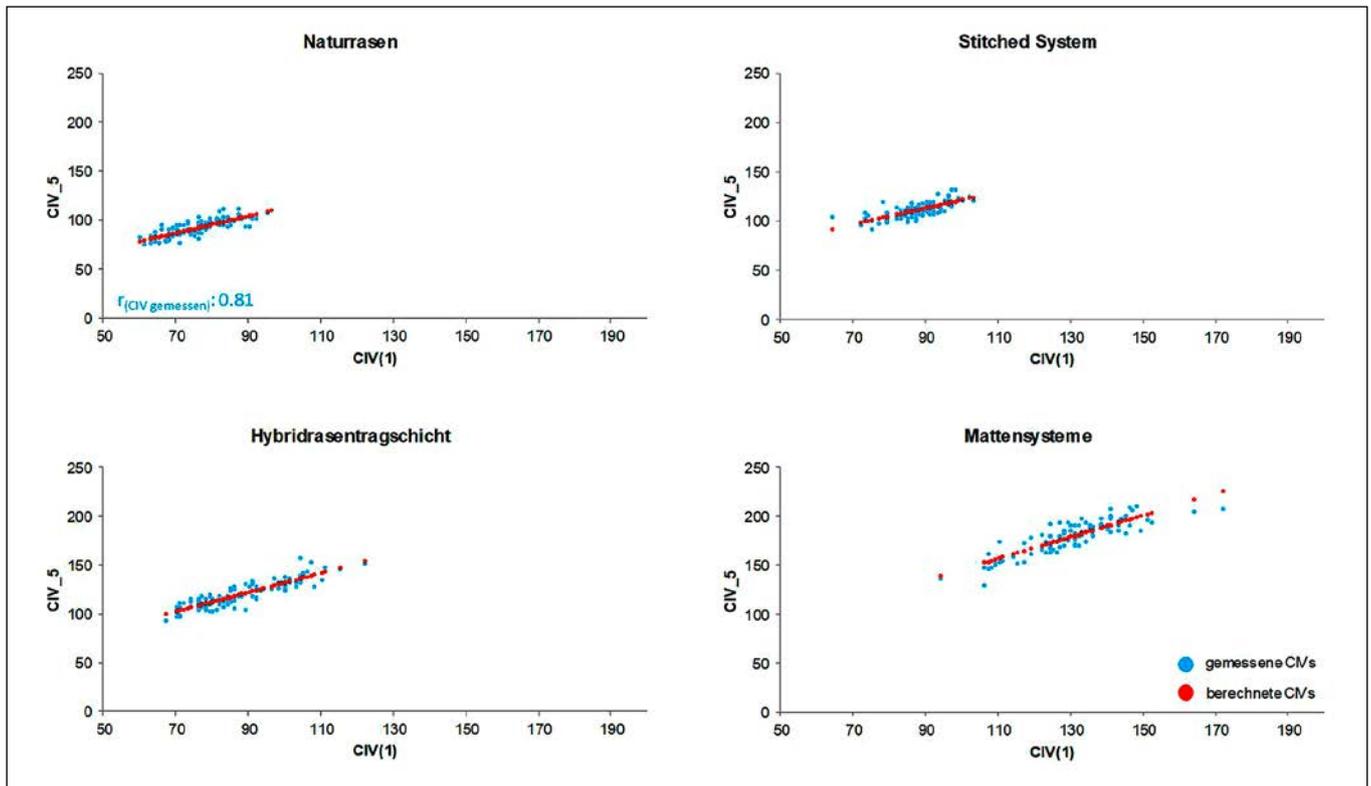


Abb. 4: Rasensystemspezifische Regressionsmodelle

Rasensystem	Regressionskoeffizient [r]
Mattensystem	0,86
Naturrasen	0,81
Stitched System	0,72
Hybridrasentragschicht	0,89

Tab. 5: Rasensystemspezifische Regressionskoeffizienten [r].

ersten CIV berechnen. Das Verfahren berechnet für die Naturrasen, die stitched Systeme und die Hybridrasentragschichten genaue Werte. Für die Mattensysteme liefert das spezifische Regressionsmodell einen vergleichsweise ungenauen CIV₅.

Für die Berechnung des CIV₅ sind die rasensystemspezifischen Regressionskoeffizienten in Tabelle 5 angegeben. Eine hohe Modellgüte besteht für die Naturrasen-, stitched- und Hybridrasentragschichtsysteme.

Diskussion

Für die Beurteilung von CIVs auf Hybridrasensystemen gibt es bisher keine verbindlichen und etablierten Richtlinien. Vor allem fehlen konkrete Angaben zur Anzahl der Messwiederholungen, die für jeden Messpunkt durchzuführen

sind. Anhand von Tabelle 6 kann abgeschätzt werden, ob die Härte eines Spielfeldes im spezifischen Durchschnittsbereich eines Rasensystems liegt. Die Werte in dieser Tabelle basieren auf der Auswertung von 2.000 Messwerten.

Dass bei dem Naturrasen 2 Spielfeld bereits nach vier Messungen der Maximalwert erreicht wurde, weist darauf hin, dass vier Messungen für ein Naturrasenspielfeld ausreichend sind. Die hohen Werte auf den Mattensystemen hängen vermutlich mit dem oberflächennahen Mattengewebe zusammen.

Abbildung 6 fasst die Härtewerte der untersuchten Rasensysteme zusammen. Die vierstufige Einteilung von „sehr weich“ bis „sehr hart“ ist aus einer vergleichenden Betrachtung der Härtewerte der verschiedenen Rasensysteme entstanden.

Da die Minimal- und Maximalwerte [in Gm] aller Messungen eines jeweiligen Rasensystems angegeben sind, ist die Anzahl der Messungen an einem Messpunkt bei der Verwendung von Abb. 6 zur Einstufung der Härtewerte nicht relevant. Die untersuchten Rasensysteme zeigen unterschiedliche Spannweiten der gemessenen Härtewerte (Abbildung 5). Die Naturrasensysteme weisen die geringste Spannweite, die Mattensysteme die größte Spannweite der gemessenen CIVs auf. Naturrasen, stitched Systeme und eines der Hybridrasentragschichtsysteme sind demnach als „sehr weich“ bis „weich“ zu beurteilen. Die Mattensysteme weisen Werte im Bereich von „sehr weich“ bis „sehr hart“ auf.

Da der CIV₁ dem Empfinden eines Fußballspielers am nächsten kommt, sollte nach ASTM 1702-96 (2002) und NONN (2017) die erste Messung je Messpunkt (CIV₁) interpretiert werden. Da davon auszugehen ist, dass der Einfluss verschiedener spielfeldspezifischer Parameter (Wassergehalt der Rasentragschicht, Höhe der Rasengräser) mit der Anzahl der Messungen an einem Messpunkt abnimmt, ist es zu empfehlen den CIV₅ zu interpretieren, weil dieser eine Orientierung an allgemeinen Beurteilungsrichtlinien ermöglicht und eine vergleichende Bewertung der Messergebnisse gewähr-

leistet. Grundsätzlich hängt die Anzahl der Messungen je Messpunkt von der Lokalsituation und der eigentlichen Fragestellung ab.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der CIV_5 regressionsbasiert aus dem CIV_1 berechnet werden kann, was eine deutliche Zeitersparnis bei den entsprechenden Felduntersuchungen ermöglicht.

Literatur

ASTM 1702-96, 2002: Standard Test Method for Measuring Shock-Attenuation Characteristics of Natural Playing Surface Systems Using Lightweight Portable Apparatus.
 BEARD, J. B. and S. I. SIFERS, 1993: Stabilization and Enhancement of Sand-modified Root Zones for High Traffic Sport Turf with Mesh Elements. A Randomly Oriented, Interlocking Mesh Inclusion System. Texas Agricultural Experiment Station and Department of Soil and Crop Science. Texas A&M University System.

	Mattensystem	Naturrasen	Stitched System	Hybridrasentragschicht
CIV1	131	76	88	88
Min	94	60	64	67
Max	172	96	103	122
CIV2	158	86	102	105
Min	115	67	85	82
Max	197	105	119	141
CIV3	169	89	106	113
Min	125	71	88	88
Max	201	111	127	147
CIV4	175	91	109	118
Min	127	73	90	88
Max	205	113	130	155
CIV5	181	93	112	121
Min	131	76	92	93
Max	211	113	133	158

Tab. 6: Zusammenfassung CIV [Gm] nach Spielfeldtypen.

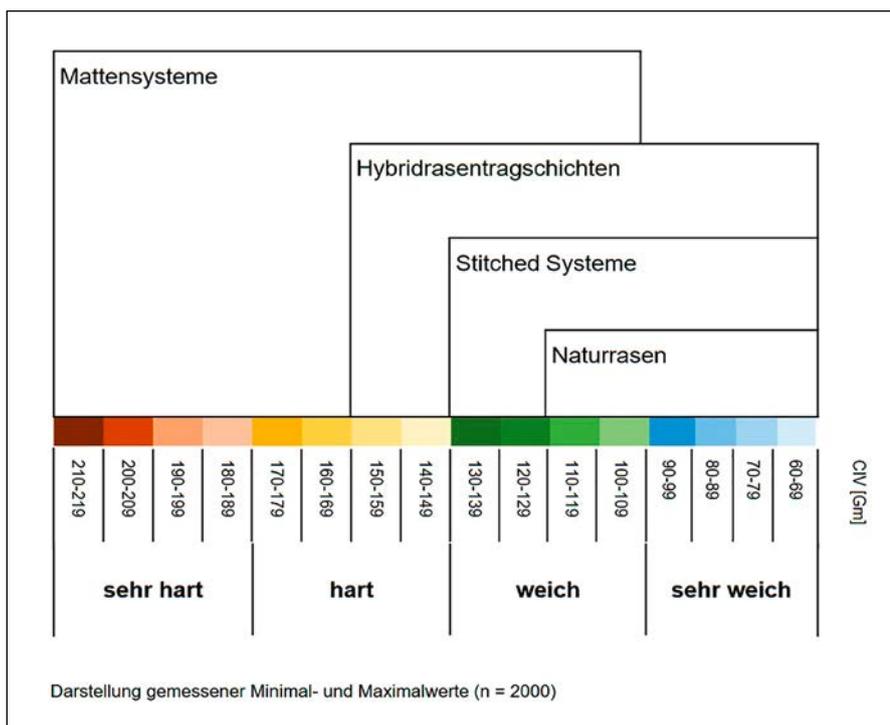


Abb. 5: Beurteilung der Härte (CIV).

CHIVERS, I. and D. ALDOUS, 2004: Performance monitoring of grassed playing surfaces for Australian rules soccer. Journal of Turfgrass and Sports Surface Science 70, S. 73-80.
 CLEGG, B., 1976: An impact testing device for in situ base course evaluation. In: ARRB Proceedings. 8 (8), 1-6.
 DIN 18035 Teil 4, 2012: Sportplätze Rasenflächen.
 DIN EN 14954, 2005: Bestimmung der Härte von Naturrasen und ungebundenen mineralischen Belägen für Sportböden für den Außenbereich.
 FIFA, 2016: Spielregeln 2015/2016. Verfügbar unter: http://de.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebDE_German.pdf Zugriff:03.07.2016.
 GELERNTER, W., J. LARRY and J. STOWELL, 2006: Getting a grip on greens firmness. In: Pace Insights. 12 (1), Turfgrass Research Institute, San Diego, CA.
 LINDE, D., 2005: Assessing golf course conditions in New Zealand. A benchmarking study of golf courses throughout the country allowed a New Zealand group to develop a database for advising superintendents and club managers. In: Golf course management. 73 (2), S. 110-113.
 NONN, H., 2017: Schriftliche Mitteilung, Augsburg, 17. November 2017.
 NONN, H., 2017: Oberflächenhärte ein wichtiger Qualitätsparameter für Fußballrasen. In: Rasen Turf Gazon 48, 88-92.
 ORCHARD, J., 2001: The AFL Penetrometer Study: Work in Progress. Sports Medicine Unit, University of New South Wales, New South Wales, Australia. In: Journal of Science and Medicine in Sport 4 (2), S. 220-232.
 SCHAAL, A., 2017: Planung und Bau von Fußball-Hybridrasenspielfeldern. Mündliche Mitteilung, Augsburg, 03. August 2017.
 SD Instrumentation (o.J.): CIST/883/Stor/Blu. Clegg Impact Soil Tester – 2,25 Kg Model. Single Drop Display Reading in Gravities (Gm). Operating Manual. Version 1.25.
 SLEAT, W., P. O'DONOGHUE, M. HUGHES and I. N. BEZODIS, 2016: The influence of natural grass surface hardness on path changes, locomotive movements and game events in soccer: a case study. Cardiff School of Sport, Cardiff Metropolitan University, Cyncoed Campus, Cardiff, UK.

Autoren:

M.Sc. Selina Thanheiser
 Dr. Sven Grashey-Jansen
 Institut der Geographie
 Universität Augsburg
 Alter Postweg 118
 86135 Augsburg
selina.thanheiser@geo.uni-augsburg.de
sven.jansen@geo.uni-augsburg.de

Georg Armbruster
 Sachverständiger öbv.
 Waldstr. 5
 86391 Stadtbergen
georg.armbruster@bl-armbruster.de

Barbara Sedlmeir, Dipl.-Ing. (FH)
 Sachverständige öbv.
 Zettlerstr. 36
 86415 Mering
info@sv-sportplatzbau.de