

**Erste Ergebnisse der Untersuchungen zur pneumatischen
Bodenlockerung mit dem airtex® Duplex 26170**

- Kurzfassung -



Vorgelegt von: Leopold Breloh
Bearbeitung durch: Dr. Jörg Morhard
Datum: 18.08.2016

1. Einleitung

Rasenspielflächen sind einer permanenten und hohen Belastung ausgesetzt. Besonders gefährlich wird es, wenn Spielflächen ohne Rücksicht auf die vorherrschenden Bedingungen und die natürlichen Bedürfnisse der Gräser bei jedem Wetter und jeder Jahreszeit intensiv genutzt werden (Seegmüller, 2014). Folge dieser hohen Belastungsintensität sind zum einen Verletzungen der Grasnarbe durch mechanische Einwirkungen, zum anderen teilweise starke Verdichtungen in der Rasentragschicht. Grundsätzlich lassen sich zwei verschiedene Ursachen für Verdichtungen eines Bodens unterscheiden; künstliche und natürliche, wobei natürliche eine untergeordnete Rolle spielen. (Siebert u. Weigant, 1989). Künstliche Verdichtungen sind meist auf Einflüsse anthropogener Art zurückzuführen. Beim Fußball sorgen hauptsächlich Spielbelastungen für Verdichtungen im Wurzelbereich. So können je nach Spielverlauf folgende Drücke durch einen Fußballspieler ausgeübt werden (DFB, 2013):

- 0,5 bis 0,8 MPa im Stand
- 1 bis 2 MPa im Schritt
- bis 5 MPa im Lauf sowie beim Aufprall

Folge dieser Verdichtungen sind schlechte Wasserableitung, Luftmangel im Boden, schwacher Gasaustausch, Mangel an pflanzenverfügbarem Wasser und dadurch schwaches Regenerationswachstum der Gräser. Zusätzlich wurden in den letzten Jahren immer höhere Anforderungen an die Ästhetik der Rasenflächen gestellt, die ebenso unter dem durch Verdichtungen beeinträchtigten Gräserwachstum leidet.

Um die Belastbarkeit, Funktionsfähigkeit, sowie Ästhetik eines Rasenspielfeldes zu erhalten, oder sogar zu verbessern, gibt es verschiedene Pflegemaßnahmen die in regelmäßigen Abständen und vor allem angepasst an die vorherrschenden Bedingungen und die vorherrschende Belastungsintensität durchzuführen sind. Im Mittelpunkt dieser Pflegemaßnahmen steht die Bodenbearbeitung, um in erster Linie Verdichtungen zu beheben. In der Vergangenheit sind vor allem mechanische Bodenbearbeitungsgeräte zum Einsatz gekommen. Diese stoßen allerdings durch zunehmend komplexere Aufbauten, beispielsweise mit oberflächennah verlegten unterirdischen Heizungs- oder Bewässerungseinrichtungen, oder bestimmten Arten sogenannter Hybridrasensysteme an ihre Grenzen (Morhard, 2016). Als Folge dessen werden aktuell zusätzlich pneumatisch arbeitende Geräte entwickelt bzw. eingesetzt.

Ein auf Golfplätze zunehmend eingesetztes Gerät ist der von Campey Turf Care entwickelte Air2g2. Das Arbeitsprinzip des Air2g2 beruht auf drei in einem Abstand von 50 cm

nebeneinander angeordneten Lanzen, die in den Boden gestochen werden und dort Luft injizieren. Die Standardlanzen sind jeweils mit zwei Luftauslassbereichen versehen, in 17,5 cm Tiefe sowie in 30 cm Tiefe, um so den Boden horizontal in der Wurzelzone und vertikal in den darunter liegenden Schichten bis in 30 cm Tiefe zu lockern (STRI, 2015). Das Gerät wird von einem 2 Zylinder Industriemotor (19 PS) angetrieben. Die Luftversorgung geschieht mittels eines Ingersoll Rand zwei Kolben Kompressor mit einer maximalen Fördermenge von 75 Litern pro Minute. Der Injektionsdruck beträgt bis zu 7 bar. Um im Fußballbereich die Gefahr zu umgehen, durch die Arbeitstiefe von bis zu 30 cm die Leitungen der Rasenheizung, welche im Regelfall in 22-28 cm Tiefe liegen, zu beschädigen, kann die Arbeitstiefe auf sieben beziehungsweise 17 cm verringert werden (Trübenbacher, 2016).

Untersuchungen der Universität Tennessee haben gezeigt, dass die Oberflächenhärte eines Golf Greens mit nur einer Überfahrt des Air2g2 im Vergleich zum unbearbeiteten Green um 21 % gesenkt werden kann. Zusätzlich bewirkte die Bearbeitung mit dem Air2g2 ein Rückgang der Lagerungsdichte des Bodens von 1,63 auf 1,39 g/cm³ (Sorochan u. Dickson, 2014). Allerdings sind die Einsatzmöglichkeiten des Air2g2 im Bereich der Sportplatzpflege begrenzt. Zum einen wird durch die diskontinuierliche Arbeitsweise jeweils nur 1,5 m² bearbeitet, welches in einer geringen Flächenleistung resultiert. Zum anderen kann das volle Potential der Maschine durch die Verlegetiefe der Rasenheizung nicht ausgenutzt werden.

2. Grundlagenuntersuchungen zur Entwicklung des airter®

Die Novoter AG mit Sitz in Basel hat es sich im Rahmen einer neu entwickelten Rasenheizung und – kühlung, die erheblich flacher unter der Bodenoberfläche verlegt wird, zur Aufgabe gemacht, ein geeignetes Bodenpflegegerät zu entwickeln. Dieses Gerät soll den Boden nachhaltig bis in tiefere Schichten auch unterhalb der Rasenheizung lockern, ohne die Leitungen zu beschädigen. Darüber hinaus soll es im Vergleich zu den bislang in der Regel diskontinuierlich arbeitenden Geräten eine bessere Flächenleistung aufweisen (kontinuierliche Arbeitsweise). Die Novoter AG beauftragte das Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, erste Voruntersuchungen unter Laborbedingungen durchzuführen. Dabei wurde der Einfluss der Parameter Arbeitstiefe, Luftdruck, Impulsdauer und –häufigkeit, sowie der Lanzenkopfgeometrie auf das Lockerungsergebnis untersucht. Um kleinräumig verteilte Heterogenitäten wie Ausgangsverdichtung und Porenvolumen, welche großen Einfluss auf die Testergebnisse haben, konstant zu halten, wurde für jede Testreihe ein neuer Bodenprüfkörper unter identischen Bedingungen angefertigt. Dabzu wurde ein Zylinder aus perforiertem Stahlblech mit dem einbaufertigen Rasentragschichtmaterial Lavaterr befüllt und anschließend

unter definierten Bedingungen hydraulisch verdichtet. Auf diese Weise konnten mit geringfügigen Abweichungen reproduzierbare Bedingungen für jeden Test sichergestellt werden. Anschließend wurde eine Lanze mittig in das Substrat eingeführt und so der zu testende Parameter überprüft. Dazu wurde mit Hilfe einer vorgefertigten Schablone der Eindringwiderstand in 5 cm, 10 cm und 15 cm radial von der Injektionsstelle mit einem elektronischen Penetrometer gemessen.



Abbildung 1: Links eine mittig in das Testsubstrat eingeführte Lanze mit Druckluftanschluss für erste Tastversuche. Rechts die Einstichschablone des Penetrometers in 5, 10 und 15 cm Abstand zu der Injektionsstelle

Nach anschließender Reduktion auf die besten Varianten erfolgte eine Evaluierung der Ergebnisse auf Praxisflächen. Eigens für diesen Zweck wurde in Hohenheim ein mobiles entkoppeltes Einzellanzen-Prüfgerät entwickelt.



Abbildung 2: Links: Einzellanzen-Gerät des Instituts für Agrartechnik. Rechts: Messung des Eindringwiderstands durch Penetrometer und Einstichschablone nach erfolgter Lockerung

3. Begleitende Untersuchungen zum Einsatz des airtex® Duplex 26170 im Rahmen einer deutschlandweiten Roadshow

Basierend auf den Ergebnissen der Voruntersuchungen an der Universität Hohenheim erfolgte die Entwicklung eines ersten, voll funktionsfähigen Gerätes, des airtex® Duplex 26170. Im Rahmen einer deutschlandweiten Roadshow wurde er einem interessierten Fachpublikum vorgestellt. Begleitend dazu wurden Versuche in 7 Fußballstadien und Trainingsplätzen der deutschen Bundesliga durchgeführt. Da es sich bei dem airtex® um ein Gerät handelt welches sowohl auf pneumatischer Basis als auch mechanisch durch einen „Aerifizierungsexzenter“ Verdichtungen in der Rasenwurzelzone beseitigt, wurde neben der kombinierten pneumatischen und mechanischen Lockerung auch die reine pneumatische Lockerung gemessen.

Pro Spielfeld wurden insgesamt acht 2 x 2 m große Versuchspartellen angelegt, in denen Eindringwiderstandsmessungen per Penetrometer durchgeführt wurden, sowie die Bodenfeuchte mittels TDR-Sonde gemessen wurde. Vier Partellen dienten der Untersuchung zu der kombinierten Lockerung (pneumatisch + mechanisch), die restlichen vier Partellen zur Untersuchung der rein pneumatischen Lockerung. Pro Versuchspartelle wurden jeweils 10 Messungen vor, sowie unmittelbar nach der Bearbeitung durch den airtex® durchgeführt. Um die Messungen statistisch aussagekräftig zu gestalten, wurde die Verteilung der Messpunkte innerhalb der Versuchszelle durch zufälliges Werfen des Einstechrahmens des Penetrometers randomisiert. Versuchsbegleitend wurde zusätzlich von jedem Spielfeld eine Bodenprobe entnommen und durch die Firma Baader Konzept gemäß DIN 18035-4:2012-1 die Korngrößenverteilung, der Gehalt an organischer Substanz, der pH-Wert, sowie der Wassergehaltes bestimmt.

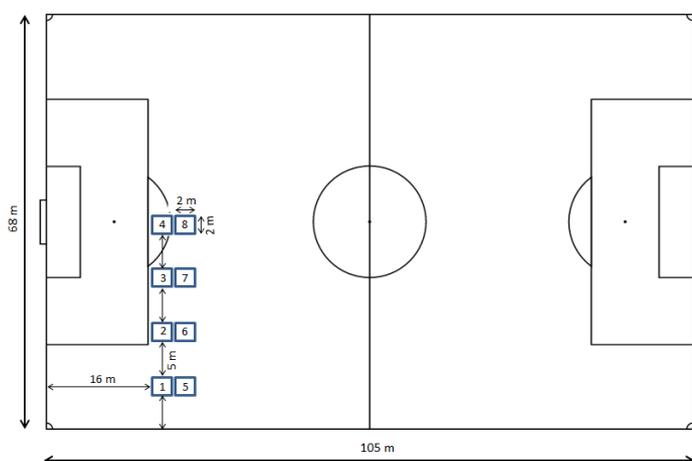


Abbildung 3: Links: Verteilung der 8 Versuchspartellen am Beispiel Mercedes Benz Arena, Stuttgart. Partellen 1-4 dienten der rein pneumatischen Lockerung, Partellen 5-8 der kombinierten Lockerung. Rechts: Messung des Eindringwiderstands

Abbildungen 4 und 5 zeigen jeweils den Eindringwiderstand (MPa) in Abhängigkeit zur Eindringtiefe (cm). Alle drei Diagramme zeigen einen Rückgang des Eindringwiderstandes nach Überfahrt des airters®, unabhängig davon, ob rein pneumatisch oder kombiniert gearbeitet wurde. Bei den Untersuchungen in Stuttgart konnte in einem Bereich von 4 bis 12 cm der Eindringwiderstand deutlich reduziert werden.

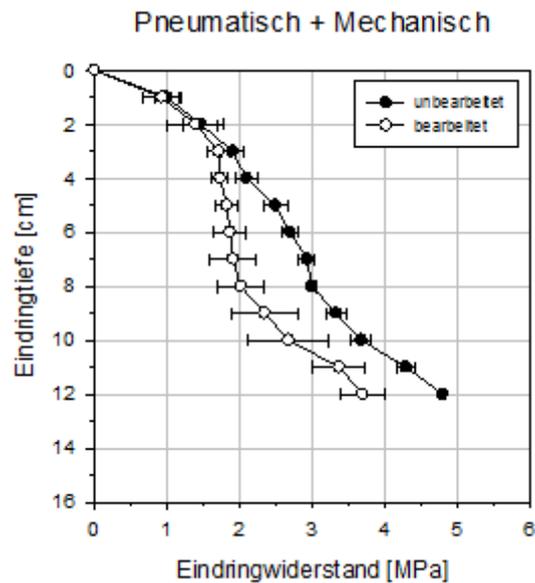


Abbildung 4: Ergebnisse der Messungen in der Mercedes Benz Arena, Stuttgart, bei Kombination aus pneumatischer und mechanischer Lockerung

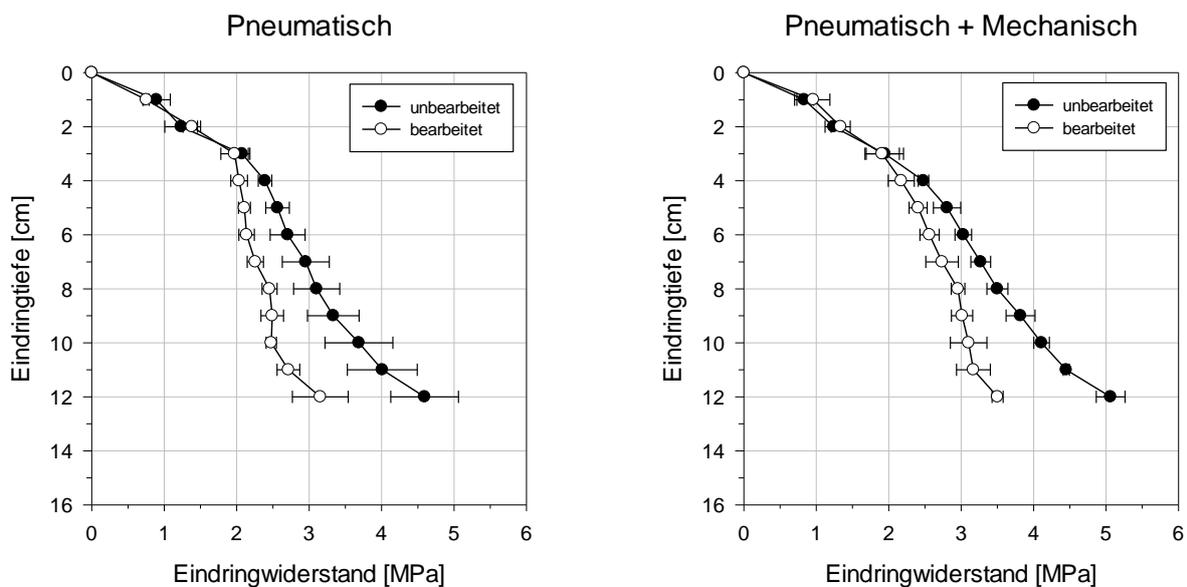


Abbildung 5: Ergebnisse der Messungen in der Allianz Arena, München. Links rein pneumatische Lockerung, rechts Kombination aus pneumatischer und mechanischer Lockerung.

Durch die kombinierte Lockerung wurde der Eindringwiderstand um bis zu 1,2 MPa reduziert. Ferner zeigt der parallele Kurvenverlauf ab 6 cm Eindringtiefe, dass die Lockerung bis zur maximalen Messtiefe von 12 cm entlang des gesamten Horizontes konstant ist.

Auch die Ergebnisse aus München (Abbildung 5) zeigen bei beiden Lockerungsvarianten eine deutliche Reduktion des Eindringwiderstandes. Besonders interessant ist der zunehmende Lockerungseffekt mit zunehmender Tiefe. Beide Verfahren weisen bis ca. 8 cm Tiefe eine relativ konstante Reduktion des Eindringwiderstandes von 0,6 MPa auf. Ab 8 cm Tiefe wird die Reduktion des Eindringwiderstandes verglichen mit dem Eindringwiderstand vor Bearbeitung des airters®, immer größer. So ist in einer Tiefe von 12 cm der Eindringwiderstand nach Bearbeitung um bis zu 1,6 MPa geringer. Vermutlich ist die starke Abnahme des Eindringwiderstandes ab 8 cm Tiefe darauf zurückzuführen, dass es sich bei der Testfläche um einen nicht DIN gerechten Trainingsplatz handelte, der nur gelegentlich mechanisch oberflächennah gelockert wird. Dies zeigt die Effektivität und Potentiale des airters® zur Bodenlockerung, gerade in stärker verdichteten Bodenschichten.

Neben der Bodenlockerung durch den airters® zeigen die Diagramme auch eine leichte Verdichtung der obersten 3-4 cm verglichen mit dem unbearbeiteten Eindringwiderstand. Dies ist vermutlich auf die erste, nicht der Serie entsprechenden Ausführung der Laufwalze, die für die Versuche verwendeten airters®-Prototypen zurückzuführen. Da es sich beim Airters um ein gezogenes Gerät handelt, verteilt sich das Maschinengewicht sowohl auf der Hinterachse des Zugfahrzeuges, als auch auf die am Heck des airters® montierte Laufwalze. Bei einem Maschinengewicht von 1.800 kg und einer Gewichtsverteilung von 60% auf dem Zugfahrzeug und 40 % auf der Laufwalze, entspricht dies einer Last von ca. 720 kg auf der Laufwalze. Um diese Last bodenschonender zu verteilen, wird zum einen eine zweite Laufwalze am Heck der folgenden Serienmaschinen montiert, zum anderen werden die Räder für Transportfahrten während des Arbeitsganges nicht komplett entlastet und hochgefahren, sondern laufen mit einer Last von jeweils 150 kg mit. So kann der Bodendruck erheblich reduziert und Oberflächenverdichtungen entgegengewirkt werden. Um jedoch kurzfristig während der laufenden Roadshow den Bodendruck zu reduzieren, wurde eine zweite Laufwalze provisorisch am hinteren Teil des Rahmens montiert. Diese modifizierte Version wurde in Leverkusen getestet. Aus Zeitgründen wurde lediglich die pneumatische Lockerung untersucht.

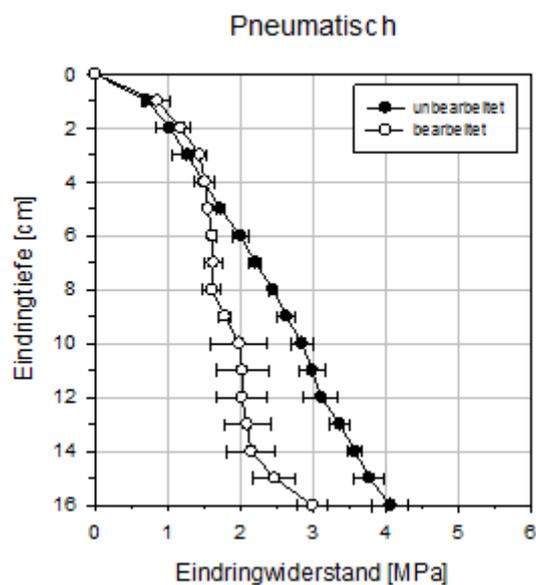


Abbildung 6: Ergebnisse der Messungen in Leverkusen. Pneumatische Lockerung durch eine modifizierte Version des Airters 26170 mit verbesserter Lastverteilung

Abbildung 6 zeigt, dass der Eindringwiderstand nach Bearbeitung des airters® zwar noch immer leicht über dem der unbearbeiteten Parzelle liegt, jedoch wurde er nach Bearbeitung bis in eine Tiefe von 4 cm, verglichen mit der Ergebnissen aus München und Stuttgart insgesamt reduziert. In Stuttgart lag der Eindringwiderstand bis 4 cm, nach pneumatischer Bearbeitung bei 1,9 MPa, in München war dieser mit knapp über 2,0 MPa sogar noch einmal etwas erhöht. In Leverkusen hingegen konnte der Eindringwiderstand, ebenfalls bis 4 cm, nach pneumatischer Bearbeitung auf 1,5 MPa reduziert werden. Es liegt nahe, dass die Montage einer provisorischen zweiten Laufwalze den Bodendruck besser verteilt und somit oberflächennahen Verdichtungen entgegenwirkt hat. Dieser Effekt kann wahrscheinlich zusätzlich durch die mitlaufenden Transporträder verstärkt werden. Darüber hinaus konnte in Leverkusen bis in eine Tiefe von 16 cm eine deutliche Reduktion des Eindringwiderstandes gemessen werden. In einer Tiefe von 13 bis 14 cm wurde der Eindringwiderstand um 1,6 MPa reduziert, in einer Tiefe von 16 cm um 1 MPa.

Auf Grund der (in situ) vorgefundenen Bodenverdichtungen und Standorteigenschaften, war eine einheitliche Messtiefe auf den verschiedenen Testflächen nicht einzuhalten. Als Folge zeigen die Abbildungen der Ergebnisse unterschiedliche Messtiefen.

4. airtter® Kompakt

Für den Einsatz unter engen Standraumverhältnissen wurde eine kompakte Anbau Version des airtters® entwickelt, welche kürzer und ca. 500 kg leichter als die Standardmaschine ist. Die kompaktere Bauweise wurde durch eine modifizierte Anordnung der Antriebseinheiten (Hydrauliköltank, Kühlung, Maschinenrechner), sowie durch das Entfernen des im Heck befindlichen Aerifizierungsbalkens erreicht. Da es sich bei der kompakten Maschine um ein Anbaugerät handelt, konnte zusätzlich auf das Fahrwerk für Transportfahrten verzichtet werden. Ansonsten verfügt der airtter® Kompakt über die gleiche Technik wie die konventionelle Maschine, unterscheidet sich diesbezüglich auch nicht in punkto Arbeitsbreite, Arbeitstiefe und Flächenleistung.

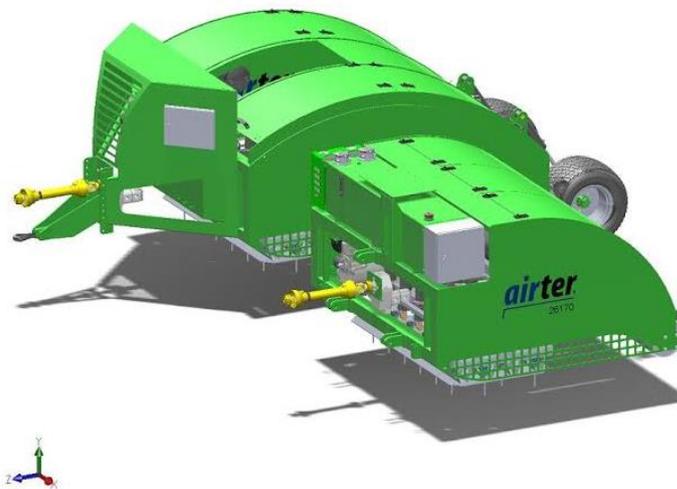


Abbildung 7: Größenvergleich des airtter® und des airtter® Kompakt (vorne). Zu sehen ist die geänderte Positionierung der Antriebseinheiten, sowie der Verzicht auf Aerifizierungsbalken und Fahrwerk



Abbildung 8: Lanzentisch mit insgesamt 26 Injektionslanzen bei 170 cm Arbeitsbreite sowohl bei airtter® Duplex, als auch bei airtter® Kompakt.

5. Zusammenfassung

Intensiv genutzte Rasenflächen erfordern eine angepasste, fachgerechte Bodenpflege. Bei Neuentwicklungen in diesem Bereich, wie bestimmten Mikrobewässerungssystemen oder bei einigen der sogenannten Hybridrasensysteme stoßen bestehende Bodenpflegeverfahren oft an ihre Grenzen. Ganz besonders gilt dies für Rasenheizungs-, oder Kühlungseinrichtungen, die vor dem Hintergrund eines nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen, zur Verbesserung der Energieeffizienz oberflächennah verlegt werden.

Eine Möglichkeit, diesen geänderten Standortbedingungen gerecht zu werden, ist die Verwendung der Druckluftinjektion zur Bodenbearbeitung. Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass die injizierte Luft auch Bodenschichten unterhalb der Lanzenspitze erreichen und lockern kann, ohne die Gefahr, im Boden verlegte Leitungen zu beschädigen. Zwar wurden in den letzten Jahren verschiedene Geräte zur pneumatischen Bodenlockerung entwickelt, jedoch sind diese hinsichtlich der Leistungsstärke und Flächenleistung, nicht zuletzt auf Grund der fast ausschließlich diskontinuierlichen Arbeitsweise stark beschränkt.

Für ihre neuartige Rasenheizung hat die Novoter AG deshalb ein Bodenpflegegerät entwickelt (airter®), welches, ohne die Leitungen zu beschädigen, den Boden nachhaltig bis in tiefere Schichten auch unterhalb der Rasenheizung lockern soll und darüber hinaus durch eine kontinuierliche Arbeitsweise eine gute Flächenleistung aufweisen soll. Mit dem airtter® ist es möglich, einen Fußballplatz in 6 Stunden komplett zu bearbeiten. Am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, sowie im Rahmen einer deutschlandweiten Roadshow, wurde sowohl das gesamte Gerät als auch einzelne Parameter unter Labor und Praxis Bedingungen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass mit nur einer Überfahrt des airtters®, häufig, fast entlang des kompletten Arbeitshorizontes der Eindringwiderstand vermindert werden konnte. Zum Teil konnte in Tiefen von 14 cm der Eindringwiderstand um 1,6 MPa reduziert werden, in Tiefen von 16 cm um 1 MPa. Dies entspricht einer Lockerung von 27 bis 38 %.

Die durchgeführten Untersuchungen und Tests, vor allem die der Roadshow auf sieben verschiedenen Testflächen, haben die Potentiale des airtters® zur Bodenlockerung auch in stark verdichteten Bereichen gezeigt. Dies zeigt, dass das Einsatzspektrum des airtter® über Rasenspielfelder mit oberflächennah verlegter Rasenheizung hinausgeht.

Literatur

Deutscher Fußball-Bund e.V., 2011: Sportplatzbau und Erhaltung. Verlagshaus Zarbock, Frankfurt

Seegmüller, K. Dipl Ing., 2014: Rasentragschicht für Sportrasenflächen – Wurzelanker und Wasserregulator. November 2014

Morhard, J., 2004: Untersuchungen zur Bodenbearbeitung auf Strapazierrasenflächen. Dissertation, Verlag Grauer, Beuren Stuttgart

Morhard, J., 2016: Potentiale pneumatischer Lockerungsverfahren im Rahmen der Bodenpflege bei intensiv genutzten Rasenflächen. Hohenheim

Seegmüller, K., 2014: Rasentragschicht für Sportrasenflächen – Wurzelanker und Wasserregulator. November 2014

Siebert, J., und Weigant U., 1989: Bodenlüftungsverfahren: Untersucht auf ihre Lockerungswirkung und die Verteilung von eingebrachten Stoffen in sandigen Böden mit und ohne Baumbewuchs. Dargestellt am Beispiel des „Gaspo-Senators.“ Abschlussarbeit HS Osnabrück

Sorochan, J. and Dickson, K., 2014: GT Airinject Final Report Draft. University of Tennessee, Knoxville

STRI, 2016: Newly appointed South African Campey Dealer showcases Air2g2

Trübenbacher, M., 2016: Fa. GT Equipment GmbH, mündliche Mitteilung am 13.07.2016