# Untersuchung von Naturrasen-Fußballplätzen auf Scherfestigkeit, Bodendichte und Wasserdurchlässigkeit

Investigation of natural grass football pitches regarding shear resistance, soil compactness and hydraulic permeability

# **Masterarbeit**

#### Verfasserin:

Kathrin Steinweg (Bakk.techn.)

### Betreuung:

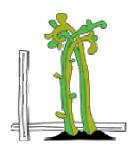
O. Univ. Prof. Dr. Florin Florineth

Department für Bautechnik und Naturgefahren

Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

Universität für Bodenkultur Wien Wien, Dezember 2013





# Inhaltsverzeichnis Danksagung .......5 Kurzfassung ......6 1. Einleitung .......8 1.1 Aufbau der Masterarbeit .......8 Zielsetzung und Fragestellung......11 1.2 2. 2.1 Naturrasen-Sportplätze......12 2.1.1 2.2 2.2.1 2.2.2

2.2.2.5	Ausbesserungsarbeiten	. 25
3.	Untersuchungsstandorte	. 27
3.1	Fußballplatz BAC Baden: Dammgasse und Albrechtsgasse	. 28
3.2	SC Pfaffstätten	. 30
3.3	FCM Traiskirchen: Stadion und Trainingsplatz	. 32
3.4	SC Mödling	. 34
4.	Untersuchungsmethodik	. 35
4.1	Messpunkte und Messinstrumente	. 36
4.2	Scherfestigkeit	. 37
4.3	Eindringwiderstand (Bodendichte)	. 38
4.4	Wasserdurchlässigkeit	. 42
4.5	Deckungsgrad	. 44
4.6	Bodenaufbau	. 45
4.7	Statistische Verfahren	. 45
5.	Ergebnisse	. 47
5.1	Baden Dammgasse (Stadion des BAC Baden)	. 48
5.1.1	Scherfestigkeit	. 48
5.1.2	Eindringwiderstand (Bodendichte)	. 50
5.1.3	Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit	. 52
5.1.4	Deckungsgrad	. 52
5.1.5	Bodenaufbau	. 54
5.2	Baden Albrechtsgasse (Trainingsplatz des BAC Baden)	. 55
5.2.1	Scherfestigkeit	. 55
5.2.2	Eindringwiderstand (Bodendichte)	. 57
5.2.3	Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit	. 59
5.2.4	Deckungsgrad	. 59

6.	Diskussion und Vergleich der Ergebnisse	90
5.6.5	Bodenaufbau	89
5.6.4	Deckungsgrad	87
5.6.3	Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit	87
5.6.2	Eindringwiderstand (Bodendichte)	85
5.6.1	Scherfestigkeit	83
5.6	Mödling	83
5.5.5	Bodenaufbau	82
5.5.4	Deckungsgrad	80
5.5.3	Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit	80
5.5.2	Eindringwiderstand (Bodendichte)	78
5.5.1	Scherfestigkeit	76
5.5	Traiskirchen Trainingsplatz	76
5.4.5	Bodenaufbau	75
5.4.4	Deckungsgrad	73
5.4.3	Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit	73
5.4.2	Eindringwiderstand (Bodendichte)	71
5.4.1	Scherfestigkeit	69
5.4	Traiskirchen Stadion	69
5.3.5	Bodenaufbau	68
5.3.4	Deckungsgrad	
5.3.3	Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit	
5.3.2	Eindringwiderstand (Bodendichte)	64
5.3.1	Scherfestigkeit	
5.3	Pfaffstätten	62
5.2.5	Bodenaufbau	61

6.1	Scherfestigkeit	90
6.2	Eindringwiderstand (Bodendichte)	98
6.3	Wasserdurchlässigkeit	103
7.	Empfehlungen und Vorschläge für die Praxis	104
8.	Zusammenfassung	105
9.	Quellenverzeichnis	108
10.	Abbildungsverzeichnis	110
11.	Diagrammverzeichnis	113
12.	Tabellenverzeichnis	117
13.	Abkürzungsverzeichnis	119
14.	Anhang	121
14.1	Messprotokolle	121
14.2	Diagramme zur Wasserdurchlässigkeit nach PREGL (1999)	123
14.2.1	Baden Dammgasse (Messung I und II)	123
14.2.2	Baden Albrechtsgasse (Messung I und II)	125
14.2.3	Pfaffstättem (Messung I und II)	127
14.2.4	Traiskirchen Stadion (Messung I und II)	129
14.2.5	Traiskirchen Trainingsplatz (Messung I und II)	131
14.2.6	Mödling (Messung I und II)	133
15.	Anhang CD	135
15.1	Klima zu den Messzeitpunkten	135
15.2	Eindringwiderstand (Bodendichte)	135
15.3	Scherfestigkeit	135
15.4	Wasserdurchlässigkeit	135
15.5	Deckungsgrad	135
15.6	Statistische Auswertungen	135

# **Danksagung**

Mein Dank gilt:

**O. Univ. Prof. Dr. Florin Florineth** für den interessanten Themenvorschlag und die Betreuung der Arbeit.

Franz Doppler für die Unterstützung im Bereich Gerätehandhabung.

Den **Zuständigen** auf den Fußballplätzen für die Kooperation.

Meinen Eltern **Doris Steinweg** und **Dipl. Vw. Hans Helmut Steinweg** für die Ermutigung und Unterstützung.

# Kurzfassung

<u>Untersuchung von Naturrasen-Fußballplätzen auf Scherfestigkeit, Bodendichte und Wasserdurchlässigkeit</u>

Auf sechs Fußballplätzen am südlichen Stadtrand von Wien, in den Bezirken Baden und Mödling, wurden Scherfestigkeit, Bodendichte, Deckungsgrad der Grasnarbe und die Wasserdurchlässigkeit basierend auf den derzeit gültigen ÖNORMEN B 2605(2000) und B 2606-1(2009), der DIN 18035-4(2012) und der RVS 11.062, Blatt 15(1997) untersucht. Diese Messungen fanden im Juli und September 2012 auf sieben identischen und für den Deckungsgrad auf zwei zusätzlichen Messparzellen statt. Alle untersuchten Fußballplätze haben einen bodennahen Aufbau.

Ziel der Untersuchungen war es, die Scherfestigkeitswerte mit dem Normwert der DIN 18035-4(2012) zu vergleichen. Eine weitere Fragestellung war, ob es bei der Scherfestigkeit Unterschiede zwischen den verschiedenen Belastungszonen des Spielfeldes gibt, ob die Messergebnisse Hinweise zum Einfluss der Bodendichte auf den Deckungsgrad geben und ob Zusammenhänge zwischen Bodendichte und Wasserdurchlässigkeit nachweisbar sind.

Die Scherfestigkeit, gemessen mit der Flügelsonde, wurde in zwei Messtiefen untersucht: 0 cm bis 4 cm und 4 cm bis 8 cm. Alle Messwerte überschritten die Mindestanforderung der DIN 18035-4(2012) von 12 kN/m². In der Julimessung wurde der Normwert das 4,5 Fache und in der Septembermessung um das 4,9 Fache überschritten. Unterschiede zwischen Zonen hoher und niedriger Belastung auf den Fußballfeldern waren nicht nachweisbar. Die mit dem Penetrologger gemessene Bodendichte zeigte durchgängig sehr hohe Werte des Eindringwiderstandes. Der Deckungsgrad erfüllte nur in drei von zwölf Messungen die in der DIN geforderte projektive Bodendeckung. Ein Zusammenhang zwischen der Bodendichte und dem Deckungsgrad konnte nicht nachgewiesen werden. Die Wasserdurchlässigkeit wurde mit der Prallplatte gemessen. Die Versickerungszeiten lagen im Bereich bis zu 30 Sekunden (mittel durchlässig). Dies überraschte bei den sehr hohen Werten der Bodendichte. Zusätzliche Analysen, insbesondere bodenchemische Messungen, könnten hier weitere Erkenntnisse bringen.

#### **Abstract**

Investigation of natural grass football pitches regarding shear resistance, soil compactness and hydraulic permeability

The shear resistance, soil compactness, lawn coverage and hydraulic permeability were measured on six football pitches in the southern outskirts of Vienna in the districts of Baden and Mödling, based on actual standards of ÖNORM B 2605(2000) and B 2606-1(2009), DIN 18035-4(2012), RVS 11.062 Sheet 15(1997) in July and September 2012. The tests were performed on seven identical plots and additional two plots for the lawn coverage ratio. All investigated football pitches are constructed with natural soil.

Aim of the investigation was: to compare shear resistance measurement values with DIN standards, to find out differences between intensively and not intensively used zones on the football pitches, whether soil compactness influences lawn coverage ratio and to find evidences if soil compactness is linked to hydraulic permeability.

Shear resistance was measured with a vane shear tester in 0 cm to 4 cm and 4 cm to 8 cm depth. All measurements exceeded the minimum requirements of DIN standards 12 kN/m². In the July measurements the standard was exceeded by 4.5 times, in September by 4.9 times. Differences between intensively and not intensively zones on the football pitches could not be detected. Soil compactness, measured with a penetrometer with datalogger, showed very high values of penetration resistance. Lawn coverage ratio fulfilled the standard requirements of DIN in three of twelve cases only. A correlation between soil compactness and lawn coverage ration could not be proven. Water permeability was measured with a deflector plate. The infiltration time was up to 30 seconds (medium permeable). This was surprising in context of the high values of soil compactness. Further investigations especially with soil chemistry measurements could lead to additional findings.

# 1. Einleitung

Fußball als Rasensportart gehört in Österreich zu den öffentlich meist beachteten Alljahressportarten und ist flächendeckend im ganzen Land verbreitet. Organisiert wird Fußball als Kinder-, Jugend- und Erwachsenensport vom Österreichischen Fußballbund (ÖFB) und seinen Landesverbänden in ca. 2.300 Vereinen mit 502.000 Spielern (ÖFB, 30.11.2013). Fußball wird vorwiegend auf Naturrasen-Fußballplätzen über die gesamte Vegetationsperiode gespielt, diese müssen somit hohen Belastungsanforderungen standhalten.

Um Sportarten wie Fußball, die auf Naturrasenplätzen stattfinden, technisch korrekt auszuführen, werden hohe Ansprüche an die Grasnarbe und die Vegetationstragschicht gestellt (BISCHOFF, 2009). Die Anforderungen an Naturrasen-Fußballplätze werden in der DIN 18035-4(2012) und in der ÖNORM 2606-1(2009) angeführt.

#### 1.1 Aufbau der Masterarbeit

In der vorliegenden Arbeit wurden sechs Naturrasen-Fußballplätze von Landes- und Gebietsligavereinen am südlichen Stadtrand von Wien untersucht. Die Messungen fanden im Juli und September 2012 statt. Vor allem für diese Vereine gilt, dass der Sportrasen ohne Rücksicht auf die natürlichen Bedürfnisse der Gräser bei jedem Wetter und zu jeder Jahreszeit genutzt wird. Daraus ergibt sich, dass an die Anforderungen Sportrasenflächen hohe bezüglich Scherfestigkeit Rasentragschicht, Ebenflächigkeit des Spielfeldes und Wasserdurchlässigkeit des Substrats gestellt werden (Deutsche Fußball Liga: Anforderungen an ein Rasenspielfeld im Lizenzfußball, Wettbewerbstechnisches Qualitätskonzept, Stand 23. September 2008). Kennzeichnend für die ausgewählten Vereine und deren Sportstätten ist, dass sowohl Ligaspiele als auch Training auf dem gleichen Platz über die gesamte Saison hinweg ausgetragen werden, was die Fußballplätze zusätzlich stark belastet.

Bei Naturrasen-Fußballplätzen handelt es sich um Bauwerke, bei deren Neuanlage hohe Anforderungen gestellt werden. Diese sind für Österreich festgeschrieben in der ÖNORM B 2605 (Sportanlagen im Freien), ÖNORM B 2606-1: 7/2009 (Sportplatzbeläge-Naturrasen), ÖNORM L 1210 (Anforderungen für die Herstellung

von Vegetationstragschichten) und für Deutschland in der DIN 18035-4: (2012-01), siehe auch FLORINETH (2012). Die generelle Einhaltung dieser Richtlinien kann bei den untersuchten Fußballplätzen, die zwischen 1964 und 1991 gebaut wurden, nicht vorausgesetzt werden.

Gemäß den oben genannten Normen sind die Messwerte für Scherfestigkeit, Wasserdurchlässigkeit und projektive Bodendeckung mit den Grenzwerten der genannten Normen verglichen und auf Abhängigkeiten voneinander untersucht worden. Der Grenzwert für die Bodenverdichtung wurde einer Untersuchung durch LIEBHARD et al. (1995) entnommen. Die Einzelmessergebnisse wurden sowohl mit denen anderer Messparzellen am selben Fußballfeld als auch mit den Ergebnissen der anderen Naturrasen-Fußballplätze verglichen. Hierzu waren Messdaten für die Monate Juli und September zu erheben, dokumentieren und auszuwerten. Im Fokus stand ebenso, dass es sich hierbei um Landes- und Gebietsligaplätze handelt und deshalb die Nutzung der Sportstätten über die gesamte Vegetationsperiode läuft. Weiters war zu beachten, dass Pflegemaßnahmen aus organisatorischen und finanziellen Gründen nicht in dem Ausmaß stattfanden, wie es laut den Richtlinien der ÖISS empfohlen wird (siehe Kapitel 2.2). Der gewählte Untersuchungszeitraum Juli und September sollte Messergebnisse nach Abschluss einer Spielperiode und am Anfang der Spielperiode liefern. So erfolgte die Auswahl der Messperioden auch mit der Zielsetzung, die Auswirkungen von Pflegemaßnahmen während der Spielpause zu erfassen und zu bewerten.

Für die Untersuchungen in situ wurden folgende Messgeräte eingesetzt: Die Flügelsonde zur Messung der Oberflächen- und Bodenscherfestigkeit, der Penetrologger für die Bestimmung des Eindringwiderstandes (Bodendichte) und des Bodenwassergehaltes, die Prallplatte zur Bestimmung der Versickerungszeit und des Durchlässigkeitsbeiwertes und der Frequenzrahmen zur Beurteilung der projektiven Bodendeckung und zur Feststellung des Beikräuteranteiles auf der Rasentragschicht. Dabei handelte es sich um bodenphysikalische Untersuchungen (PRÄMAßING, 2008) und vegetationskundliche Werte (MÜLLER-BECK, 1977).

Der für die Messungen erstellte Messplan enthielt sieben Messparzellen für die Scherfestigkeit, den Eindringwiderstand und die Wasserdurchlässigkeit. Für die

Beurteilung der projektiven Bodendeckung wurden zwei weitere Messparzellen definiert und auf jedem der sechs Fußballplätze eingemessen und gekennzeichnet.

Die Messergebnisse auf den Fußballplätzen wurden in ein Messprotokoll eingetragen und anschließend in ein Arbeitsblatt von MS EXCEL® mit Datum der Messung, Wetter und Temperatur eingegeben. Die Daten aus dem Penetrologger sind mittels Datentransfer in ein MS EXCEL® -Arbeitsblatt übertragen worden. Die Messdaten wurden anschließend zur Weiterverarbeitung für Tabellen, Grafiken und statistischen Analysen aufbereitet und zusammengefasst. Die dazu notwendigen Formeln: SUMME, MITTELWERT, STANDARDABWEICHUNG, VARIANZ und REGRESSION sind dem Standardformelwerk aus MS EXCEL® entnommen.

Im ersten Teil dieser Masterarbeit wird ein Überblick über Normen und Richtlinien, sowie Pflegemaßnahmen von Naturrasen-Fußballplätzen gegeben. Danach werden die Untersuchungsstandorte vorgestellt, in einem weiteren Kapitel die Untersuchungsmethoden erläutert und daraufhin die Ergebnisse präsentiert. Im Anschluss erfolgt die Diskussion der Ergebnisse und die Beantwortung der Fragestellungen.

#### 1.2 Zielsetzung und Fragestellung

In Absprache mit dem Leiter des Institutes für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien, Prof. Dr. Florin Florineth wurden folgende Fragen definiert, die im Rahmen der Masterarbeit zu beantworten sind:

#### Scherfestigkeit

- Entsprechen die Messwerte der Scherfestigkeit auf den Fußballplätzen der DIN 18035-4(2012)?
- Gibt es Unterschiede bei der Scherfestigkeit in Bezug auf die Belastungszonen des Spielfeldes?

#### **Bodendichte**

- Hat die Bodendichte Einfluss auf den Deckungsgrad und den Beikräuterprozentsatz auf den Fußballplätzen?
- Ergibt eine hohe Bodendichte hohe Werte der Scherfestigkeit?

# Wasserdurchlässigkeit

Inwieweit hängt die Wasserdurchlässigkeit mit der Bodendichte zusammen?

Die Untersuchungen der sechs Naturrasen-Fußballplätze erfolgten am südlichen Stadtrand von Wien in den Bezirken Baden und Mödling. Folgendes Equipment wurde für die Messungen vereinbarungsgemäß verwendet: Flügelsonde, Penetrologger, Prallplatte und Frequenzrahmen. Der Bodenbohrer kam zur Bestimmung des Bodenaufbaues zum Einsatz.

#### 2. Literaturübersicht / Normen

An begrünte Sport- und Golfplätze werden hohe Anforderungen gestellt, die in folgenden Normen und Richtlinien verankert sind.

- ÖNORM B 2605 Sportanlagen im Freien- Spielfelder und Leichtathletikanlagen: Planungsrichtlinien und Ausführungshinweise
- o ÖNORM B 2606-1 Sportplatzbeläge: Teil 1- Naturrasen
- ÖNORM L1210 Anforderungen für die Herstellung von Vegetationstragschichten
- ÖNORM EN 12616 Sportböden Bestimmung der Wasserinfiltrationsrate
- DIN- Norm 18035-1 Sportplätze- Teil 1: Freianlagen für Spiele und Leichtathletik, Planung und Maße
- o DIN- Norm 18035-2 Sportplätze- Teil 2: Bewässerung
- DIN- Norm 18035-3 Sportplätze- Teil 3: Entwässerung
- o DIN- Norm 18035-4 Sportplätze- Teil 4: Rasenflächen
- o FLL- Richtlinie (2008)- Richtlinie für den Bau von Golfplätzen

Bei Rasensportanlagen wird meist nach standardisierten Regelwerken gebaut. Normen müssen grundsätzlich als qualitative Empfehlungen verstanden werden. Bei Ausschreibungen von Sportanlagen wird empfohlen, sich an diesen zu orientieren.

#### 2.1 Naturrasen-Sportplätze

In diesem Punkt wird auf die ÖNORM B 2606- 1: 2009 Bezug genommen, um einen Überblick über die Grundlagen des Sportplatzbaues zu geben. Die ÖNORM dient dazu, Mindestanforderungen an Naturrasen-Fußballplätze für Wettkampfanlagen, Schulsportanlagen und Trainingsanlagen zu stellen (ÖNORM B 2606-1:2009).

#### 2.1.1 Regelaufbau

Der Regelaufbau eines Naturrasen-Fußballplatzes setzt sich aus Untergrund, Unterbau, Rasentragschicht und Rasennarbe zusammen.

Die einzelnen Schichten können nicht einzeln betrachtet werden, sie stehen in enger Wechselwirkung zueinander und sind 3 cm bis 5 cm miteinander verzahnt.

# 2.1.1.1 Untergrund

Der Spielfelduntergrund hat über das gesamte Spielfeld augenscheinlich homogen zu sein. Weist das Verformungsvolumen  $E_{V1}$  nicht mindestens 12 N/mm<sup>2</sup> auf, sollten Maßnahmen getroffen werden.

Ein weiterer wichtiger Parameter ist das Grundwasserniveau. Das Niveau der Spielfeldoberfläche muss mindestens 100 cm über dem Grundwasserspiegel der letzten 10 Jahre liegen, anfallendes Fremdwasser aufgefangen und außerhalb des Spielfeldes abgeleitet werden (ÖNORM B 2606-1:2009).

Ist der Untergrund nicht wasserdurchlässig, sind Maßnahmen zu treffen, um die Wasserdurchlässigkeit zu verbessern. Dies kann mit Kies, Schotter oder Sand erreicht werden. Ebenfalls kann eine neue Drainschicht mit einem Schottergemisch aus 0/16 bis 0/20 mit einer Mindestaufbauhöhe von 10 cm eingebaut werden (FLORINETH et al. 2012/13).

#### 2.1.1.2 Unterbau

Das Unterbaumaterial muss in den oberen 10 cm durchgehend homogen sein, um den Unterbau stabil und tragfähig zu gestalten (ÖNORM B 2606-1:2009). Gemessen mit einer 3 Meter Latte darf der Höhenunterschied maximal ± 3 cm betragen (FLORINETH et al. 2012/13).

#### 2.1.1.3 Unterbauplanum

Das Unterbauplanum muss ein Gefälle von 0,8% bis 1,2% aufweisen. Ein satteldachartiger Bau muss laut ÖNORM B 2606-1 ab einer Spielfeldgröße von 45 m x 90 m erfolgen, wobei die Torlinie waagrecht zu halten ist (siehe Abb.1).

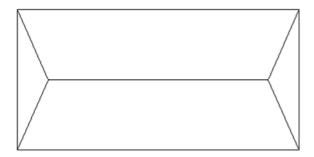


Abbildung 1: Grafische Draufsicht eines Unterbauplanums in satteldachartiger Form

In Ausnahmefällen kann das jeweilige Planum auch walmdachartig oder pultdachartig ausgeführt werden. Die Höhe des verdichteten Planums darf eine Sollhöhe von  $\pm 3$  cm nicht übersteigen. Nach der Fertigstellung des Unterbauplanums muss nach ÖNORM EN 12616 die Wasserdurchlässigkeit geprüft werden. Diese Prüfung wird an mindestens 12 repräsentativen Messpunkten auf dem künftigen Sportplatz durchgeführt. Alle Werte der Wasserdurchlässigkeit müssen über  $I_{\rm B}$  = 40 m pro Stunde liegen. Liegt nur ein Wert darunter, sind entsprechende Maßnahmen zur Entwässerung der Sportfläche durchzuführen.

Der weitere Schichtaufbau muss dem Gefälle des Grundplanums entsprechen (ÖNORM B 2606-1:2009).

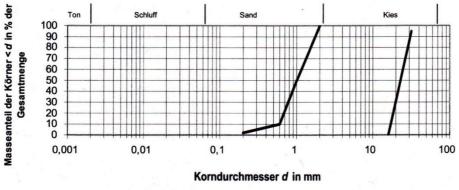
#### 2.1.1.4 Entwässerungssysteme

Die Wasserableitung vom Spielfeld ist je nach Standort unterschiedlich zu bauen, um die Funktionsfähigkeit des gesamten Aufbaus zu gewährleisten. Entwässerungsmaßnahmen können durch punktuelle Versickerungseinrichtungen, Rohr- Drainung, aus einer Kombination aus Rohr- und Schlitz- Drainung als auch durch den Einbau einer Drainschicht erfolgen. Bei Entwässerungsmaßnahmen mit Drainrohren sind immer Kontrollschächte an den Ecken des Spielfeldes vorzusehen (ÖNORM B 2606-1:2009). Die Entwässerung kann entweder durch Drainschlitze mit einer Breite von 4 cm bis 8 cm und einer Tiefe von 15 cm und / oder durch eine Rohrdrainage mit einer Breite von 20 cm und einer Tiefe von 30 cm erfolgen (FLORINETH et al. 2012/13).

Nach der Fertigstellung des Unterbauplanums werden bei der Rohr- Schlitz-Drainung Drainrohre mit einem Mindestdurchmesser von 80 mm in Künetten verlegt, die mit einer Korngröße zwischen Sand und Kies verfüllt werden (siehe Abb.2). Die Künetten sind 20 cm breit und 30 cm tief und verlaufen im Abstand von mindestens 8 m quer oder schräg zur Spielfeldlängsachse über das gesamte Spielfeld. Die Drainrohre sind an Drainsammelrohre am Spielfeldrand mit einem Mindestquerschnitt von 150 mm anzuschließen, die das anfallende Wasser außerhalb des Spielfeldes abführen. Kontrollschächte sind vorzusehen (ÖNORM B 2606-1:2009).

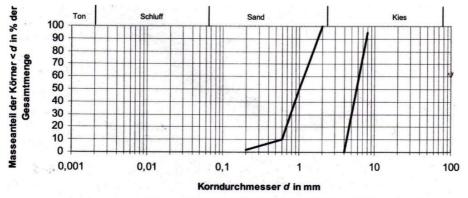
Weiters sind parallel zur Spielfeldachse Drainschlitze mit einer Mindestbreite von 4 cm und einer Mindesttiefe von 15 cm in einem Abstand von 70 cm bis 100 cm einzubauen

und mit einem Sand- Kies- Gemisch zu befüllen (siehe Abb.3). Die Verbindung der Drainschlitze zu den Künetten mit den Drainrohren muss gewährleistet sein (siehe Abb.4)(ÖNORM B 2606-1:2009).



Körnungsbereich für Verfüllmaterialien für Drainkünetten

**Abbildung 2:** Rohr-Schlitz-Drainage: Korngrößen für das Verfüllen der Künetten mit Kies/ Sand; Flächendrainage mit Rohrdrainung: Verfüllmaterial der Künetten mit Kies/ Sand (Quelle: ÖNORM B 2606-1: 2009)



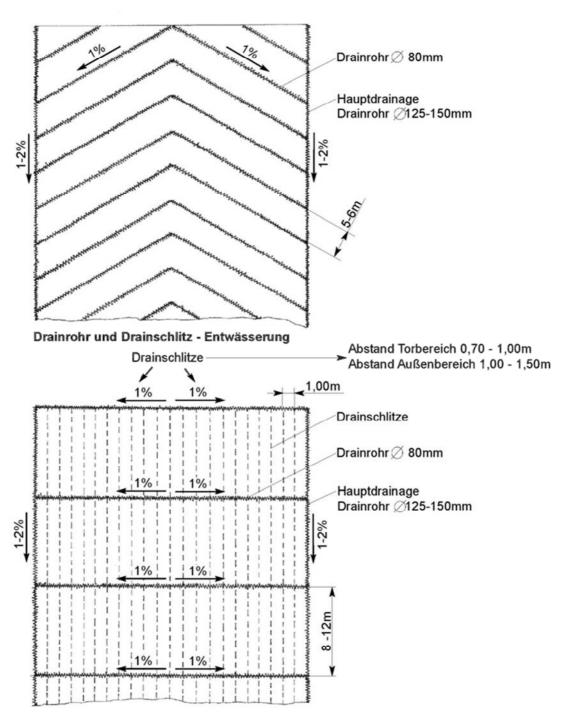
Körnungsbereich für Verfüllmaterialien für Drainschlitze

**Abbildung 3:** Rohr-Schlitz-Drainage: Korngrößenbereich für das Verfüllen der Drainschlitze mit Kies/Sand (Quelle: ÖNORM B 2606-1: 2009)

Eine weitere Möglichkeit der Entwässerung von Naturrasen-Fußballplätzen ist die Flächendrainage mit Rohrdrainung. Bei dieser Entwässerungsvariante wird das Überschusswasser durch Drainrohre aus der Drainschicht oder dem verbesserten Untergrund abgeführt. Im Unterbauplanum sind Drainrohre mit einem Mindestquerschnitt von 80 mm parallel, quer oder fischgrätförmig zur Spielfeldachse in einem Höchstabstand von 6 m zu verlegen (siehe Abb.4). Sie werden in Künetten mit einer Mindestbreite von 20 cm und einer Mindesttiefe von 30 cm verlegt, die wiederum mit einem Sand - Kies - Gemisch verfüllt werden. An der Spielfeldaußenseite sind die Drainrohre an Künetten mit Drainsammelrohren mit einem Querschnitt von mindestens

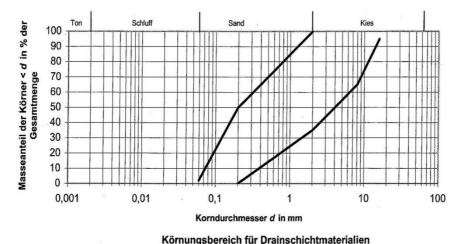
150 mm anzuschließen, die das Wasser vom Spielfeld ableiten. Kontrollschächte an den Ecken des Spielfeldes sind einzubauen (ÖNORM B 2606-1:2009).

# Drainrohr - Entwässerung



**Abbildung 4:** Oben: Fischgrätförmige Anordnung der Drainagerohre bei der Flächendrainage mit Rohrdrainung; Unten: Anordnung der Drainschlitze und Drainrohre bei der Rohr- Schlitz- Drainung (Quelle: FLORINETH, 2013)

Die **Drainschicht** muss eine gleichmäßig verdichtete Schichtdicke von mindestens 10 cm aufweisen und frostbeständig sein. Abweichungen dürfen maximal 2 cm betragen. Die Korngrößenverteilung ist in Abbildung 5 dargestellt. Weiters ist eine Wasserdurchlässigkeitsprüfung durchzuführen, die Versickerungszeit in der Drainschicht darf maximal 90 Sekunden betragen (ÖNORM B 2606-1:2009).



**Abbildung 5:** Korngrößenbereich für die Drainschicht aus frostbeständigem Material (Quelle: ÖNORM B 2606-1: 2009)

# 2.1.1.5 Rasentragschicht

Die Rasentragschicht wird grundsätzlich aus Sand (gewaschen, feinsandreich und kalkarm), einem Oberbodenmaterial und sonstigen Zusätzen hergestellt. Die Schichtdicke muss im eingebauten und verdichteten Zustand mindestens 13 cm betragen. Der pH- Wert sollte zwischen 6 bis 7,8 und der Anteil der organischen Substanzen bei mindestens 1,5% und maximal 3,5% liegen. Die Struktur der Rasentragschicht soll homogen krümelig sein, darf aber einzelne Brocken von 20 mm aufweisen. Wichtig ist, die Rasentragschicht mit dem verbesserten Untergrund oder der Drainschicht 3 bis 5 cm tief zu verzahnen und eine maximale Abweichung der Sollhöhe von 2 cm einzuhalten (ÖNORM B 2606-1:2009).

Nach ÖNORM B 2606-1:2009 muss die Rasentragschicht vor Aussaat oder Verlegung des Fertigrasens mit folgenden Nährstoffen versorgt werden. Die Angaben beziehen sich jeweils pro m<sup>2</sup>:

-	8 - 10 g	Stickstoff (N)	je m <sup>2</sup>
-	8 - 10 g	Phosphor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	je m²
-	10 - 15 g	Kalium (K <sub>2</sub> O)	je m²
-	2 - 3 g	Magnesium (MgO)	je m²

#### 2.1.1.6 Rasennarbe (Ansaat/ Rollrasen)

Bei der **Ansaat** ist darauf zu achten, dass bei "allgemeinen Mischungszusammensetzungen" *Poa pratensis* (60%) (siehe Abb.6) und *Lolium perenne* (40%) (siehe Abb.7) und bei "Mischzusammensetzungen für Trockenstandorte" *Festuca arundinacea* (85%) (siehe Abb.8) und *Poa pratensis* (15%) verwendet werden. In vielen Sportrasenmischungen ist neben *Lolium* perenne und *Poa pratensis Festuca* rubra (horstbildent oder kurzausläuferbildent) in einem Prozentsatz von 10 – 15% enthalten. Die Mischung muss in Österreich bei der AGES registriert und zugelassen sein. Die Einarbeitung des Saatgutes erfolgt mittels Gitter- oder Igelwalze, mit einer maximalen Tiefe von 10 mm. Die Aussaatperiode sollte zwischen Mitte April und Mitte September liegen (ÖNORM B 2606-1: 2009).

Bei der Verwendung von **Rollrasen** muss dieser laut ÖNORM B 2606-1 demselben Mischungsverhältnis wie bei der Ansaat entsprechen, was in Wirklichkeit nicht möglich ist, weil für die Herstellung des Rollrasens mindestens 85 - 90% von der ausläuferbildenten Wiesenrispe (*Poa pratensis*) notwendig sind. Der Gehalt an Feinteilen mit einer Korngröße <0,02 mm darf maximal 10% betragen. Die Zusammensetzung der Rasennarbe muss den allgemeinen Mischungszusammensetzungen entsprechen. Der Beikräuteranteil darf maximal 1% betragen. Weitere Anforderungen:

- frei von Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen
- projektive Bodendeckung mindestens 95%
- Dicke des Rasenfilzes darf 5% nicht überschreiten
- Rasenschnitthöhe bei Lieferung maximal 4 cm

Zwischen Schälung und Verlegung dürfen maximal 48 Stunden liegen (ÖNORM B2601-1: 2009).



Abbildung 6: Poa pratensis



Abbildung 8: Festuca arundinacea



Abbildung 7: Lolium perenne



Abbildung 9: Festuca rubra

(Quellen: Poa pratensis: http://www.desert-tropicals.com/Plants/Poaceae/Poa\_pratensis.html, Lolium perenne: http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/875785, Festuca arundinacea: http://www.agrigate.ch/de/pflanzenbau/660/1174/1184/1198/:, 4.9.2013, Festuca rubra: http://chestofbooks.com/flora-plants/weeds/Fodder-Pasture-Plants/Red-Fescue-Festuca-Rubra-L.html#.UsurGLArmUk, 30.12.2013)

#### 2.2 Pflege und Erhaltung von Naturrasen-Sportplätzen

Bei der Pflege von Naturrasen-Sportplätzen wird zwischen laufender Pflege und erweiterter Pflege unterschieden. Ein weiterer Punkt ist die Fertigstellungspflege nach Neuanlage der Plätze.

#### 2.2.1 Laufende Pflege

Bei der laufenden Pflege handelt es sich um Maßnahmen, die regelmäßig durchgeführt werden. Abhängig sind diese von Temperatur und Niederschlägen. Das Österreichische Institut für Schul- und Sportstättenbau (ÖISS) empfiehlt ein Pflegeprotokoll für die Rasenpflege anzulegen, um die laufenden Pflegemaßnahmen zu protokollieren und somit den Platzwart zu unterstützen.

Laut der Richtlinie für die Pflege und Erhaltung von Naturrasenflächen des ÖISS (2005) sollen diese max. 20 Stunden pro Woche mit Fußballschuhen bespielt werden, um die Nutzung der Sportfläche langfristig zu gewährleisten (ÖISS, 2005).

#### 2.2.1.1 Mähen

Grundsätzlich wird empfohlen bei einer Wuchshöhe von 5 cm bis 7 cm zu mähen. Dabei ist darauf zu achten, in den Monaten April bis Juni und im September 2x pro Woche einen Mähdurchgang durchzuführen und in den Sommermonaten Juli und August lediglich 1x pro Woche zu mähen. Die Schnitthöhe sollte zwischen 3 cm bis 4 cm betragen, bei großer Hitze in den Sommermonaten sollte nur auf 5 cm geschnitten werden. Weiters ist eine zeitweise Schnittgutentfernung von Bedeutung, da es sonst zu erhöhter Filzbildung kommen kann (ÖISS, 2005).

# 2.2.1.2 Düngen

Um dem Naturrasenplatz die optimale Düngemenge zu geben, ist eine chemische Bodenuntersuchung notwendig. Ein weiterer Einflussfaktor ist der Platzaufbau sowie die Nutzungsintensität des Naturrasen-Fußballfeldes. Wichtige Hauptnährstoffe sind neben Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium die Spurenelemente Eisen, Kupfer sowie Schwefel. Ebenfalls wird der pH- Wert des Bodens in der Bodenanalyse getestet. Mit den daraus gewonnen Informationen kann eine bedarfsgerechte Düngung des jeweiligen Platzes erfolgen. So sollte bei nachlassender Düngewirkung alle 4 bis 6 Wochen in Teilmengen gedüngt werden (ÖISS, 2005). Auf Sportplätzen genügt meist eine N- Düngung von 15 – 20 g /m² und Jahr. Die restlichen Hauptnährstoffe sind in

einem Verhältnis von 1:0,3:0,8:0,2 (N:P:K:Mg) zu geben. Auch das stark zerkleinerte Schnittgut bildet eine gute Basisdüngung (FLORINETH, 2012).

#### 2.2.1.3 Bewässerung

Untersuchungen haben gezeigt, dass Rasensportflächen mindestens 20 Liter Wasser /m² benötigen. In trockenen Perioden steigt die Wassergabe auf bis zu 30 Liter /m² an. Um optimal zu bewässern, ist es wichtig, dass ein Regenmesser (entspricht speziellem Messglas, siehe Abb.10) auf dem Sportplatz angebracht ist, um die natürliche Regenmenge zu bestimmen. Diese Niederschlagswerte sind in den Pflegeprotokollen der einzelnen Platzwarte festzuhalten und die automatische Bewässerungsanlage darauf abzustimmen. Ideal ist eine Bewässerung in der Nacht oder den frühen Morgenstunden, ebenso ist Windstille von großer Bedeutung um die Wurfweite der Regner zu maximieren. Für eine gute Tiefenwirkung sollte die Wassermenge von ca. 140 m³ in ein oder zwei Arbeitsschritten auf das gesamte Fußballfeld ausgebracht werden (siehe Abb.11).



Abbildung 10: Regenmesser

(Quelle: http://www.peacockgardensupports.de/nl/webshop/viewcategory/70/regenmesser, 15.12.2013)

Die Anschlüsse der Wasserversorgung müssen entsprechend dimensioniert sein, das bedeutet 2 Zoll mit 8 bar Wasserdruck, der Druck auf die Düse muss 6 bar betragen. Ebenso ist, um immense Kosten zu verhindern, die Wasserverfügbarkeit aus Zisternen oder Brunnen mit entsprechender Schüttung (3 bis 4 Liter /Sek.) zu erwägen. Zu beachten ist, dass die richtige Wassergabe in Abhängigkeit zur Außentemperatur

steht. In der DIN 18035 sind folgende Empfehlungen für den Zeitabstand der Wassergabe angegeben:

- 20 C° ca. alle 12 Tage
- 25 C° ca. alle 8 Tage
- 30 C° ca. alle 6 Tage
- Über 30 C° ca. alle 5 Tage



**Abbildung 11:** Je tiefer das Wasser, umso tiefer die Wurzel (FLORINETH, 2012)

Um die Durchfeuchtung der Rasentragschicht von Naturrasen-Sportplätzen zu kontrollieren, hilft die Probe mit einem Spatenstich (ÖISS, 2005).

Eine weitere Maßnahme zur Erhöhung des Wurzelwachstums besteht in einem effizienten Mäh- und Bewässerungsmanagement. Das Österreichische Institut für Schul- und Sportstättenbau (ÖISS) empfiehlt ab Beginn der Vegetationszeit (Ende März / Anfang April) 2x wöchentlich zu mähen und die benötigte Wassermenge nach dem 2. Mähdurchgang auszubringen. Durch diese Maßnahme wird die Rasennarbe verdichtet und ein Aufkommen von Unkräutern minimiert (ÖISS, 2005).

#### 2.2.2 Erweiterte Pflege

Dabei handelt es sich um Maßnahmen, die bei Bedarf jährlich durchzuführen sind. Die wichtigsten Maßnahmen sind Vertikutieren, Aerifizieren, Besanden, Tiefenlockerung, Unkrautbekämpfung und Ausbesserungsarbeiten (ÖISS, 2005).

#### 2.2.2.1 Vertikutieren

Unter Vertikutieren versteht man das senkrechte Herausarbeiten des Rasenfilzes. Dieser bildet sich im Laufe der Zeit durch absterbende Blätter und liegengebliebenes Schnittgut. Diese Filzschicht ist ab 5 mm schädlich für den Rasen, da sie Wasser und Dünger bindet und diese dann den Gräserwurzeln fehlen. Weiters fördert die Filzschicht ein flaches Wurzelwachstum und wird somit zur Brutstätte für Rasenkrankheiten.

Der motorbetriebene Vertikutierer sticht mit senkrechten Messern maximal 3 mm tief in den Boden und arbeitet den Rasenfilz heraus. Zu beachten ist, dass das Vertikutieren am Anfang (April / Mai) oder am Ende der Vegetationsperiode (August / September) durchgeführt wird. Die Oberfläche sollte trocken und der Rasen kurz geschnitten sein. Als Geräte werden entweder der Vertikutierrechen mit Federzinken oder Vertikutiermesser verwendet (ÖISS, 2005).

#### 2.2.2.2 Aerifizieren

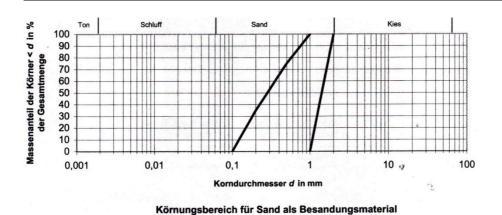
Aerifizieren bezeichnet die Belüftung der Rasentragschicht. Dies geschieht meist durch Perforieren mit Hohlzinken, wobei min. 100 Löcher /m² mindestens 6 cm tief eingestochen werden. Empfohlen wird dieser Arbeitsschritt bis zur Tiefe der Rasentragschicht. Bei sandigen Böden können die Erdpfropfen zerkleinert, von den Rasenresten befreit und mit Sandzugabe wiederverwendet werden. Bei bindigen Böden sollten die Erdpfropfen zur Gänze abgekehrt und durch Sand ersetzt werden. Wichtig ist, die Hohlräume sorgfältig mit Sand zu verfüllen. Durch die mindestens 1x jährlich durchgeführte Aerifizierung soll eine bessere Wirkung der Bewässerungs- und Düngemaßnahmen erreicht werden (ÖISS, 2005).

#### 2.2.2.3 Besanden

Eine Besandung der Naturrasenplätze wird meist in Verbindung mit dem Aerifizieren oder Vertikutieren durchgeführt.

Unter Besanden wird das Aufbringen von gewaschenem Quarzsand verstanden. Dieser muss laut ÖNORM B 2606-1: Naturrasen (2009), kalk- und lehmfrei sein. Die Kalkfreiheit des Sandes kann mit einer 10%igen Salzsäure schnell überprüft werden (ÖISS, 2005).

Laut ÖNORM B2606-1:2009 muss die Körnung des Besandungsmaterials 0,1 mm bis 2 mm betragen (siehe Abb.12). Pro Arbeitsgang sollen zwischen 3 I /m² und 5 I /m² an Sandmenge aufgetragen und eingeschleppt werden. Wichtig ist die Auffüllung der bei der Aerefizierung entstandenen Löcher (ÖNORM 2026-1: 2009).



**Abbildung 12:** Korngrößenbereich des Besandungsmaterials: Gewaschene Quarzsande mit der dargestellten Korngrößenverteilung (Quelle: ÖNORM B 2606-1: 2009)

Die Besandungsmaßnahme bewirkt, dass die Rasentragschicht magerer und dadurch die Scherfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit verbessert wird. Nach einem Vertikutiervorgang sollten ca. 3 - 4 I Sand /m² und nach einem Aerifiziervorgang 5 - 7 I Sand /m² auf eine möglichst trockene Rasentragschicht aufgebracht werden. Bei sehr humusreichen Spielfeldern wird eine zweite Sandgabe zumindest in den stark belasteten Zonen empfohlen. Wichtig bei der Ausbringung des Sandes ist die richtige Geräteausstattung (z.B. traktorgezogenes Streugerät), damit das Material gleichmäßig über das Spielfeld verteilt werden kann (ÖISS, 2005).

#### 2.2.2.4 Unkrautbekämpfung

Zur besseren Bekämpfung von Unkraut werden unter anderem Wuchsstoffe eingesetzt. Diese sind in den Monaten April / Mai / September sparsam und punktuell, meist durch Sprühnebel oder als Granulat aufzutragen. Die Fläche sollte zu diesem Zeitpunkt 1 Woche nicht gemäht sein. Wichtig ist, dass nach der Aufbringung des Wuchsstoffes innerhalb von 24 Stunden kein Regen einsetzt. Nach ca. einer Woche tritt die Wirkung des Mittels, die über das Blatt wirkt, ein. Ab diesem Zeitpunkt sollte der erste Mähdurchgang erfolgen.

Vorbeugend ist durch Vertikutieren und Aerifizieren die Unkrautbildung eindämmbar. Ebenso kann durch Düngen der Unkrautwuchs abgefangen werden. So fördert zum Beispiel ein pH- Wert über 7 das Wachstum von Löwenzahn, Klee und Breitwegerich. In diesem Fall empfiehlt es sich, einen sauer wirkenden Stickstoffdünger (z.B.: Ammoniumsulfat) einzusetzen (ÖISS, 2005).

#### 2.2.2.5 Ausbesserungsarbeiten

Ausbesserungsarbeiten sind grundsätzlich über das ganze Jahr hinweg zu tätigen. Wobei in der Sommerpause meist Platzsanierungen durchgeführt werden. Folgende Maßnahmen können getroffen werden:

#### Ausbesserung der lückigen Rasennarbe

Diese Maßnahme wird meist in der Sommerspielpause durchgeführt. Ursachen für eine lückige Rasennarbe kann Übernutzung, Nährstoffmangel oder vermehrte Schatteneinwirkung sein. Bei der Blocksanierung bzw. Sommerregeneration einer lückigen Rasennarbe wird zuerst die Durchwurzelung und die Versickerungsfähigkeit der Rasentragschicht bestimmt. Danach erfolgen die Unkrautbekämpfung und ein Kurzschnitt auf maximal zwei Zentimeter Rasenhöhe vor Beginn der Arbeiten. Daran schließen die Vertikutierung und die Aerifizierung an, die Düngung mit hohem Stickstoff- und Phosphoranteil und anschließend die Besandung des Fußballfeldes. Auf die vorbereitete Fläche wird daraufhin eine Regenerationssaat aufgebracht, die zur Verbesserung der Rasendichte dienen soll. Die Regenerationssaat beinhaltet laut ÖNORM B 2606-1:2009 eine Mischung zu 80% - 100% aus mindestens drei Sorten englischem Raygras (*Lolium perenne*) und 0% - 20% Wiesenrispe (*Poa pratensis*). Die Aufwandsmenge ist mit 26 g /m² angegeben. Die Bewässerung der sanierten Fläche muss regelmäßig erfolgen und der Rasen mindestens sechs Wochen nach Einbringung des Saatgutes geschont werden (ÖISS, 2005).

#### **Torraumsanierung**

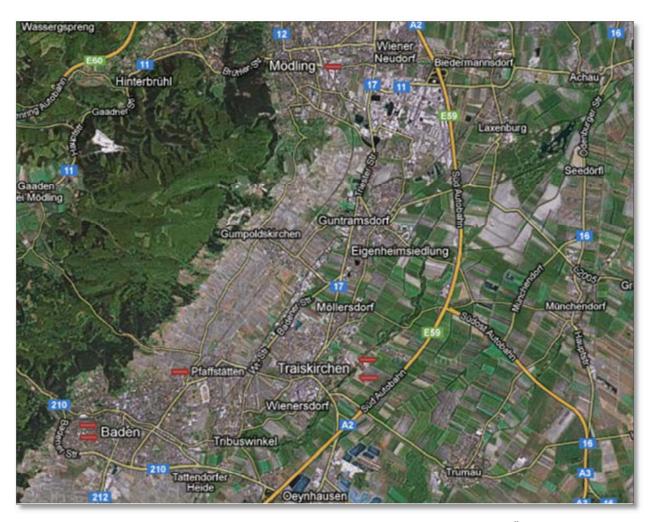
Bei der Torraumsanierung sind bei geringer Verdichtung mindestens 10 cm und bei starker Verdichtung mindestens 15 cm Boden auszustechen. Dann wird der Untergrund durch Zugabe von Quarzsand verbessert. Eine Rasentragschicht aus einem Sand- Humus- Gemisch, das zuvor mit Startdünger vermengt wurde, wird aufgebracht. Auf diese Rasentragschicht ist der Fertigrasen mit einer maximalen Überhöhung von 2 cm zu verlegen und mit einer Walze zu verdichten. In der Folge ist eine Schonzeit von 6 bis 8 Wochen einzuhalten. Die Bewässerung muss in der ersten Woche so erfolgen, dass der Boden konstant feucht bleibt und danach zwei Wochen lang täglich zwei Mal bewässert wird. Die darauffolgenden vier Wochen ist einmal wöchentlich zu bewässern (ÖISS, 2005).

# Ausbesserung von Unebenheiten, Senken und Löchern

Unebenheiten auf dem Spielfeld treten durch konzentrierte Spielfeldbelastung bei vernässter Rasentragschicht auf. Verbesserungen können durch mehrmaliges Aufbringen von Sand in einem Abstand von 4 bis 6 Wochen durchgeführt werden (ÖISS, 2005).

# 3. Untersuchungsstandorte

Die Untersuchungen fanden im Juli und September 2012 auf sechs Naturrasen-Fußballplätzen statt. Es gab Messungen zur Scherfestigkeit, Bodendichte, Wasserdurchlässigkeit und zur projektiven Bodendeckung (Deckungsgrad). Die Untersuchungsstandorte liegen am südlichen Stadtrand von Wien in den Bezirken Baden und Mödling. Sie befinden sich alle im Wiener Becken in der Thermenregion. In diesem Gebiet sind aus geologischer Sicht Braunerde auf Muschelkalk vorherrschend (Weinland-Thermenregion, 2013).



**Abbildung 13:** Verortung der sechs Fußballplätze im Bezirk Baden und Mödling (NÖ) auf der Landkarte (Quelle: Google Earth und eigene Bearbeitung, 6.5.2012)

# 3.1 Fußballplatz BAC Baden: Dammgasse und Albrechtsgasse



**Abbildung 14:** Luftbild Baden Dammgasse, **Abbildung 15**: Bild vom Spielfeldrand Baden (Quelle:google.maps,15.4.2012) Dammgasse, Juli 2012

Der BAC Baden verfügt über 2 Standorte, Baden Dammgasse (siehe Abb. 14 und 15) und Baden Albrechtsgasse (siehe Abb. 16 und 17).

Der Verein spielt mit seiner Kampfmannschaft in der Saison 2013/14 im Niederösterreichischen Fußballverband (NÖFV) in der 1. Klasse Süd und seiner Damenmannschaft in der Frauen Gebietsliga der Arbeiterkammer Niederösterreich (AKNÖ) - Industrieviertel. Ergänzt wird der Spielbetrieb mit einer Herren-Reserve und mit Jugendmannschaften von U8 bis U17.



**Abbildung 16:** Luftbild, Fußballplatz Baden Albrechtsgasse (Quelle:google.maps,15.4.2012)

**Abbildung 17:** Bild vom Spielfeldrand Fußballplatz Baden Albrechtsgasse, Juli 2012

Das Spielfeld Baden Dammgasse besitzt die Abmessungen 130 m x 68 m. Der Naturrasen-Fußballplatz hat einen bodennahen Aufbau und eine Drainage. Schon 1899 war das Gelände in der Dammgasse für sportliche Zwecke genutzt worden. Nach den beiden Weltkriegen wurde das Gelände immer wieder verkleinert und die heutige Anlage im Jahr 1964 durch die Stadtgemeine Baden neu angelegt. (www.bacfußball.at, 26.7.2013). Der Fußballplatz wird zwischen März und September zweimal wöchentlich mit einem Spindelmäher auf 4 cm gemäht und mit einem stickstoffreichen Dünger alle drei Monate gedüngt. Die Bewässerung erfolgt automatisch zwei- bis dreimal wöchentlich in den frühen Morgenstunden (Platzwart Günther Helm, 2012).

Das Spielfeld **Baden Albrechtsgasse** besitzt die Abmessungen 120 m x 50 m. Der Naturrasen-Fußballplatz hat einen bodennahen Aufbau und eine Drainage. Der Fußballplatz Albrechtsgasse wurde nach einer längeren Pause erst wieder im Frühling 2012 durch den BAC Baden von der Stadtgemeinde Baden angemietet, um das Stadion Dammgasse zu entlasten. Der Standort Albrechtsgasse wird vorwiegend als Trainingsplatz für die Jugendmannschaften genutzt. Das Fußballfeld wird ebenso wie das in der Dammgasse zwischen März und September zweimal wöchentlich mit einem Spindelmäher auf 4 cm gemäht und mit einem stickstoffreichen Dünger alle drei Monate versehen. Im Unterschied zur Dammgasse erfolgt die Bewässerung zweibis dreimal wöchentlich manuell zu unterschiedlichen Tageszeiten (Platzwart Günther Helm, 2012).

Auf beiden Plätzen wird nach Rücksprache mit dem Platzwart die Nutzung des Sportplatzrasens von maximal

- 40 Wochen-Stunden mit Turnschuhen oder
- 20 Wochen-Stunden mit Fußballschuhen (ÖISS, 2005)

überschritten, insbesondere in der Albrechtsgasse.

#### 3.2 SC Pfaffstätten



**Abbildung 18:** Luftbild Fußballplatz Pfaffstätten (Quelle:google.maps,15.4.2012)

**Abbildung 19**: Bild vom Spielfeldrand Pfaffstätten , Juli 2012

Der SC Pfaffstätten verfügt über einen Naturrasen-Fußballplatz, auf dem sowohl die Ligaspiele als auch das Training stattfindet (siehe Abb. 18 und 19). Der Verein spielt mit einer Kampfmannschaft in der Saison 2013/14 in der NÖFV 1. Klasse Süd. Ebenso besitzt er eine Reservemannschaft und Jugendmannschaften von U8 bis U14.

Das Spielfeld hat die Abmessungen 120 m x 60 m und verfügt über einen bodennahen Aufbau mit Drainage. Der Bau des Fußballplatzes Pfaffstätten erfolgte auf einer ehemaligen landwirtschaftlichen Nutzfläche und wurde im Jahre 1969 abgeschlossen. Die Bewässerung erfolgt automatisch zwei- bis dreimal wöchentlich in den frühen Morgenstunden, wobei das Wasser aus dem Wr. Neustädter Kanal entnommen wird, was durch ein altes Wasserrecht beurkundet ist.

Der Fußballplatz wird zwischen März und September einmal wöchentlich mit einem Spindelmäher auf 4 cm gemäht. Ein stickstoffreicher Dünger wird alle drei bis vier Monate aufgebracht. Die Bewässerung erfolgt automatisch dreimal pro Woche in den frühen Morgenstunden (Platzwart Josef Ströbl, 2012).

Auf dem Fußballplatz Pfaffstätten wird nach Rücksprache mit dem Platzwart die Nutzung des Sportplatzrasens von maximal

- 40 Stunden mit Turnschuhen oder
- 20 Stunden mit Fußballschuhen (ÖISS, 2005)

deutlich überschritten.

### 3.3 FCM Traiskirchen: Stadion und Trainingsplatz



**Abbildung 20:** Luftbild Fußballplatz Traiskirchen Stadion, (Quelle:google.maps,15.4.2012)

**Abbildung 21**: Bild vom Spielfeldrand Traiskirchen Stadion, Juli 2012

Der FCM Traiskirchen verfügt über 2 Fußballplätze, ein Stadion (siehe Abb. 20 und 21) und einen Trainingsplatz (siehe Abb. 22 und 23). Der Verein spielt mit einer Kampfmannschaft in der Saison 2013/14 in der NÖFV 2. Landesliga Ost und einer Damenmannschaft in der AKNÖ Frauen Gebietsliga Industrieviertel. Ergänzt werden sie mit einer Reservemannschaft (U23) und mit Jugendmannschaften von U8 bis U17.



**Abbildung 22:**Luftbild Traiskirchen Trainingsplatz, (Quelle:google.maps,15.4.2012)

**Abbildung 23**: Bild vom Spielfeldrand Traiskirchen Trainingsplatz, Juli 2012

Das Fußballfeld **Traiskirchen Stadion** besitzt die Abmessungen 120 m x 60 m. Der Naturrasen-Fußballplatz hat einen bodennagen Aufbau und eine Drainage. Das Gelände, auf dem das heutige Stadion steht, war früher eine landwirtschaftliche Nutzfläche. Die Grundsteinlegung erfolgte im Jahre 1989, das Stadion wurde 1991 eröffnet, wobei die Tribüne erst im Jahre 2005 entstand.

Der Fußballplatz wird zwischen März und September zweimal wöchentlich mit einem Spindelmäher auf 4 cm gemäht und ein stickstoffreicher Dünger alle drei Monate aufgebracht. Die Bewässerung erfolgt automatisch zwei- bis dreimal wöchentlich in den frühen Morgenstunden (Platzwart Gerald Sussmann, 2012).

Der **Trainingsplatz Traiskirchen** besitzt die Abmessungen 100 m x 60 m und hat einen bodennahen Aufbau ohne Drainage. Dieser Platz war früher ebenfalls landwirtschaftliche Nutzfläche. Das Fußballfeld wird zwischen März und September zweimal wöchentlich mit einem Spindelmäher auf 4 cm gemäht und mit einem stickstoffreichen Dünger alle drei Monate gedüngt. Die Bewässerung erfolgt zwei- bis dreimal wöchentlich manuell zu unterschiedlichen Tageszeiten (Platzwart, Gerald Sussmann 2012).

Auf beiden Plätzen wird nach Auskunft des Platzwartes die Nutzung des Sportplatzrasens von maximal

- 40 Stunden mit Turnschuhen oder
- 20 Stunden mit Fußballschuhen (ÖISS, 2005)

überschritten.

#### 3.4 SC Mödling



**Abbildung 24:**Luftbild Fußballplatz Mödling (Quelle:google.maps,15.4.2012)

**Abbildung 25**: Bild vom Spielfeldrand auf das Fußballfeld Mödling, Juli 2012

Der SC Mödling verfügt über eine Sportstätte mit einem Naturrasen- Fußballplatz, auf dem sowohl die Ligaspiele als auch das Training stattfinden. Der Verein spielt mit einer Kampfmannschaft in der Saison 2013/14 in der NÖFV 2. Klasse Ost/Mitte. Ebenso verfügt er über eine Reservemannschaft und Jugendmannschaften von U8 bis U13, zusätzlich Kindermannschaften 6 – 13 Jahren und Kindergarten mit 4 bis 5 Jahren.

Der Fußballplatz in Mödling hat die Abmessungen 105 m x 69 m und weist einen bodennahen Aufbau mit Drainage auf. Er ist zwischen 30 und 40 Jahre alt. Der Fußballplatz wird zwischen März und September zweimal wöchentlich mit einem Sichelmäher auf 4 cm gemäht und ein stickstoffreicher Dünger alle drei Monate aufgebracht. Die Bewässerung erfolgt automatisch zwei- bis dreimal wöchentlich in den frühen Morgenstunden. Aerifiziergänge finden alle 3 bis 4 Jahre statt (Platzwart Vahidin Midlasalihovic, 2012).

Auf der Sportstätte in Mödling wird die Nutzung nach Auskunft des Platzwartes von maximal

- 40 Stunden mit Turnschuhen oder
- 20 Stunden mit Fußballschuhen (ÖISS, 2005)

überschritten.

# 4. Untersuchungsmethodik

Für die bereits in Kapitel 1.1 erwähnten Versuche wurden 6 Fußballplätze mit Naturrasen im Bereich Baden und Mödling ausgewählt.

Als Zeitraum sind der Juli und September 2012 ausgewählt worden, um die Fußballplätze an Ende der Spielperiode und nach der Sommerpause zu vergleichen.

Vorab wurde ein Messplan erstellt. Alle untersuchten Fußballplätze unterliegen einer starken Nutzung, auch im Kleinfeld (= halbes Spielfeld). Der Messplan enthält 9 Parzellen, sowohl in schwächer als auch in stärker belasteten Bereichen, die über das gesamte Fußballfeld verteilt sind (siehe Abb. 26).



**Abbildung 26:** Lage und Nummerierung der Messparzellen auf den Fußballplätzen, Messparzelle 1-7 Untersuchungen der Scherfestigkeit, Eindringwiderstand, Versickerungsfähigkeit und Deckungsgrad, Messparzelle 8-9 Untersuchung des Deckungsgrades

Die Messparzellen in stark belasteten Zonen (Parzellen 1, 4 und 5) und in schwach belasteten Zonen (Parzellen 2, 3, 6, 7, 8 und 9) (NONN, 1988 und HOLZINGER, 2011) wurden auf allen 6 untersuchten Fußballfeldern in gleicher Lage eingemessen. Die Messungen erfolgten jeweils in den Monaten Juli und September.

Die vor Ort ermittelten Messergebnisse wurden in ein für jeden Fußballplatz gleiches Messprotokoll händisch eingetragen und anschließend in MS EXCEL 2010<sup>®</sup>

eingegeben. Ebenso wurde für die Platzwarte ein Fragenkatalog erstellt, den diese je nach Wissensstand beantworteten (siehe Anhang). Die Messwerte sind im Datenanhang dokumentiert.

# 4.1 Messpunkte und Messinstrumente

In den Messparzellen 1 bis 7 wurden die Scherfestigkeit, die Bodendichte, der Deckungsgrad und die Wasserdurchlässigkeit, in den Parzellen 8 und 9 zusätzlich nur der Deckungsgrad untersucht. Jede Messparzelle hat die Größe von 2 m x 2 m. In Abbildung 27 sind die verschiedenen Messpunkte in den Messparzellen verortet.

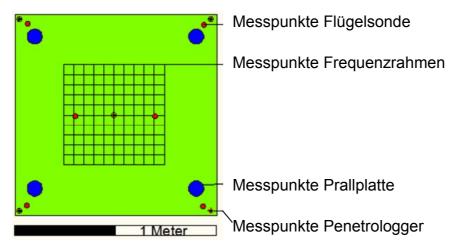


Abbildung 27: Verortung der Messpunkte in den Messparzellen

Folgende Messinstrumente wurden verwendet:

Tabelle 1: Messverfahren und Messinstrumente, 6.5.2012

Messmethode	Messinstrument
Scherfestigkeit	Flügelsonde
Eindringwiderstand	Penetrologger 1)
Wasserdurchlässigkeit	Prallplatte
Deckungsgrad	Frequenzrahmen
Bodenaufbau	Bodenbohrer

Penetrometer mit Datalogger (Penetrologger) 06.15.SA der Firma EIJKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT, 2010.

# 4.2 Scherfestigkeit

Die Scherfestigkeit ist ein Begriff aus der Materialwirtschaft und wird durch den Widerstand definiert, den ein Festkörper horizontalen Scherkräften entgegensetzt. Dabei handelt es sich um die zusammenhaltenden Kräfte im Gegensatz zu den Reibungskräften, die auf die Oberfläche wirken. Die Scherfestigkeit wird in Kraft pro Fläche [kN/m²] angegeben und hat die Einheit Spannung (encyclopedie.snyke.com, 2013). Neben der Materialwirtschaft wird die Scherfestigkeit unter anderem in der Geotechnik und der Bodenkunde verwendet.

Bezieht man die obige Definition auf Naturrasen-Fußballplätze, kann man die Scherfestigkeit als Maß für die stabilisierende Wirkung der Pflanzenwurzeln auf die

Bodenfestigkeit bezeichnen (FLORINETH et al. 2012/13). Naturrasen-Fußballplätze sind Druck-(Körpergewicht des Spielers) und Schubspannungen (Bewegungsabläufe) ausgesetzt (SCHMIDT, 1979) und müssen diesen standhalten. Ist das nicht der Fall, kann die Nutzbarkeit des Spielfeldes eingeschränkt sein (BISCHOFF, 2009).

Die für die Messung verwendete Flügelsonde besteht aus einer Sondierstange mit Drehgriff, einem Schiebering mit einer Skalierung von 0 bis 13, und aus 4 Flügeln (10 x 40 mm) (siehe Abb.28).



Abbildung 28: Flügelsonde, Juli 2012

Für die Messungen wurden zwei Messtiefen definiert: 0 cm bis 4 cm für die Oberflächenscherfestigkeit und 4 cm bis 8 cm für die Bodenscherfestigkeit. Die Messung der Oberflächenscherfestigkeit soll dabei einen Hinweis auf den obersten Teil der Rasentragschicht und die Durchwurzelung (Dichte und Tiefe) und die Bodenscherfestigkeit auf den mittleren Abschnitt der Rasentragschicht, die Reibung von Bodenpartikeln und die Haftfestigkeit des Materials (Kohäsion) geben (BISCHOFF, 2009).

Die Flügelsonde wurde im 90° Winkel auf den Messpunkt aufgesetzt, in die definierte Messtiefe gedrückt und langsam am Drehgriff gedreht, bis es zum Bruch im Boden kam. Die erforderliche Kraft am Brechpunkt des Bodens wird auf der Skala gemessen und die Druck- bzw. Scherspannung wird in t/m² am Schiebering angezeigt. Multipliziert man den Messwert mit dem Faktor 10, ergeben sich kN/m². Nach jeder Messung wurde der Wert gleich im Messprotokoll notiert. Anschließend wurde die Flügelsonde gereinigt, der Schiebering auf Null gestellt und am nächsten Messpunkt gemessen. Die Messung der Oberflächen- und der Bodenscherfestigkeit erfolgte in der Parzelle an den Messpunkten direkt nebeneinander. In der DIN 18035-4:2012-01 wird ein Messwert > 12 kN/m² gefordert.

Auf allen 6 Naturrasen-Fußballplätzen wurde in den Parzellen 1 bis 7 und je Parzelle an 6 Messpunkten die Scherfestigkeit, jeweils im Juli und September 2012 gemessen.

### 4.3 Eindringwiderstand (Bodendichte)

Mit der Messung des vertikalen Eindringwiderstandes im Boden wird die Bodenverdichtung gemessen. Die Messungen wurden mit einem Penetrometer mit Datalogger (Penetrologger) der Firma EIJKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT, Giesbeek, Niederlande, durchgeführt. Dabei handelt es sich um ein Spezialgerät zur Messung des Eindringwiderstandes in den Boden bis zu einer Tiefe von 80 cm. Das Gerät verfügt außer der Datenmessung des Eindringwiderstandes, der Tiefe und der Bodenfeuchtigkeit, über ein GPS- System zur genauen Verortung der Messung (EIJKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT, 2013).

Nachfolgend wird der Penetrologger anhand von Abbildung 29 genau beschreiben:

- 1. Spritzwasserdichtes Gehäuse
- 2. Kraftaufnehmer
- 3. Zweiteilige Sondierstange
- 4. Konus
- 5. Tiefenbezugsplatte
- 6. Kommunikationsanschluß
- 7. GPS Antenne
- 8. LCD Display
- 9. Steuerpult

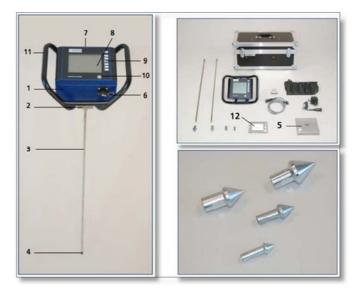


Abbildung 29: Einzelteile des Penetrologgers

- 10. Wasserwaage
- 11. Elektrisch isolierte Handgriffe
- 12. Conecheck

Lt. Herstellerangaben ist der Eindringwiderstand als Widerstand des Bodens gegen die Penetrationskräfte definiert und wird in [MPa] gemessen (MPa = MN/m²). Für die Untersuchung der Bodenverdichtung auf Naturrasen-Fußballplätzen wird empfohlen, einen Sondierkonus mit einem Durchmesser von 1 cm² und einem Konuswinkel von 60° zu verwenden (EIJKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT, 2013).

Die Messungen werden wie nachfolgend beschrieben durchgeführt: Definition der Messparzellen an den Fußballplätzen (Parzelle 1 bis 7 mit jeweils 5 Messpunkten je Parzelle), Erstellung des Messplanes am PC und Übertragung auf den Datalogger. Anschließend wird der Penetrologger, wie in Abbildung 29 dargestellt, montiert. Am Fußballplatz wird der Penetrologger langsam und gleichmäßig in den Boden gedrückt. Die Eindringgeschwindigkeit wird am Display des Dataloggers angezeigt und die korrekte vertikale Ausrichtung des Gerätes anhand einer eingebauten Wasserwaage kontrolliert. Nach Abschluss der Messungen werden die Daten mit der dafür vorgesehenen Software auf einen PC übertragen.

Die Messungen erfolgten auf allen 6 Fußballplätzen im Juni und September 2012 auf sieben Messparzellen. Innerhalb einer Messparzelle wurde fünfmal gemessen (siehe Abb. 27). Somit liegen pro Platz 35 x 2 = 70 Messergebnisse vor. Die möglichen Messtiefen waren aufgrund der (in situ) vorgefundenen Bodenverdichtung sehr unterschiedlich, d.h. der Penetrologger konnte teilweise nur bis kurz unter die Oberfläche eingedrückt werden, jedoch an anderen Stellen eine akzeptable Messtiefe erreichen.

In Abbildung 30 und 31 wird ein Beispiel für eine Messung des Penetrologgers nach dem Datentransfer gegeben.

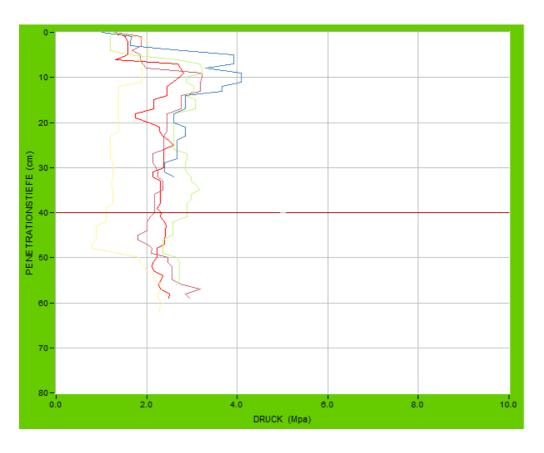


Abbildung 30: Eijkelkamp PenetroViewer 6.03: Grafische Wiedergabe der Messwerte, Juli 2012

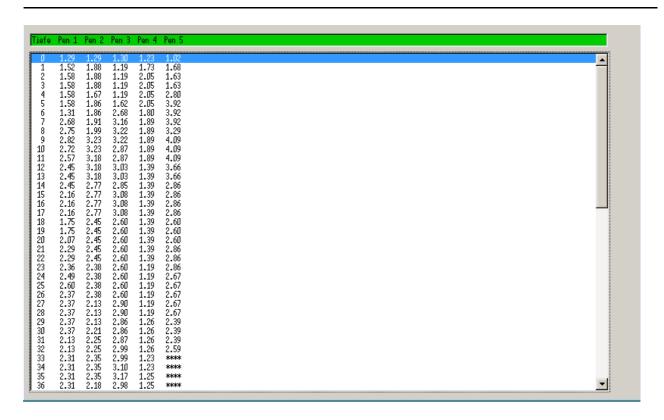


Abbildung 31: Eijkelkamp PenetroViewer 6.03: Numerische Anzeige der Messwerte, Juli 2012

Der Hersteller macht in seiner Gebrauchsanweisung auf Punkte aufmerksam, die bei der Interpretation der Messergebnisse von Bedeutung sind:

- Die Verlässlichkeit der Ergebnisse richtet sich nach der Anzahl der Messungen.
- Messung von hohen Eindringwiderstandswerten im Vergleich zum Widerstand der Pflanzenwurzeln: Penetrologger geht direkten Weg, Pflanze sucht sich den leichtesten Weg.
- Im Bodenprofil vorhandene Steine verzerren die Ergebnisse und müssen korrigiert werden, Pflanzenwurzeln wachsen um die Steine herum.
- Zur vollständigen Interpretation des Eindringwiderstandes (Bewurzelungsuntersuchung) muss die Bodenstruktur berücksichtigt werden.

- Trotz Eignung zum Vergleich unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren ist der Vergleich unterschiedlicher Bodenarten mittels Eindringwiderstandes nicht einfach.
- Aufgrund hoher Korrelation zwischen Eindringwiderstand und anderen Bodeneigenschaften eignet sich der Penetrologger für die Untersuchung der räumlichen Variabilität des Bodens, sowie für die Schätzung anderer Bodeneigenschaften (EIJKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT, 2013).

# 4.4 Wasserdurchlässigkeit

Der Ausschüttversuch nach PREGL dient zur überschlägigen Bestimmung der Durchlässigkeit von grobkörnigen Böden (PREGL, 1999). Die folgenden Prüfgeräte sind für den Versuch notwendig:

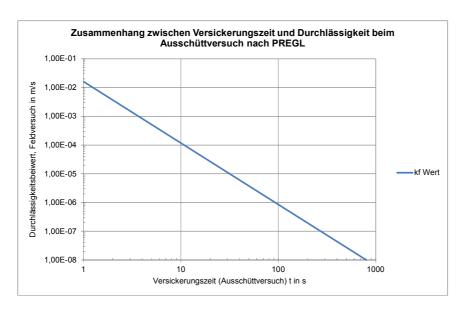
- 2 Liter Wassergefäß
- Zylindrische Prallplatte aus korrosionsbeständigem Material mit einem Durchmesser von 15 cm
- Stoppuhr
- Wasservorratstank mit Leitungswasser ohne Zusätze
- Thermometer



Abbildung 32: 2 Liter Wassergefäß und eine Prallplatte, Juli 2012

Die Wasserdurchlässigkeit der einzelnen Fußballplätze wurde anhand des Ausschüttversuches geprüft. Für die Versuchsdurchführung muss die Prallplatte an der Messstelle eben auf dem Boden aufliegen. Aus maximal 10 cm Höhe wird eine Wassermenge von 2 Liter innerhalb von ca. 5 Sekunden auf die Prallplatte geschüttet.

Dies ist dreimal pro Messpunkt durchzuführen und die Versickerungszeit des dritten Ausschüttversuches in das Messprotokoll einzutragen. Das Ende des Messversuches ist erreicht, wenn das Wasser von der Oberfläche vollständig im Boden versickert ist. Beträgt die Versickerungszeit mehr als 30 Sekunden, fordert die RVS 11.062, Blatt 15 ein anderes Messverfahren. Der Durchlässigkeitsbeiwert wird durch händische Eintragung der Messergebnisse in die Grafik nach Pregl ermittelt.



**Abbildung 33:** Zusammenhang zwischen der Versickerungszeit des ausgeschütteten Wassers und den aus der Absenkzeit eines Feld-Durchlässigkeitsversuches ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerten, PREGL, 1999, eigene Grafik erstellt mit MS EXCEL 2010<sup>®</sup>

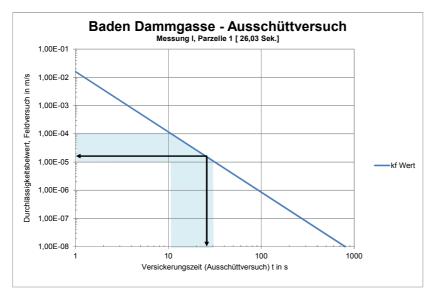


Abbildung 34: Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes, eigene Grafik erstellt in MS EXCEL 2010®

Mit der Methode des Ausschüttversuches lässt sich trotz seiner Einfachheit die Wasserdurchlässigkeit des Bodens grob abschätzen. Mittels der Grafik nach Pregl und dem Eintrag der Versickerungszeiten, ist es möglich, den Durchlässigkeitsbeiwert zu klassifizieren. In Tabelle 2 ist die Klassifizierung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach Pregl aufgeschlüsselt (PREGL, 1999).

Tabelle 2: Klassifizierung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach PREGL, 1999

k <sub>f</sub> - Wert (m/s)	Bezeichnung
$k_f > 10^{-2}$	sehr stark durchlässig
$10^{-2} > k_f > 10^{-4}$	stark durchlässig
$10^{-4} > k_f > 10^{-6}$	mittel durchlässig
$10^{-6} > k_f > 10^{-8}$	gering durchlässig
$10^{-8} > k_f > 10^{-9}$	sehr gering durchlässig
$10^{-9} > k_f$	undurchlässig

# 4.5 Deckungsgrad

Der Deckungsgrad der Rasennarbe wird mit Hilfe eines Frequenzrahmens (siehe Abbildung 35) bestimmt. Der Frequenzrahmen ist 1 m x 1 m groß und in 100 Einzelfelder unterteilt. Je ein ausgefülltes Quadrat entspricht 1% Deckungsgrad, die Summe der Einzelquadrate bestimmt den Deckungsgrad einer Parzelle. Der Deckungsgrad wurde für jeden der 9 Messpunkte zweimal durchgeführt und dann die Differenz der beiden Messungen errechnet.



Abbildung 35: Frequenzrahmen, Juli 2012

Der Deckungsgrad hat eine Aussagekraft über die Zunahme des Luftporenvolumens in der Vegetationstragschicht. Je mehr luftführende Poren, desto höher der Deckungsgrad (MÜLLER-BECK, 1977).

Weiters wurde die Artenzusammensetzung auf den Fußballplätzen mit Hilfe des Frequenzrahmens aufgenommen, um herauszufinden, welche Gräser und Kräuter auf den Parzellen zu finden sind.

### 4.6 Bodenaufbau

Der Bodenbohrer ist ein Untersuchungsinstrument um den Bodenhorizont zu bestimmen (siehe Abb. 36). Er ist ein 1 Meter langes Stahlrohr, das an einer Seite offen ist. Er wird an der Bodenoberkante senkrecht aufgesetzt und mit Hilfe eines beigelegten Hammers in den Boden eingeschlagen. Bei der gewünschten Tiefe wird der Bodenbohrer gedreht und wieder herausgezogen. Anhand des Bodenprofils in dem Rohr lässt sich nun der Schichtaufbau des jeweiligen Fußballplatzes ablesen.

Die Bodenbohrungen wurden an sieben Messpunkten pro Fußballplatz durchgeführt. Die Messpunkte der jeweiligen Bohrungen befinden sich mittig in den Parzellen 1 – 7.



Abbildung 36: Bodenbohrer, Juli 2012

Mit Hilfe der Fingerprobe kann die Bodenart eingeschätzt werden. Diese Methode ist notwendig, da es keine genauen Aufzeichnungen über die Fußballplatzaufbauten gibt.

#### 4.7 Statistische Verfahren

Die Messergebnisse wurden mit statistischen Verfahren zusammengefasst und bewertet, um Aussagen zu treffen bzw. Zusammenhänge zu erkennen.

- Mittelwert, arithmetisches Mittel der Messwerte (MW).
- Standardabweichung oder empirische Varianz als Maß der Streuung von Messdaten (s).
- Zweistichproben-t-Test zur Prüfung von Unterschieden zwischen zwei Erwartungswerten (Nullhypothese wird angenommen oder abgelehnt).

 Korrelation als Maß für die Stärke linearer Zusammenhänge, kann zwischen +1 und -1 liegen. Bei Null besteht kein Zusammenhang.

Die Errechnung erfolgte mittels MS EXCEL 2010<sup>®</sup> und den Formeln:

MITTELWERT(Zahl1; [Zahl2]; ...)

STABW(Zahl1; [Zahl2]; ...)

TTEST, unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen in der Datenanalyse

KORREL(MATRIX1;MATRIX2)

Verwendete Literatur:

SCHWENK et al. 2010; STAHEL, 2008; MÜLLER, 1980

# 5. Ergebnisse

Die Messungen auf den 6 Fußballplätzen erfolgten im Juli 2012 (Messung I) und September 2012 (Messung II). Damit wurde sichergestellt, dass jahreszeitliche Unterschiede und Unterschiede in der Belastung der Fußballplätze (Ende und Anfang der Spielperiode) berücksichtigt sind.

Für jeden Fußballplatz wurden die Messergebnisse mit der Scherfestigkeit, des Eindringwiderstandes, der Wasserdurchlässigkeit und des Deckungsgrades dargestellt und bewertet.

Die Wetterverhältnisse in beiden Messperioden waren vergleichbar, so dass bei den Messungen mit dem Penetrologger (Eindringwiderstand) die Bodenfeuchtigkeit keine entscheidende Rolle spielte.

Pro Messparzelle sind an 4 - 6 Messpunkten Versuche durchgeführt worden, um zufällige Messergebnisse auszuschließen. Aus den einzelnen Messwerten wurde ein Mittelwert gebildet und die Standardabweichung als Streuungsmaß (STAHEL, 2008) in die Säulendiagramme eingezeichnet [ ]. Die Ermittlung erfolgte in MS EXCEL 2010<sup>®</sup>.

## 5.1 Baden Dammgasse (Stadion des BAC Baden)

In Tabelle 3 sind alle ermittelten Messergebnisse für das Stadion Baden Dammgasse zusammengefasst.

**Tabelle 3:** Zusammenfassung der Messergebnisse im Stadion Baden, Dammgasse, Juli/ September 2012

Parzellen 1)		1	2	3	4	5	6	7	MW <sup>2)</sup>	S <sup>3)</sup>
Scherfestigkeit		kN/m <sup>2</sup>								
Oberfläche	Juli	40,00	35,67	36,83	35,50	52,83	34,33	36,83	38,86	9,27
	Sept.	12,17	22,50	28,00	23,17	23,17	22,83	28,17	22,86	6,40
Boden	Juli	26,83	32,00	43,50	37,50	46,83	28,83	40,00	36,50	11,16
	Sept.	13,67	24,83	27,50	23,33	24,83	23,33	26,17	23,38	6,25
		MPa								
Eindringwiderstand	Juli	2,01	2,06	2,31	2,43	2,21	1,82	1,99	2,12	0,55
	Sept.	2,57	1,65	2,09	2,84	1,86	2,15	2,44	2,23	1,38
		Sek.								
Versickerungszeit	Juli	26,03	24,43	28,76	27,27	22,69	23,13	27,08	25,63	4,62
	Sept.	25,61	26,03	28,71	27,47	23,95	28,36	27,30	26,78	3,04

Parzellen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	$MW^{2)}$
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Deckungsgrad	Juli	67	81	73	71	92	88	91	97	89	83
	Sept.	70	81	71	56	64	56	90	72	100	73

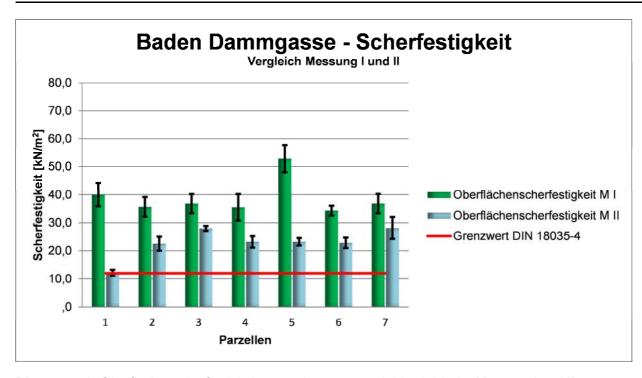
<sup>1)</sup> Mittelwert aus den Messpunkten der Parzellen; <sup>2)</sup> Mittelwert aus den Parzellen-Mittelwerten <sup>3)</sup> Standardabweichung

# 5.1.1 Scherfestigkeit

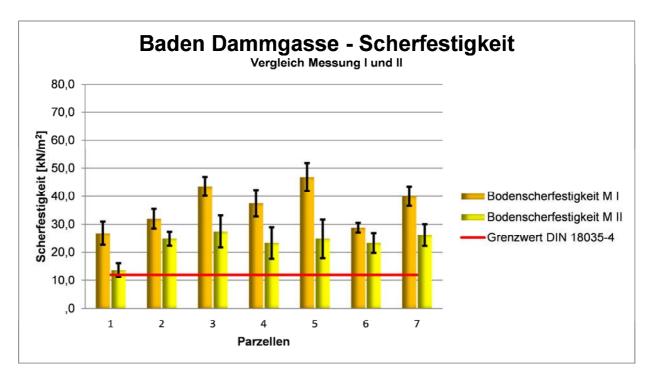
Die Oberflächenscherfestigkeitswerte waren sowohl in der Messung I als auch in der Messung II über alle Parzellen nahezu gleich verteilt (vgl. Diagramm 1 und 2). Ausnahme: Parzelle 5 (Fünfmeterraum) mit einem im Vergleich sehr hohem Scherfestigkeitswert, der in der gegenüberliegenden Parzelle nicht gemessen wurde, und in der Messung II die Parzelle 1(Anstoßkreis) mit einem Scherfestigkeitswert nahe dem in der DIN 18035-4 (2012) definierten Grenzwert von 12 kN/m².

Die Messwerte der Bodenscherfestigkeit sind in der Messung I je Parzelle nicht ganz so gleichmäßig verlaufen wie in der Messung II. Der Höchstwert aus der Oberflächenscherfestigkeit in Parzelle 5 wiederholte sich, ebenso der niedrige Messwert in der Parzelle 1 (Messung II).

Die Messwerte der Messung II lagen sowohl bei der Oberflächen- als auch bei der Bodenscherfestigkeit unter den Werten der Messung I.



**Diagramm 1:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm – 4 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle im Stadion Baden, Dammgasse. Gemessen am: 26.07.2012 und 29.09.2012

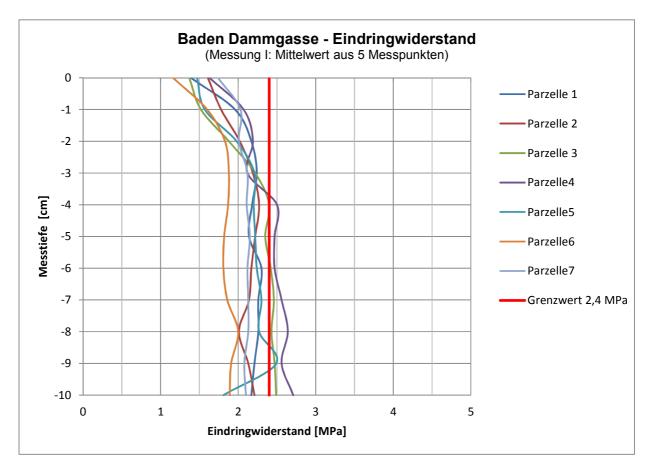


**Diagramm 2:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm - 8 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle im Stadion Baden, Dammgasse. Gemessen am: 26.07.2012 und 29.09.2012

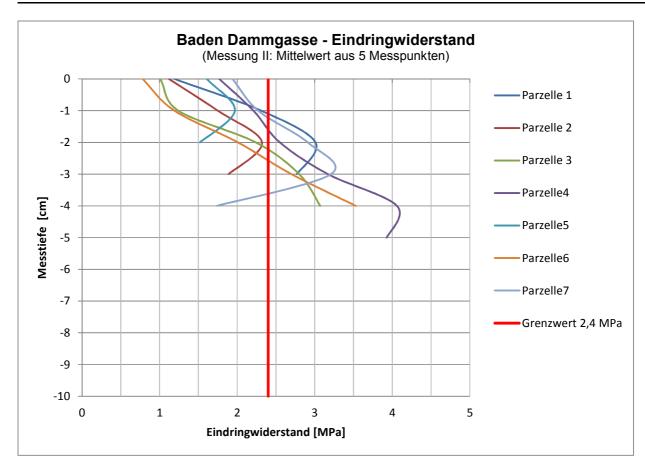
# 5.1.2 Eindringwiderstand (Bodendichte)

In der Messung I wurden die noch akzeptablen Eindringwiderstände bis 2,4 MPa in allen Parzellen, Ausnahme Parzelle 4, gemessen. In der Parzelle 4 wurden die 2,4 MPa in 4 cm Bodentiefe überschritten, was bedeutet, dass hier das Wurzelwachstum durch Verdichtungsschäden, nach LIEBHARD et al.(1995) eingeschränkt sein kann (siehe Diagr.3).

Die Messung II im September 2012 zeigte ein komplett anderes Bild. Zum einen konnte die Sondierstange nicht ausreichend tief in den Boden gedrückt werden und zum anderen überstiegen die Messwerte den kritischen Punkt (2,4 MPa) in den Parzellen 1 und 7 schon nach einer Bodentiefe von 1 cm, in den Parzellen 3, 4, 6 zwischen 2 cm und 3 cm Bodentiefe. Lediglich die Parzellen 2 und 5 hatten durchgängige Messwerte unter 2,4 MPa (siehe Diagr.4).



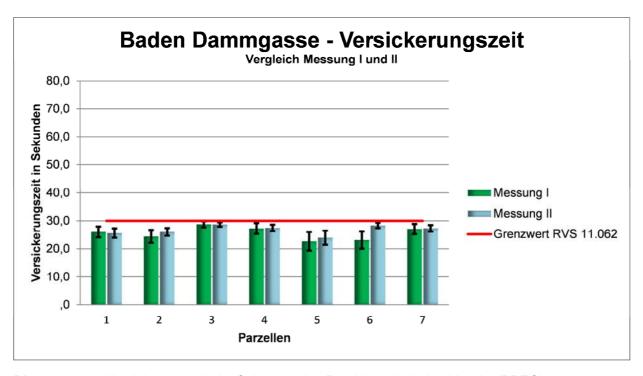
**Diagramm 3:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, im Stadion Baden, Dammgasse. Gemessen am: 26.07.2012



**Diagramm 4:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, im Stadion Baden, Dammgasse. Gemessen am: 29.09.2012

## 5.1.3 Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit

Die Messergebnisse beider Messungen sind ausgeglichen und nahe dem in der RVS11.062 definierten Grenzwert von 30 Sekunden Versickerungszeit. Über 30 Sekunden kann der Ausschüttversuch zur groben Abschätzung von Durchlässigkeitsbeiwerten nicht verwendet werden (RVS 11.062, Blatt 15, 1997). Alle Ergebnisse liegen nach PREGL (1999) im Bereich "mittel durchlässig" (siehe Diagr.5).



**Diagramm 5:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig (PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle im Stadion Baden, Dammgasse. Gemessen am: 26.07.2012 und 29.09.2012

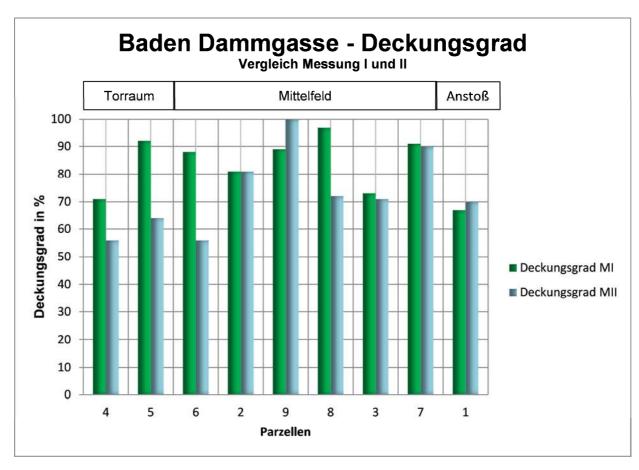
#### 5.1.4 Deckungsgrad

Der Sportplatzrasen muss nach DIN 18035-4 (2012) bei 70% der Messergebnisse eine projektive Bodendeckung von 90% aufweisen. Das konnte im Stadion des BAC Baden in beiden Messperioden nicht erreicht werden. Zusätzlich fiel auf, dass trotz Sommerpause und Zeit zur Rasenpflege in 6 von 9 Parzellen der Deckungsgrad im September (Messung II) niedriger lag als im Juli (siehe Diagr.6). In Parzelle 6 wurde in Messung I festgestellt, dass ein Viertel der Bodenbedeckung aus Weißklee bestand, dieser hat im Vergleich zur Messung I in Messung II deutlich abgenommen,

Insbesondere in den Parzellen mit einem geringen Deckungsgrad fanden sich neben den typischen Sportplatzrasengräsern Lolium perenne, Poa pratensis und Festuca rubra, die Beikräuter wie Trifolium repens (Weißklee) und Plantago major (Breitwegerich), die durch Einwehung von Samen gewachsen sind.

In der Messung I konnten bei einem Gesamtdeckungsgrad von 83% folgende Arten festgestellt werden: *Lolium perenne* kam zu 43%, *Poa pratensis* zu 21% und *Festuca rubra* zu 11% vor. Weiters die Beikräuter *Trifolium repens waren* zu 6% bzw. *Plantago major* mit einem Anteil von 2% vorhanden.

In Messung II gab es einen Deckungsgrad von 73%. Dieser setzte sich aus 39% Lolium perenne, 20% Poa pratensis, 11% Festuca rubra, 2% Trifolium repens und 1% Plantago major zusammen.



**Diagramm 6:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen im Stadion Baden Dammgasse. Vergleich der Messung I und II Gemessen am: 26.07.2012 und 29.09.2012

### 5.1.5 Bodenaufbau

Am Standort Baden Dammgasse konnte der Bodenbohrer 40 cm in den Boden eingeschlagen werden. Die sieben Erdbohrungen, verteilt über das Spielfeld, wiesen in sich einen homogenen Schichtaufbau auf.

Das Bodenprofil wies 2 verschiedene Schichten auf. Von 0 cm bis 21 cm war eine Humusschicht erkennbar, die jedoch keine Anteile von Sand zeigte. Von 21 cm bis 40 cm Bodentiefe kam ein "schwach lehmiger Sand" vor, der leicht bindig und klebrig war, jedoch nicht plastisch formbar (siehe Abb.37).



**Abbildung 37:** Bodenprofil (0 cm – 40 cm) Baden Dammgasse, Parzelle 4, September 2012

# 5.2 Baden Albrechtsgasse (Trainingsplatz des BAC Baden)

In Tabelle 4 sind alle ermittelten Messergebnisse für den Fußballplatz Baden Albrechtsgasse zusammengefasst.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Messergebnisse in Baden Albrechtsgasse, Juli/ September 2012

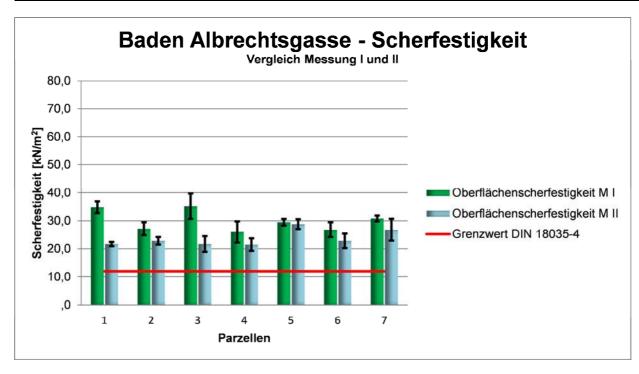
Parzellen 1)		1	2	3	4	5	6	7	MW <sup>2)</sup>	S <sup>3)</sup>
Scherfestigkeit		kN/m <sup>2</sup>								
Oberfläche	Juli	34,83	27,17	35,17	26,00	29,50	26,83	30,83	30,05	6,22
	Sept.	21,67	22,83	21,67	21,50	28,83	22,83	26,83	23,74	5,20
Boden	Juli	34,50	27,67	30,83	24,33	28,50	25,67	34,00	29,36	6,23
	Sept.	26,33	20,00	23,17	19,17	27,17	22,00	23,17	23,00	4,83
		MPa								
Eindringwiderstand	Juli	2,28	3,13	1,81	2,89	1,75	2,27	2,10	2,32	1,57
	Sept.	3,25	2,35	2,74	3,18	2,38	3,55	3,08	2,93	1,46
		Sek.								
Versickerungszeit	Juli	19,28	11,12	25,31	28,77	28,05	24,77	28,22	23,65	6,93
	Sept.	28,82	28,56	28,58	28,67	28,58	28,89	26,91	28,43	1,38

Parzellen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	$MW^{2)}$
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Deckungsgrad	Juli	100	100	59	89	91	83	81	78	88	85
	Sept.	91	78	82	100	98	86	81	77	83	86

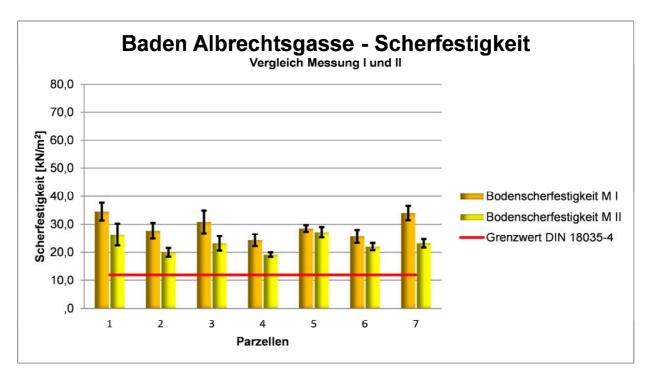
<sup>1)</sup> Mittelwert aus den Messpunkten der Parzellen; <sup>2)</sup> Mittelwert aus den Parzellen-Mittelwerten <sup>3)</sup> Standardabweichung

# 5.2.1 Scherfestigkeit

Die Messwerte für die Oberflächen- und Bodenscherfestigkeit waren sowohl in der Messung I als auch in der Messung II über alle Parzellen gleichmäßig verteilt (siehe Diagr.7 und 8). Nennenswerte Höchst- und Tiefstwerte konnten nicht festgestellt werden. Die Messwerte der Messung I und II wichen nicht gravierend voneinander ab. Ausnahme: Parzelle 1 und 3 bei der Oberflächenscherfestigkeit, Messung I (siehe Diagr.7).



**Diagramm 7:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm - 4 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Baden Albrechtsgasse. Gemessen am: 27.07.2012 und 30.09.2012

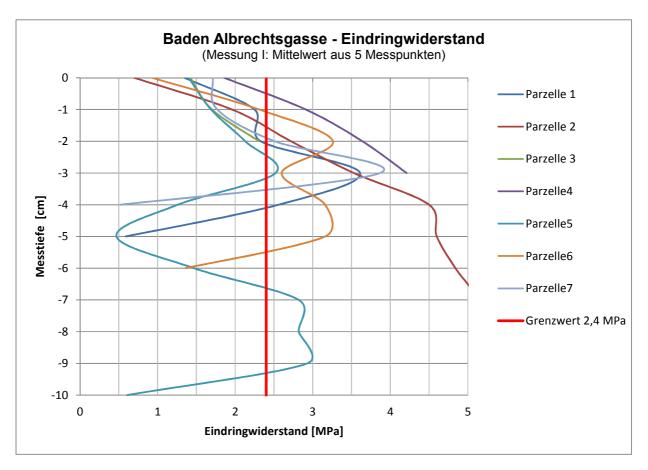


**Diagramm 8:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm - 8 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Baden Albrechtsgasse. Gemessen am: 27.07.2012 und 30.09.2012

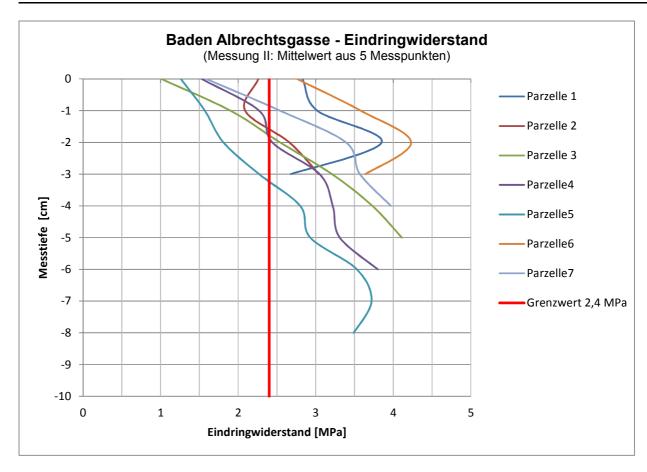
## **5.2.2 Eindringwiderstand (Bodendichte)**

Bis zu einer Bodentiefe von 2 cm lagen die Messwerte der Messung I in den Parzellen 1, 3, 5 und 7 noch unter der kritischen Grenze von 2,4 MPa. Die Messungen in den Parzellen 2, 4 und 6 überschritten den Grenzwert frühzeitig, wobei die Messwerte der Parzellen 2 und 4 dauerhaft den Grenzwert überschritten. Die Messwerte der Parzellen 1, 5, 6 und 7 kehrten zwischen 3 und 5,5 cm Bodentiefe in den durchwurzelbaren Bereich zurück (siehe Diagr.9).

Die Ergebnisse der Messung II zeigten eine weitere Tendenz in den Bereich über 2,4 MPa. Die Messwerte der Parzellen 2, 3, 4 und 7 überschritten 2,4 MPa zwischen 1 und 2 cm, in Parzelle 5 bei 3,5 cm Bodentiefe. Die Messwerte der Parzellen 1 und 6 lagen bei allen Messtiefen über 2,4 MPa. Keiner der Messwerte kehrte in den Bereich unter 2,4 MPa zurück (siehe Diagr.10).



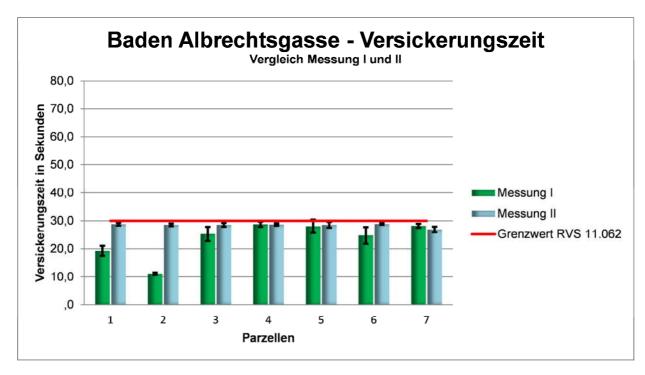
**Diagramm 9:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Baden Albrechtsgasse. Gemessen am: 27.07.2012



**Diagramm 10:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Baden Albrechtsgasse. Gemessen am: 30.09.2012

## 5.2.3 Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit

Die Messergebnisse in Parzelle 1 und 2 lagen bei der Messung I deutlich unter den Messergebnissen der anderen Parzellen. Das Ergebnis der Messung II zeigte keine Wiederholung in den Parzellen 1 und 2, lag aber insgesamt auf einheitlichem Niveau (siehe Diagr.11). Der Durchlässigkeitsbeiwert lag im Bereich "mittel durchlässig" (PREGL, 1999).



**Diagramm11:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig (PREGL,1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle in Baden Albrechtsgasse. Gemessen am: 27.07.2012 und 30.09.2012

#### 5.2.4 Deckungsgrad

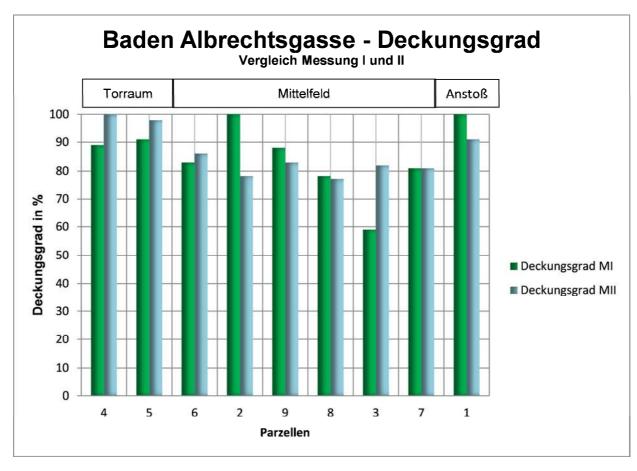
Die projektive Bodendeckung von 90% bei 70% der Messungen konnte auch in Baden Albrechtsgasse nicht erreicht werden. Die Werte der Messung II (September) lagen jedoch in 5 von 9 Messparzellen über den Werten der Messung I (siehe Diagr.12).

Auch am Sportplatz in der Albrechtsgasse wurden neben den typischen Rasengräsern Beikräuter identifiziert.

In der Messung I konnten bei einem Deckungsgrad von 85% folgende Arten festgestellt werden: *Lolium perenne* kam zu 38%, *Poa pratensis* zu 17% und *Festuca* 

rubra zu 14% vor. Weiters waren *Trifolium repens* zu 11% und *Plantago major* mit einem Anteil von 7% vorhanden.

In Messung II gab es einen Deckungsgrad von 86%. Dieser setzte sich aus 42% Lolium perenne, 17% Poa pratensis, 12% Festuca rubra, 7% Trifolium repens und 8% Plantago major zusammen.

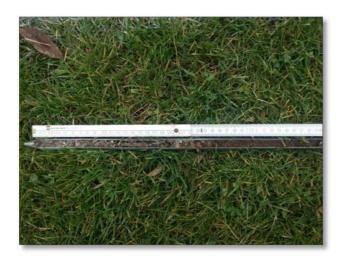


**Diagramm 12:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Baden Albrechtsgasse. Vergleich der Messung I und II Gemessen am: 27.07.2012 und 30.09.2012

# 5.2.5 Bodenaufbau

Am Standort Baden Albrechtsgasse konnte der Bodenbohrer 40 cm in den Boden eingeschlagen werden. Die sieben Erdbohrungen, verteilt über das Spielfeld, wiesen in sich einen homogenen Bodenaufbau auf.

Das Bodenprofil wies 2 verschiedene Horizonte auf. Von 0 cm bis 19 cm war eine Humusschicht erkennbar, die jedoch augenscheinlich keine Anteile von Sand beinhaltete. Von 19 cm bis 40 cm Bodentiefe kam "anlehmiger Sand" vor, der beim Reiben weder bindig noch klebrig war, jedoch in den Hautrillen liegen blieb (siehe Abb.38).



**Abbildung 38:** Bodenprofil (0 cm – 40 cm) Baden Albrechtsgasse, Parzelle 2, September 2012

#### 5.3 Pfaffstätten

In Tabelle 5 sind alle ermittelten Messergebnisse des Fußballplatzes Pfaffstätten zusammengefasst.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Messergebnisse in Pfäffstätten, Juli/ September 2012

Parzellen 1)		1	2	3	4	5	6	7	MW <sup>2)</sup>	S <sup>3)</sup>
Scherfestigkeit		kN/m <sup>2</sup>								
Oberfläche	Juli	48,00	21,67	38,00	24,67	35,67	26,00	27,67	31,67	10,69
	Sept.	22,33	23,33	37,67	22,33	24,33	29,50	24,67	26,31	7,41
Boden	Juli	37,33	25,33	34,67	26,67	27,67	28,00	36,33	30,86	9,08
	Sept.	23,33	21,33	30,33	26,67	22,00	28,50	27,33	25,64	5,75
		MPa								
Eindringwiderstand	Juli	2,64	2,16	2,46	2,98	2,62	2,19	1,78	2,40	0,88
	Sept.	3,06	3,11	3,36	1,67	3,14	3,41	3,22	3,00	1,16
		Sek.								
Versickerungszeit	Juli	29,65	27,94	28,98	29,13	29,54	28,44	28,08	28,82	1,23
	Sept.	28,00	29,23	28,57	28,82	29,85	26,84	28,31	28,52	1,62

Parzellen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	MW <sup>2)</sup>
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Deckungsgrad	Juli	26	10	23	57	48	66	57	66	51	45
	Sept.	98	95	92	89	92	80	100	100	100	94

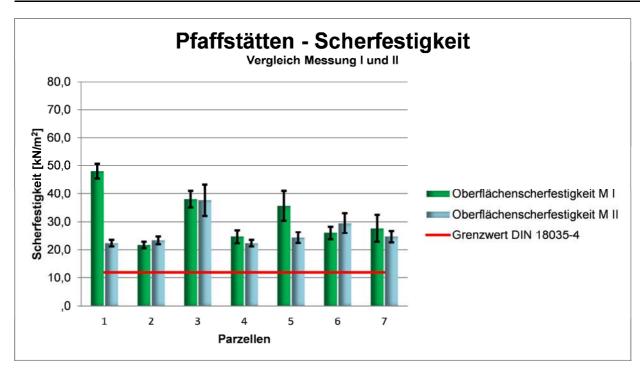
<sup>1)</sup> Mittelwert aus den Messpunkten der Parzellen; 2) Mittelwert aus den Parzellen-Mittelwerten

### 5.3.1 Scherfestigkeit

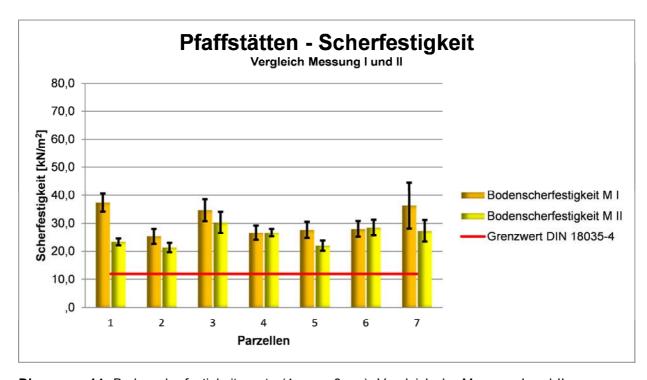
Am Sportplatz Pfaffstätten waren die Oberflächenscherfestigkeitswerte in den Parzellen 3, 4, 6, und 7 bei beiden Messungen nahezu gleich. Markant war die Abweichung in Parzelle 1, wo die Messwerte der Messung I deutlich höher lagen als in der Messung II. Ein ähnliches Ergebnis, jedoch nicht so gravierend, wurde in der Parzelle 5 gemessen (siehe Diagr.13).

Die Messergebnisse der Bodenscherfestigkeit verliefen ähnlich wie die der Oberflächenscherfestigkeit. Die Abweichungen zwischen beiden Messungen waren jedoch nicht so markant wie bei den Oberflächenscherfestigkeitswerten (siehe Diagr.14).

<sup>3)</sup> Standardabweichung



**Diagramm 13:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm - 4 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Pfaffstätten. Gemessen am: 30.07.2012 und 25.09.2012

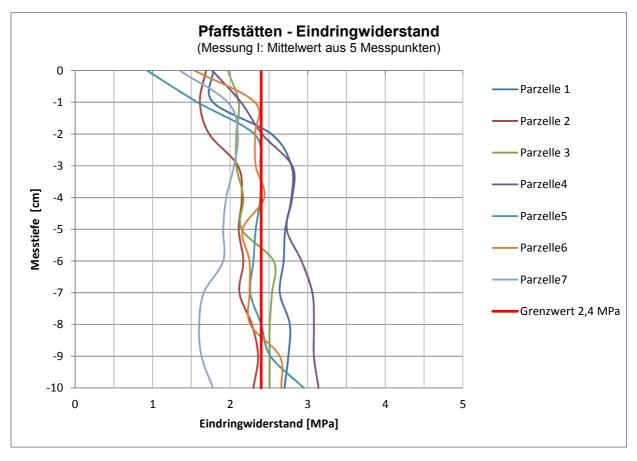


**Diagramm 14:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm - 8 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Pfaffstätten. Gemessen am: 30.07.2012 und 25.09.2012

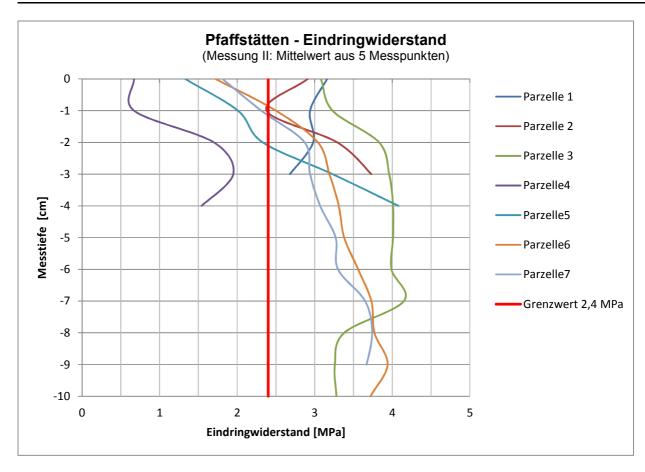
# 5.3.2 Eindringwiderstand (Bodendichte)

Bis zu einer Bodentiefe von 8 cm lagen die Messwerte der Messung I in den Parzellen 2, 5, 6 und 7 unter 2,4 MPa, wobei die Messwerte der Parzelle 7 dauerhaft die kritische Grenze nicht überschritten. Die Messwerte der Parzelle 3 waren zwischen 6 und 10 cm entweder geringfügig über oder genau bei 2,4 MPa (siehe Diagr.15).

Die Situation verschlechterte sich bei Messung II. Die Messergebnisse in den Parzellen 1, 2 und 3 lagen von Anfang an über 2,4 MPa. In den anderen Parzellen wurde der Grenzwert zwischen 1 und 2,5 cm Bodentiefe überschritten. Abweichend von den Messwerten der Messung I lagen die Ergebnisse der Parzelle 4 dauerhaft unter 2,4 MPa (siehe Diagr.16).



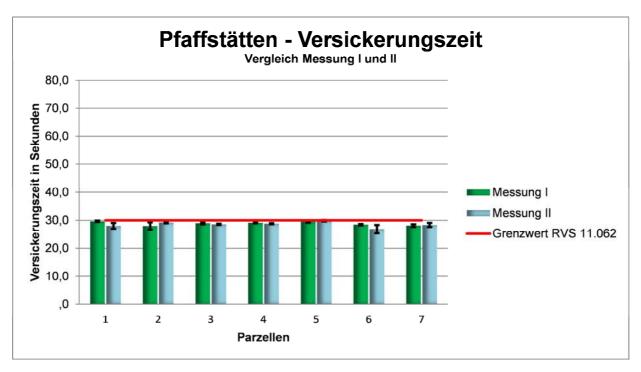
**Diagramm 15:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Pfaffstätten. Gemessen am: 30.07.2012



**Diagramm 16:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Pfaffstätten. Gemessen am: 25.09.2012

## 5.3.3 Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit

Die Messwerte lagen sowohl in der Messung I als auch in der Messung II deutlich nahe der Grenze von 30 Sekunden (RVS 11.062, Blatt 15, 1997). Der Duchlässigkeitsbeiwert lag nach PREGL (1999) im Bereich "mittel durchlässig" (siehe Diagr.17).



**Diagramm 17:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig (PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle in Pfaffstätten. Gemessen am: 30.07.2012 und 25.09.2012

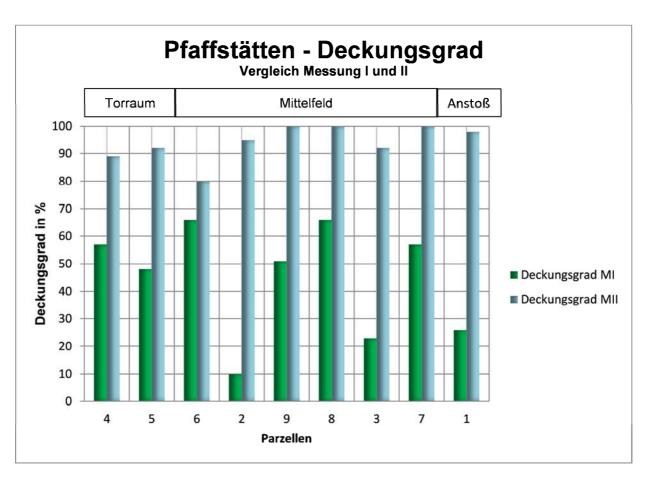
### 5.3.4 Deckungsgrad

Die Messwerte der projektiven Bodendeckung erfüllten in der Messung I in keiner Parzelle den DIN-Wert von 90% Bodendeckung. Dieses Bild änderte sich signifikant in der Messung II. Hier wurde auf dem gesamten Fußballplatz der in der DIN 18035-4 (2012) geforderte Wert (70% der Messungen übertreffen 90% Bodendeckung) erreicht (siehe Diagr.18). Dies lässt den Schluss zu, dass in der sommerlichen Spielpause intensive Rasenpflege betrieben wurde.

Am Sportplatz in Pfaffstätten erfolgen nach Auskunft des Platzwartes Nachsaaten durch Sportplatzmischungen aus dem Baumarkt. Dies hat sich bei der Analyse durch den Frequenzrahmen bestätigt.

In Messung I wurde ein Deckungsgrad von 45% festgestellt, welcher sich aus 19% Lolium perenne, 12% Poa pratensis, 6% Festuca rubra, 6% Trifolium repens und 2% Plantago major zusammensetzte.

Messung II wies einen deutlich höheren Deckungsgrad von 94% auf, welcher sich aus 51% *Lolium perenne*, 21% *Poa pratensis*, 12% *Festuca rubra*, 9% *Trifolium repens* und 1% *Plantago major* zusammensetzte.



**Diagramm 18:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Pfaffstätten. Vergleich der Messung I und II Gemessen am: 30.07.2012 und 25.09.2012

### 5.3.5 Bodenaufbau

Am Standort Pfaffstätten konnte der Bodenbohrer 40 cm in den Boden eingeschlagen werden. Die sieben Erdbohrungen, verteilt über das Spielfeld, wiesen einen homogenen Schichtaufbau auf.

Das Bodenprofil zeigte 2 verschiedene Horizonte auf. Von 0 cm bis 20 cm war eine Humusschicht erkennbar, die jedoch augenscheinlich keine Anteile von Sand beinhaltete. Von 20 cm bis 40 cm Bodentiefe kam "schwach lehmiger Sand" vor, der leicht bindig und klebrig erschien, jedoch nicht plastisch formbar war (siehe Abb.39).



**Abbildung 39:** Bodenprofil (0 cm – 40 cm) Pfaffstätten, Parzelle 2, September 2012

#### 5.4 Traiskirchen Stadion

In Tabelle 6 sind alle ermittelten Messergebnisse für das Stadion Traiskirchen zusammengefasst.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Messergebnisse im Stadion Traiskirchen, Juli/ September 2012

Parzellen 1)		1	2	3	4	5	6	7	MW <sup>2)</sup>	S <sup>3)</sup>
Scherfestigkeit		kN/m <sup>2</sup>								
Oberfläche	Juli	53,83	54,33	66,83	62,83	62,17	45,17	49,17	56,33	15,48
	Sept.	22,00	28,83	22,83	32,83	31,50	34,50	23,50	28,00	7,81
Boden	Juli	56,17	59,50	50,00	42,33	54,33	51,67	44,17	51,17	15,34
	Sept.	29,83	27,17	26,00	29,17	26,83	28,33	21,50	26,98	5,23
		MPa								
Eindringwiderstand	Juli	2,25	2,58	1,82	2,41	2,09	2,17	2,26	2,23	0,87
	Sept.	2,54	1,96	2,13	2,16	2,72	2,00	2,09	2,23	1,37
		Sek.								
Versickerungszeit	Juli	19,94	20,70	27,47	29,29	26,59	28,59	26,59	25,60	4,43
	Sept.	22,87	22,66	27,13	28,83	25,82	28,59	28,06	26,28	3,33

Parzellen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	MW <sup>2)</sup>
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Deckungsgrad	Juli	100	100	75	92	94	91	98	84	77	90
	Sept.	92	95	98	84	60	92	92	100	100	90

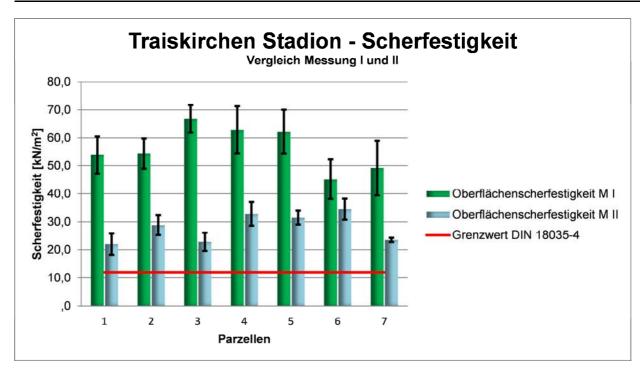
<sup>&</sup>lt;sup>1)</sup>Mittelwert aus den Messpunkten der Parzellen; <sup>2)</sup> Mittelwert aus den Parzellen-Mittelwerten

# 5.4.1 Scherfestigkeit

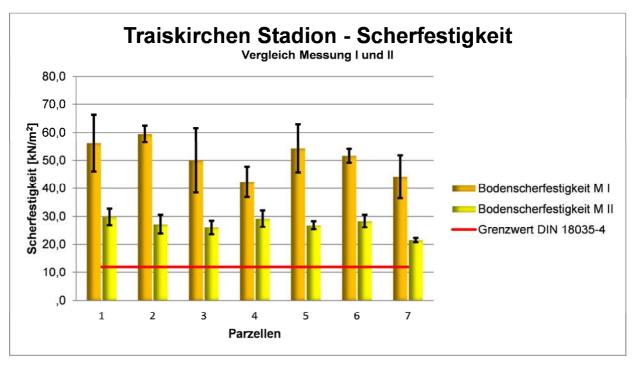
Die Oberflächenscherfestigkeit lag in der Messung I signifikant höher als in der Messung II. Gleichzeitig waren die Standardabweichungen in Messung I, Parzellen 4, 5, und 7 relativ hoch. Die hohen Werte der Standardabweichungen wiederholten sich in der Messung II nicht (siehe Diagr.19).

Die Messwerte der Bodenscherfestigkeit zeigen einen ähnlichen Verlauf wie die Oberflächenscherfestigkeit: Hohe Scherfestigkeitswerte bei der Messung I im Vergleich zur Messung II und hohe Standardabweichungen in den Parzellen 1, 3, 4 und 5 (siehe Diagr.20).

<sup>3)</sup> Standardabweichung



**Diagramm 19:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm – 4 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle im Stadion Traiskirchen. Gemessen am: 16.07.2012 und 26.09.2012

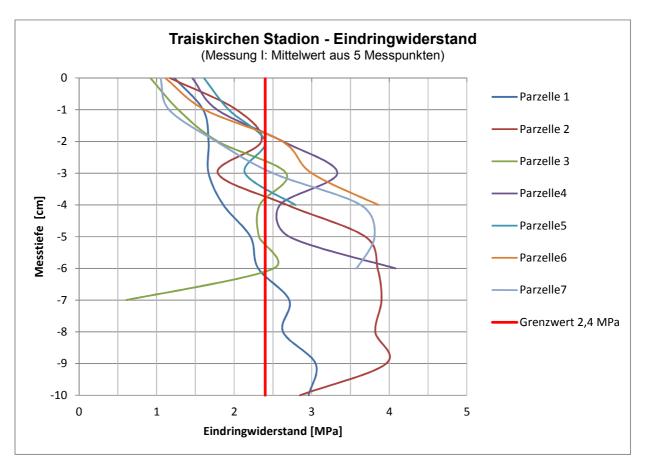


**Diagramm 20:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm – 8 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle im Stadion Traiskirchen. Gemessen am: 16.07.2012 und 26.09.2012

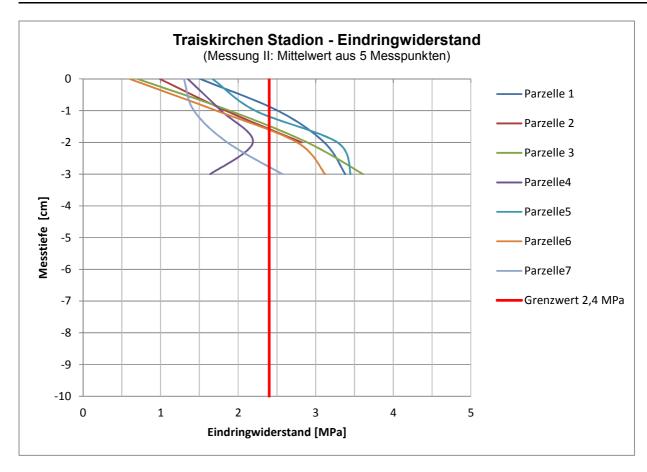
# 5.4.2 Eindringwiderstand (Bodendichte)

In der Messung I ist erkennbar, dass der Eindringwiderstand der Parzellen 2, 3, 4, 5, 6 und 7 die 2,4 MPa zwischen 2 und 4 cm Bodentiefe überschreitet. Parzelle 1 erst bei 6,5 cm. Lediglich in Parzelle 3 liegen die Messwerte wieder im durchwurzelbaren Bereich unter 2,4 MPa (siehe Diagr.21).

Bei der Messung II sieht man, dass keine große Messtiefe erreicht werden konnte. Unter 2,4 MPa blieben die Messungen der Parzellen 4 und 7. Der kritische Wert von 2,4 MPa wurde von den restlichen Parzellen-Messergebnissen zwischen 1 und 2 cm Bodentiefe überschritten (siehe Diagr.22).



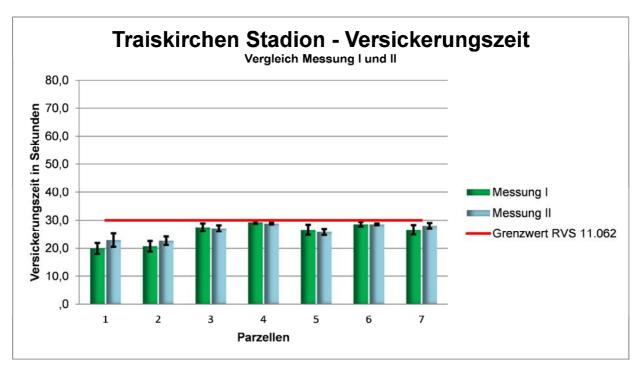
**Diagramm 21:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, im Stadion Traiskirchen. Gemessen am: 16.07.2012



**Diagramm 22:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, im Stadion Traiskirchen. Gemessen am: 26.09.2012

### 5.4.3 Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit

Im Stadion Traiskirchen lagen die Messwerte, insbesondere in der Parzelle 4 (Torraum) und 6 (Mittelfeld), ganz nahe am Grenzwert. Der Durchlässigkeitsbeiwert lag im Bereich "mittel durchlässig". Die Messergebnisse beider Messungen waren nach PREGL (1999) ausgeglichen (siehe Diagr.23).



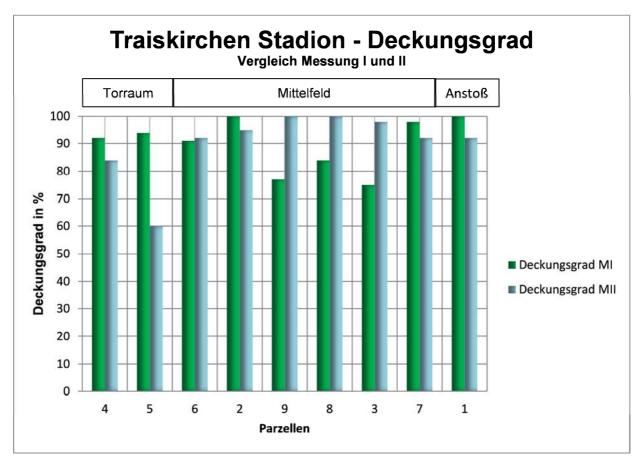
**Diagramm 23:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig (PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle im Stadion Traiskirchen. Gemessen am: 16.07.2012 und 26.09.2012

### 5.4.4 Deckungsgrad

Der geforderte Normwert [DIN 18035-4, 2012] wurde in der Messung I erreicht. Auffällig war, dass im Torraum (Parzellen 4 und 5) und im Anstoßkreis (Parzelle 1) der Messwert II im September unter dem Juli-Wert (Messung I) lag (siehe Diagr.24). Im Mittelfeld haben die Regenerationsmaßnahmen eher gegriffen als im Tor- und Anstoßbereich.

Im Stadion Traiskirchen wurden ebenfalls Anteile an Beikräutern auf dem gesamten Fußballplatz festgestellt. Da die Platzpflege auch durch Mitarbeiter der Stadtgemeinde Traiskirchen erfolgt, dürfte dem spontanen Aufkommen von Beikräutern und deren Bekämpfung keine große Bedeutung zukommen.

Sowohl in Messung I als auch in Messung II wurde ein Deckungsgrad von 90% festgestellt, dabei gab es in beiden Messungen einen Anteil von 51% an *Lolium perenne. Poa pratensis* kam in Messung I zu 25% und in Messung II zu 27% vor. Der Anteil von *Festuca rubra* war in Messung I mit 10% und in Messung II 9%. *Trifolium repens* kam in Messung I zu 4% und in Messung II zu 3% vor.



**Diagramm 24:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Traiskirchen Stadion. Vergleich der Messung I und II Gemessen am: 16.07.2012 und 26.09.2012

### 5.4.5 Bodenaufbau

Am Standort Traiskirchen Stadion konnte der Bodenbohrer 40 cm in den Boden eingeschlagen werden. Die sieben Erdbohrungen, verteilt über das Spielfeld, wiesen in sich einen homogenen Bodenaufbau auf.

Das Bodenprofil wies 2 verschiedene Horizonte auf. Von 0 cm bis 23 cm war eine Humusschicht erkennbar, die jedoch augenscheinlich keine Anteile von Sand beinhaltete. Von 23 cm bis 40 cm Bodentiefe kam "anlehmiger Sand" vor, der beim Reiben weder bindig noch klebrig war, jedoch in den Hautrillen liegen blieb (siehe Abb.40).



**Abbildung 40:** Bodenprofil (0 cm – 40 cm) Traiskirchen Stadion, Parzelle 2, September 2012

# 5.5 Traiskirchen Trainingsplatz

In Tabelle 7 sind alle ermittelten Messergebnisse für den Trainingsplatz Traiskirchen zusammengefasst.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Messergebnisse in Traiskirchen Trainingsplatz, Juli/ September 2012

Parzellen 1)		1	2	3	4	5	6	7	MW <sup>2)</sup>	S <sup>3)</sup>
Scherfestigkeit		kN/m <sup>2</sup>								
Oberfläche	Juli	22,33	24,33	22,33	25,17	23,67	31,17	25,17	24,88	6,16
	Sept.	28,33	23,17	33,67	38,33	31,50	22,00	26,83	29,12	7,54
Boden	Juli	27,17	22,17	23,17	27,17	25,67	26,00	23,67	25,00	5,42
	Sept.	23,00	21,50	24,33	31,17	28,83	25,17	29,17	26,17	5,77
		MPa								
Eindringwiderstand	Juli	2,69	2,63	2,89	3,30	2,96	3,05	2,85	2,91	1,23
	Sept.	3,11	2,03	2,99	3,41	3,71	2,14	2,60	2,86	1,10
		Sek.								
Versickerungszeit	Juli	28,55	29,12	29,68	29,24	28,82	28,30	28,81	28,93	0,88
	Sept.	28,93	28,76	28,65	27,86	29,52	28,96	28,19	28,70	0,80

Parzellen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	MW <sup>2)</sup>
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Deckungsgrad	Juli	92	95	98	84	60	92	92	100	100	90
	Sept.	86	94	81	45	71	90	89	89	90	82

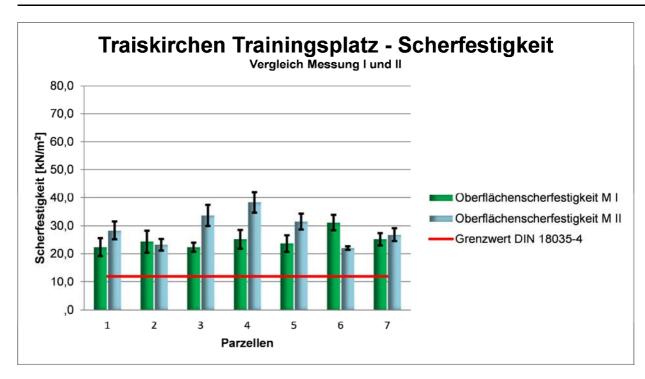
<sup>1)</sup> Mittelwert aus den Messpunkten der Parzellen; 2) Mittelwert aus den Parzellen-Mittelwerten

# 5.5.1 Scherfestigkeit

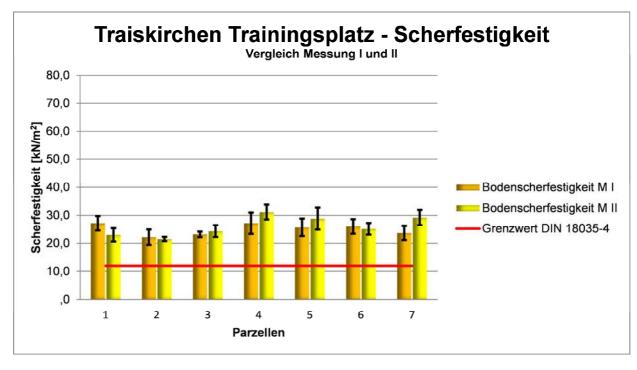
Die Oberflächenscherfestigkeitswerte waren in beiden Messungen relativ ausgeglichen, wobei die Messwerte der Messung II, entgegen den anderen Messergebissen durchschnittlich höher waren (siehe Diagr.25).

Das gleiche Bild zeigte sich bei der Bodenscherfestigkeit. Auch hier waren die Messwerte beider Messungen annähernd auf gleichem Niveau (siehe Diagr.26).

<sup>3)</sup> Standardabweichung



**Diagramm 25:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm – 4 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Traiskirchen Trainingsplatz. Gemessen am: 16.07.2012 und 28.09.2012

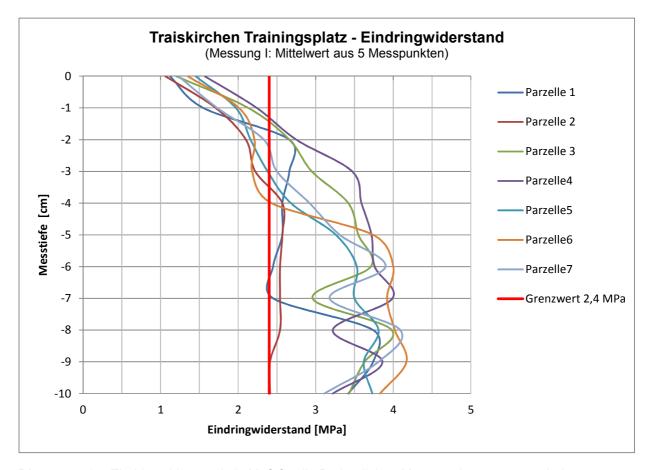


**Diagramm 26:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm - 8 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Traiskirchen Trainingsplatz. Gemessen am: 16.07.2012 und 28.09.2012

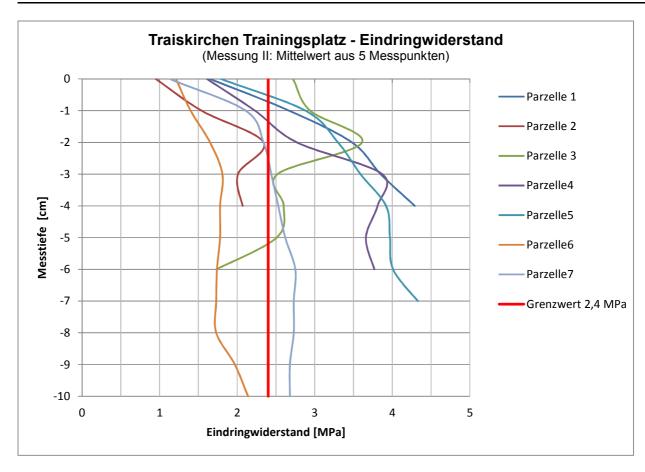
# 5.5.2 Eindringwiderstand (Bodendichte)

Am Trainingsplatz in Traiskirchen überschritten bei der Messung I die Messergebnisse aller Parzellen zwischen 1,5 und 4 cm Bodentiefe den Wert von 2,4 MPa. Die Messwerte der Parzelle 2 waren ab 4 cm Tiefe immer knapp über oder unter dem Grenzwert. Die Messergebnisse der Parzelle 1 (zwischen 5,5 und 7 cm) und die der Parzelle 2 (ab 8,5 cm) kehrten in den durchwurzelbaren Bereich zurück (siehe Diagr.27).

Messung II zeigte in Parzelle 2 und 6 bei allen Messtiefen Werte unter 2,4 MPa. In allen anderen Parzellen wurde der Grenzwert von 2,4 MPa zwischen 0,5 und 4 cm Bodentiefe überschritten. Die Messwerte der Parzelle 3 kehrten in den durchwurzelbaren Bereich ab 5 cm Bodentiefe zurück (siehe Diagr.28).



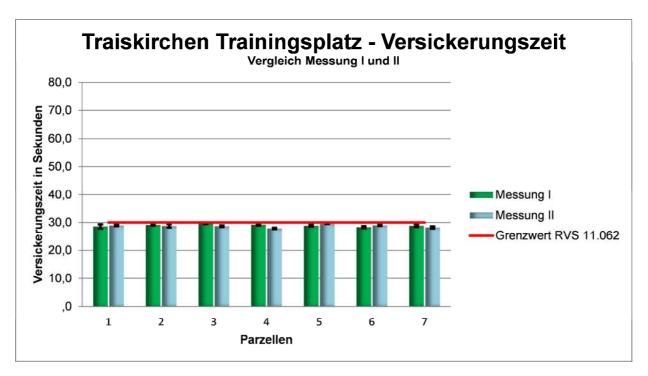
**Diagramm 27:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Traiskirchen Trainingsplatz. Gemessen am: 16.07.2012



**Diagramm 28:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Traiskirchen Trainingsplatz. Gemessen am: 28.09.2012

### 5.5.3 Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit

In allen Parzellen des Trainingsplatzes Traiskirchen lag die Versickerungszeit sehr nah am Grenzwert von 30 Sekunden. Der Durchlässigkeitsbeiwert lag nach PREGL (1999) im Bereich "mittel durchlässig" (siehe Diagr.29).



**Diagramm 29:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig (PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle in Traiskirchen Trainingsplatz. Gemessen am: 16.07.2012 und 28.09.2012

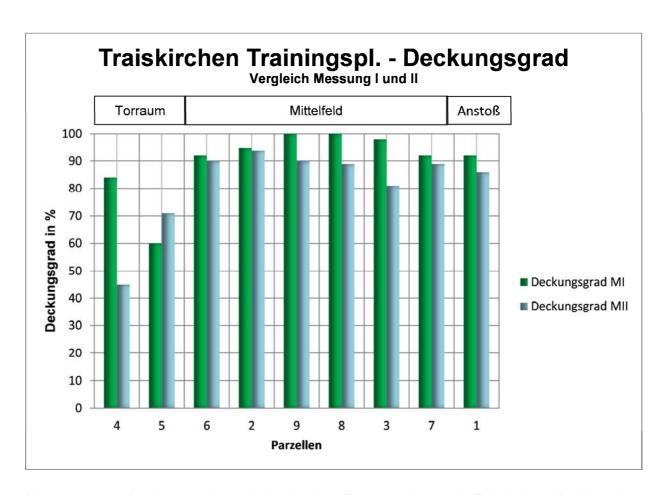
### 5.5.4 Deckungsgrad

Die in der DIN 18035-4 (2012) geforderte Bodendeckung wurde in der Messung I (Juli) erreicht. Überraschend war, dass die Ergebnisse der Messung II (September) in allen Parzellen, Ausnahme Parzelle 4, niedriger lagen als im Juli (siehe Diagr.30). Die in der DIN 18035-4 (2012) geforderte projektive Bodendeckung wurde nicht erreicht. Dies lässt den Schluss zu, dass im Sommer keine ausreichende Rasenpflege betrieben wurde.

Das spontane Aufkommen von Beikräutern ist am Trainingsplatz vergleichbar mit dem Stadion, da beide Plätze nebeneinander liegen. Die Beobachtungen auf beiden Plätzen sind vergleichbar.

Der Deckungsgrad bei Messung I wies 90% auf. Davon waren 17% Lolium perenne, 19% Poa pratensis, 17% Festuca rubra, 25% Trifolium repens und 12% Plantago major.

In Messung II belief sich der Deckungsgrad auf 82%. Davon waren 24% *Lolium* perenne, 15% *Poa pratensis*, 18% *Festuca rubra*, 14% *Trifolium repens* und 11% *Plantago major*.



**Diagramm 30:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Traiskirchen Trainingsplatz. Vergleich der Messung I und II Gemessen am: 16.07.2012 und 28.09.2012

#### 5.5.5 Bodenaufbau

Am Standort Traiskirchen Trainingsplatz konnte der Bodenbohrer 39 cm in den Boden eingeschlagen werden. Die sieben Erdbohrungen, verteilt über das Spielfeld, wiesen in sich einen homogenen Bodenaufbau auf.

Das Bodenprofil zeigte 2 verschiedene Horizonte auf. Von 0 cm bis 11 cm war eine Humusschicht erkennbar, die jedoch augenscheinlich keine Anteile von Sand beinhaltete. Von 11 cm bis 39 cm Bodentiefe war ein "sandiger Lehm" feststellbar, der bis Bleistiftstärke ausrollbar war und deutlich knirschte (siehe Abb.41).



Abbildung 41: Bodenprofil (0 cm – 40 cm) Traiskirchen Trainingsplatz, Parzelle 6, September 2012

# 5.6 Mödling

In Tabelle 8 sind alle ermittelten Messergebnisse für das Stadion Mödling zusammengefasst.

Tabelle 8: Zusammenfassung der Messergebnisse in Mödling, Juli/ September 2012

Parzellen 1)		1	2	3	4	5	6	7	MW <sup>2)</sup>	S <sup>3)</sup>
Scherfestigkeit		kN/m <sup>2</sup>								
Oberfläche	Juli	59,17	35,67	54,00	42,67	58,33	37,50	45,50	47,55	12,66
	Sept.	22,00	23,67	29,17	21,67	30,17	33,17	22,17	26,00	7,18
Boden	Juli	71,50	33,50	61,17	33,17	53,67	34,83	42,00	47,12	16,74
	Sept.	20,83	29,50	24,33	15,67	24,83	26,83	21,17	23,31	6,25
		MPa								
Eindringwiderstand	Juli	3,13	2,77	2,00	3,02	2,17	2,09	1,96	2,45	0,94
	Sept.	2,38	2,12	2,13	2,92	2,78	2,05	2,52	2,41	0,72
		Sek.								
Versickerungszeit	Juli	25,55	28,95	27,38	21,72	17,56	26,15	25,02	24,62	4,82
	Sept.	27,73	29,32	26,88	22,74	25,89	25,92	27,94	26,63	2,91

Parzellen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	MW <sup>2)</sup>
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Deckungsgrad	Juli	52	38	92	89	46	97	95	90	96	77
	Sept.	15	80	90	84	54	84	93	98	99	77

<sup>1)</sup> Mittelwert aus den Messpunkten der Parzellen; 2) Mittelwert aus den Parzellen-Mittelwerten

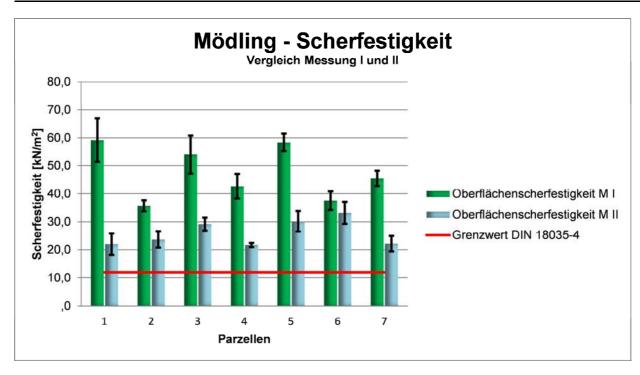
# 5.6.1 Scherfestigkeit

Die Oberflächenscherfestigkeitswerte wichen in der Messung I und II signifikant voneinander ab. Hohe Werte im Juli (Messung I) mit einer hohen Standardabweichung in den Parzellen 1 und 3 (siehe Diagr.31).

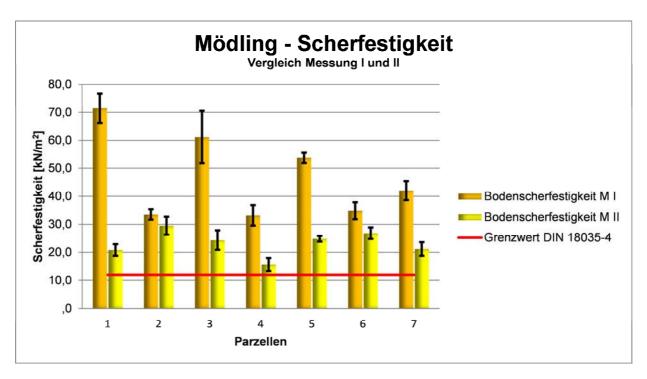
Auch bei den Bodenscherfestigkeitswerten zeigten sich gravierende Abweichungen zwischen der Messung I und II. Hohe Werte im Juli (Messung I) und deutlich niedrigere Werte im September (Messung II). Die hohe Standardabweichung in Parzelle 3 wiederholte sich (siehe Diagr.32).

Dies weist auf Bodenlockerungsmaßnahmen in der Sommerpause hin.

<sup>3)</sup> Standardabweichung



**Diagramm 31:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm - 4 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Mödling. Gemessen am: 24.07.2012 und 27.09.2012

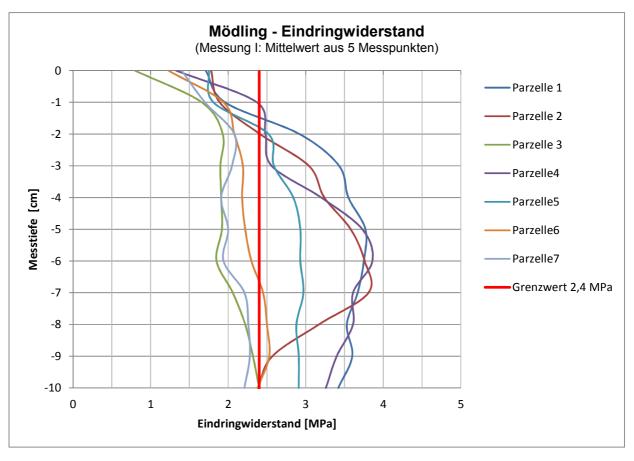


**Diagramm 32:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm - 8 cm), Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Mödling. Gemessen am: 24.07.2012 und 27.09.2012

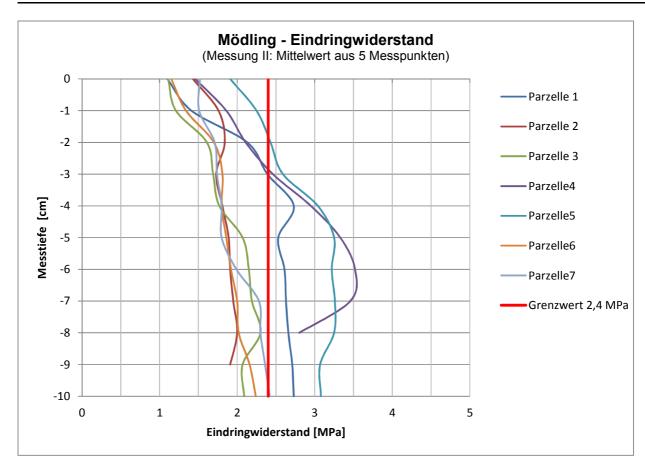
# 5.6.2 Eindringwiderstand (Bodendichte)

Ein heterogenes Bild zeigten die Ergebnisse der Messung I. Die Parzellen 3, 6 und 7 waren durchgängig unter oder nahe am Grenzwert von 2,4 MPa. Die Messwerte der Parzelle 2 erreichten ab 9,5 cm Bodentiefe wieder den durchwurzelbaren Bereich. Alle anderen Parzellen-Messergebnisse überschritten den Grenzwert zwischen 1,5 und 10 cm Bodentiefe sehr deutlich (siehe Diagr.33).

Ein ähnliches aber nicht so ausgeprägtes Bild zeigten die Ergebnisse der Messung II. Dauerhaft im durchwurzelbaren Bereich waren die Messergebnisse der Parzellen 2, 3, 6 und 7. Die Messwerte der Parzellen 1 und 4 überschritten den kritischen Wert von 2,4 MPa knapp unter 3 cm Bodentiefe, in Parzelle 5 bei 2,5 cm (siehe Diagr.34).



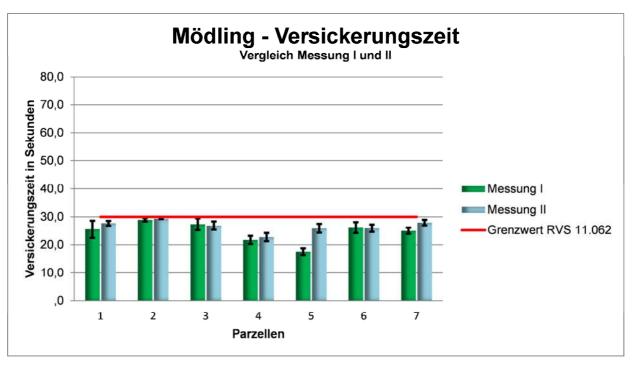
**Diagramm 33:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Mödling. Gemessen am: 24.07.2012



**Diagramm 34:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II, gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Mödling. Gemessen am: 27.09.2012

### 5.6.3 Versickerungszeit und Wasserdurchlässigkeit

Die Messwerte in Parzelle 4 zeigten insbesondere in der Messung I eine gute Versickerungszeit. In der Parzelle 2 lagen die durchschnittlichen Versickerungszeiten nahe am Grenzwert. Die Messergebnisse der Parzellen 2, 3 und 6 waren in beiden Messungen sehr ausgeglichen. Der Durchlässigkeitsbeiwert lag nach PREGL (1999) im Bereich "mittel durchlässig" (siehe Diagr.35).



**Diagramm 35:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig (PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle in Mödling. Gemessen am: 24.07.2012 und 27.09.2012

### 5.6.4 Deckungsgrad

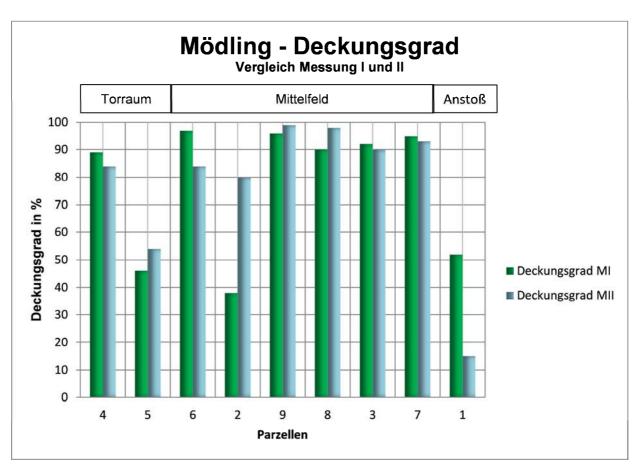
Das Stadion in Mödling erfüllte die geforderten Werte der DIN 18035-4, 2012 in beiden Messungen nur im Mittelfeld (ausgenommen Parzelle 2). In 4 Parzellen lagen die Ergebnisse der Messung II unter denen der Messung I. Ein sehr starkes Absinken zwischen Messung I und II war im Anstoßkreis zu beobachten (siehe Diagr.36).

Die Analyse der Frequenzrahmenergebnisse hat bestätigt, dass in Parzellen mit geringerem Deckungsgrad der Anteil an Beikräutern höher war als in Parzellen mit höherem Deckungsgrad.

Der Deckungsgrad des Fußballplatzes Mödling weist bei beiden Messungen einen Deckungsgrad von 77% auf.

In Messung I setzt sich dieser aus 27% Lolium perenne, 23% Poa pratensis, 16% Festuca rubra, 10% Trifolium repens und 1% Plantago major zusammen.

In Messung II sind *Lolium perenne* zu 28%, *Poa pratensis* zu 26%, *Festuca rubra zu* 15% und *Trifolium repens* zu 8% vorhanden.



**Diagramm 36:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Mödling. Vergleich der Messung I und II Gemessen am: 24.07.2012 und 27.09.2012

### 5.6.5 Bodenaufbau

Am Standort Mödling konnte der Bodenbohrer 47 cm in den Boden eingeschlagen werden. Die sieben Erdbohrungen, verteilt über das Spielfeld, wiesen in sich einen homogenen Bodenaufbau auf.

Das Bodenprofil wies 2 verschiedene Horizonte auf. Von 0 cm bis 17 cm war eine Humusschicht erkennbar, die augenscheinlich geringe Anteile von Sand beinhaltete. Von 17 cm bis 47 cm Bodentiefe kam ein "anlehmiger Sand" vor, der beim Reiben weder bindig noch klebrig erschien, jedoch in den Hautrillen liegen blieb. (siehe Abb.42).



Abbildung 42: Bodenprofil (0 cm – 47 cm) Mödling, Parzelle 4, September 2012

# 6. Diskussion und Vergleich der Ergebnisse

# 6.1 Scherfestigkeit

Die Messungen im Rahmen dieser Masterarbeit erfolgten in den Monaten Juli und September 2012. Es handelte sich also um zwei Zeitpunkte, die in einen Sommerbzw. Spätsommerzeitraum fielen. Messungen in Perioden mit Schnee und Regen konnten somit nicht analysiert werden. Ebenso ist ein Mehrjahresvergleich nicht Gegenstand dieser Masterarbeit. Unter diesen Randbedingungen versuche ich die Ergebnisse zu bewerten und zu beurteilen.

Die Messergebnisse wurden mit den jeweiligen Grenzwerten betreffenden Normen oder den Ergebnissen von Feldversuchen verglichen und bewertet. Bei den Normwerten handelt es sich um Laborwerte, die mit Freilandmessungen verglichen werden. Abweichungen sind somit zu erwarten, die jedoch verwertbare Aussagen zulassen und Argumente für Maßnahmen auf den Fußballplätzen geben.

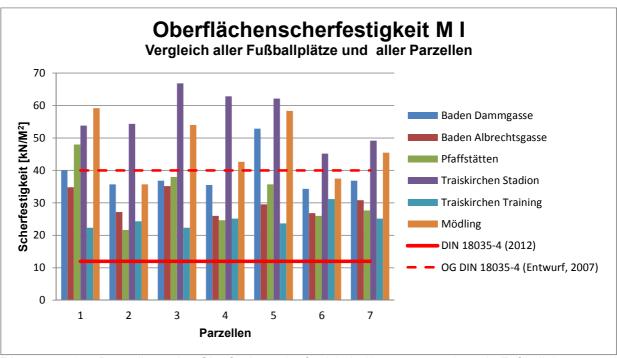
# Entsprechen die Messwerte der Scherfestigkeit auf den Fußballplätzen der DIN 18035-4(2012)?

Bei den Mittelwerten pro Parzelle handelt es sich um Mittelwerte aus 6 Messpunkten. Vor deren Vergleich mit dem Normwert, wurde die Standardabweichung [s] der Mittelwerte untersucht und bewertet. Die Standardabweichung gibt die Streubreite, also die durchschnittliche Entfernung vom Mittelwert in kN/m² an (Statista - Das Statistik Portal). Die ermittelten Standardabweichungen (Tabellen 9 und 10) befanden sich im zulässigen Bereich für die folgende Analyse.

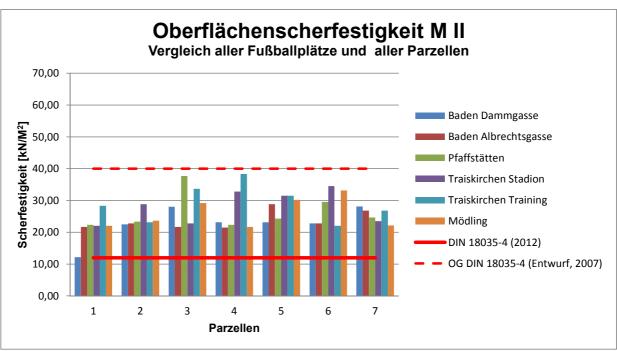
Diagramm 37 und 38 zeigen die Mittelwerte der Oberflächenscherfestigkeit, Messung I und II, mit einer Messtiefe zwischen 0 cm und 4 cm, und Diagramm 39 und 40 die Mittelwerte der Bodenscherfestigkeit der Messung I und Messung II mit einer Messtiefe zwischen 4 cm und 8 cm der Parzellen auf jedem Fußballplatz. Wobei Baden Dammgasse "dunkelblau", Baden Albrechtsgasse "rot", Pfaffstätten "grün", Traiskirchen Stadion "lila", Traiskirchen Trainingsplatz blau" und Mödling "ocker" dargestellt sind. In die Grafik ist der in der DIN 18035-4 (2012) geforderte Mindestwert von 12 kN/m² als Linie eingezeichnet. Der gemessene Höchstwert der Oberflächenscherfestigkeit in der Messung I überstieg den Normwert um das 4,5

Fache (Stadion Traiskirchen, Parzelle 3) und in der Messung II um das 2,1 Fache (Traiskirchen Trainingsplatz, Parzelle 4). Der gemessene Tiefstwert der Messung I überstieg den Normwert um ~81% (Pfaffstätten, Parzelle 2) und in der Messung II um ~1% (Baden Dammgasse, Parzelle 1). Somit kann festgestellt werden, dass die Messwerte der Oberflächenscherfestigkeit dem derzeit gültigen Normwert entsprechen. Wobei in der derzeitig gültigen DIN 18035-4 (2012) keine Obergrenze angegeben ist. In der DIN 18035-4 (Entwurf, 2007) wird noch auf die Obergrenze von 40 kN/m<sup>2</sup> verwiesen. Betrachtet man die Oberflächenscherfestigkeit der Messung I und der Messung II in Hinsicht auf die Obergrenze 40 kN/m<sup>2</sup>, wird ersichtlich, dass sich die Werte von Messung I zu Messung II deutlich verbessern (siehe Diagr. 37 und 38).

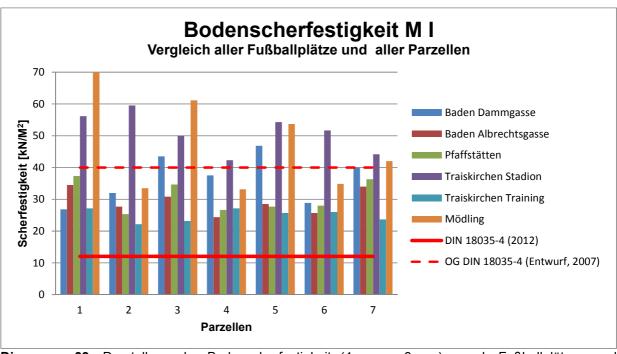
Die Bodenscherfestigkeit zeigt ähnliche Ergebnisse. Der gemessene Höchstwert der Messung I überstieg den Normwert um das 4,9 Fache (Mödling, Parzelle 1) und in der Messung II um das 1,6 Fache (Traiskirchen Trainingsplatz, Parzelle 4). Der Tiefstwert der Messung I überstieg den Normwert um ~85% (Traiskirchen Trainingsplatz, Parzelle 2) und in Messung II um ~14% (Baden Dammgasse, Parzelle 1). Somit kann festgestellt werden, dass die Messwerte der Bodenscherfestigkeit dem derzeit gültigen Normwert entsprechen. Nimmt man die Obergrenze 40 kN/m² aus der DIN 18035-4 (Entwurf, 2007) als Vergleich, hat sich die Bodenscherfestigkeit von Messung I zu Messung II deutlich verbessert (siehe Diagr. 39 und 40).



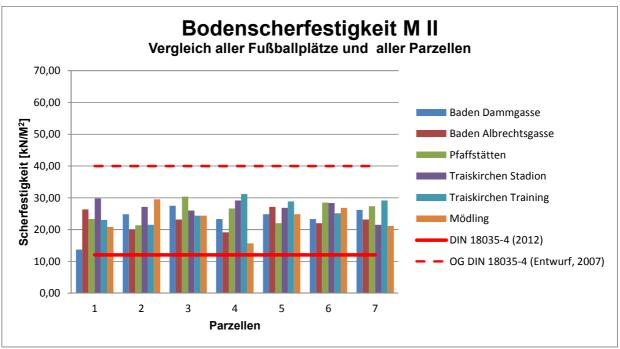
**Diagramm 37:** Darstellung der Oberflächenscherfestigkeit (0 cm - 4 cm) nach Fußballplätzen und Messparzellen, Messung I, Juli 2012



**Diagramm 38:** Darstellung der Oberflächenscherfestigkeit (0 cm – 4 cm) nach Fußballplätzen und Messparzellen, Messung II, September 2012



**Diagramm 39:** Darstellung der Bodenscherfestigkeit (4 cm – 8 cm) nach Fußballplätzen und Messparzellen, Messung I, Juli 2012



**Diagramm 40:** Darstellung der Bodenscherfestigkeit (4 cm – 8 cm) nach Fußballplätzen und Messparzellen, Messung II, September 2012

**Tabelle 9:** Standardabweichung: Oberflächenscherfestigkeit (0 cm - 4 cm) Messung I und II, aus 7 Messpunkten pro Parzelle und 6 Sportplätzen

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7		
Standardabw.	S	S	S	S	S	S	S		
Baden Stadion, Dammgasse									
Messung I	8,29	6,98	6,77	9,42	9,85	3,44	6,88		
Messung II	2,23	4,97	1,79	4,12	2,71	3,71	7,86		
		Ba	den Albrech	itsgasse					
Messung I	4,12	4,67	9,00	7,59	2,35	5,31	2,04		
Messung II	1,51	2,71	5,57	4,46	3,49	5,15	7,86		
Pfaffstätten									
Messung I	5,22	2,34	5,80	4,68	10,54	4,56	9,67		
Messung II	2,34	2,73	11,20	2,34	3,88	7,09	4,13		
		Tı	aiskirchen 🤄	Stadion					
Messung I	13,33	10,91	9,85	17,09	15,80	14,12	19,54		
Messung II	7,69	7,11	6,52	8,45	4,97	7,42	1,52		
		Trais	kirchen Trai	iningsplatz					
Messung I	6,38	7,94	3,20	6,77	5,99	5,46	4,49		
Messung II	6,50	4,12	7,42	7,31	5,58	1,26	4,67		
Mödling									
Messung I	15,63	3,88	13,68	8,82	6,38	6,63	5,43		
Messung II	7,69	5,85	4,67	1,51	7,33	7,76	5,53		

**Tabelle 10:** Standardabweichung: Bodenscherfestigkeit (4 cm - 8 cm) Messung I und II, aus 7 Messpunkten pro Parzelle und 6 Sportplätzen

Parzelle	1	2	3	4	5	6	7		
Standardabw.	S	S	S	S	S	S	S		
Baden Stadion, Dammgasse									
Messung I	5,00	5,06	11,48	11,27	13,78	7,11	7,80		
Messung II	4,46	6,77	6,38	5,47	2,99	3,27	4,02		
		Bade	en Albrechts	sgassse					
Messung I	6,32	5,57	8,06	4,27	2,35	4,63	5,06		
Messung II	7,74	3,10	5,15	1,60	3,71	2,53	2,99		
Pfaffstätten									
Messung I	6,41	5,47	7,76	5,16	5,85	5,66	16,37		
Messung II	2,42	3,27	7,53	2,73	3,58	5,65	7,76		
		Tra	aiskirchen S	tadion					
Messung I	20,28	5,86	23,05	10,84	17,22	4,97	15,34		
Messung II	5,81	6,77	4,90	5,88	2,99	4,46	1,52		
		Traisk	irchen Trair	ningsplatz					
Messung I	5,15	5,53	2,04	7,65	6,25	5,22	5,13		
Messung II	4,82	1,52	4,27	5,31	7,86	4,12	5,46		
Mödling									
Messung I	10,62	3,67	18,79	7,22	3,67	6,01	6,81		
Messung II	4,12	6,38	6,98	4,63	2,04	4,12	4,83		

# Gibt es Unterschiede bei der Scherfestigkeit in Bezug auf die Belastungszonen des Spielfeldes?

Die Spielflächen eines Fußballfeldes unterliegen durch den Spiel- und Trainingsbetrieb unterschiedlichen Belastungen. In Anlehnung an Harald Nonn (1988) und Barbara Holzinger (2011) wurden die Fußballplätze in:

- Stark belastete Zonen (Strafraum, Anstoßkreis) und
- Schwach belastete Zonen (Mittelfeld)

unterteilt. Die Parzellen wurden in beiden Spielhälften eingemessen (siehe Abb. 25), sodass die Nutzung der Fußballplätze durch Liga-Spiele, Training usw. bei den Messergebnissen berücksichtigt ist.

Die stark belasteten Zonen umfassten 3 Parzellen und die schwach belasteten Zonen 4 Parzellen. Damit die Analyse eine gleiche Anzahl an Parzellen aufweist, wurden die Scherfestigkeitswerte der Parzelle 6 und 7 zu einem Wert zusammengefasst.

Damit Unterschiede zwischen den Belastungszonen erkennbar werden, wurde der Zweistichproben-t-Test angewendet. Der Zweistichproben-t-Test (Signifikanztest) prüft, ob die Mittelwerte zweier Grundgesamtheiten gleich sind <a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Zweistichproben-t-Test">http://de.wikipedia.org/wiki/Zweistichproben-t-Test</a>, 14.11.13). Zur Formulierung der Nullhypothese (H<sub>0</sub>) wurde das Signifikanzniveau auf  $\alpha$  = 0,05 festgelegt (Holzinger, B; 2011), d.h. ist  $\alpha$ <0,05 wird die Nullhypothese abgelehnt und wenn  $\alpha$ >0,05 ist, wird die Nullhypothese angenommen. Wird die Nullhypothese angenommen, gibt es keine Unterschiede zwischen den Belastungszonen. Für die statistischen Auswertungen wurde die Datenanalyse von MS EXCEL 2010<sup>®</sup> verwendet.

Erwartet wurde, dass sich Unterschiede zwischen stark und schwach belasteten Zonen zeigen. Diese Erwartung war durch die Ergebnisse des Zweistichproben-t-Tests nur teilweise erfüllt und zwar bei der Oberflächenscherfestigkeit Messung I (Tabelle 11) in Baden Dammgasse, Pfaffstätten und Mödling. Bei allen anderen Sportstätten konnte kein Unterschied zwischen den beiden Belastungszonen festgestellt werden. Bei der Messung II (Tabelle12) wiesen ebenfalls drei Fußballplätze Unterschiede zwischen den Belastungszonen auf: Baden Dammgasse, Pfaffstätten und Traiskirchen Trainingsplatz.

Ein Vergleich beider Messungen der Oberflächenscherfestigkeit zeigt, dass sich in zwei Fällen die Aussagen der Nullhypothese der Messung I in der Messung II nicht wiederholen: In Traiskirchen Trainingsplatz sind in der Messung I keine Unterschiede bei den Belastungszonen erkennbar, jedoch in der Messung II. In Mödling werden Belastungsunterschiede in der Messung I erkennbar, die sich aber in der Messung II nicht wiederholen. Abschließend kann festgestellt werden, dass die Ergebnisse des Zweistichproben-t-Tests bei der Oberflächenscherfestigkeit keinen eindeutigen Beweis für Scherfestigkeitsunterschiede in den zwei Belastungszonen des Spielfeldes ergeben.

Die Ergebnisse des Zweistichproben-t-Tests bei der Bodenscherfestigkeit zeigen in der Messung I keinen Unterschied zwischen den definierten Belastungszonen (Tabelle 13). In der Messung II (Tabelle 14) ändert sich das Ergebnis in zwei Fällen: Baden Dammgasse und Mödling. In beiden Fällen sind Unterschiede bei der Messung II in den Belastungszonen erkennbar. In Baden Dammgasse ist die Reduktion des P(T)-Wertes in der Messung II gravierend. Auch hier kann abschließend festgestellt werden. dass die Ergebnisse des Zweistichproben-t-Tests bei der Bodenscherfestigkeit keinen eindeutigen Beweis für Scherfestigkeitsunterschiede in den zwei definierten Belastungszonen des Spielfeldes ergeben.

Es lässt sich nur vermuten, dass Pflegemaßnahmen in den stark belasteten Zonen die Ursache hierfür sein können.

**Tabelle 11:** Zweistichproben-t-Test von Scherfestigkeitsmittelwerten in stark- und schwach belasteten Bereichen, Messtiefe: 0 cm bis 4 cm (Oberfläche), Messung I, Juli 2012

Platz	P(T) zweiseitig	Nullhypothese (H₀)
Baden Dammgasse	0,035486166	H <sub>0</sub> wird abgelehnt
Baden Albrechtsgasse	0,897440048	H <sub>0</sub> wird angenommen
Pfaffstätten	0,043400265	H <sub>0</sub> wird abgelehnt
Traiskirchen Stadion	0,483943832	H <sub>0</sub> wird angenommen
Traiskirchen Trainingsplatz	0,539289559	H <sub>0</sub> wird angenommen
Mödling	0,022391001	H <sub>0</sub> wird abgelehnt

**Tabelle 12:** Zweistichproben-t-Test von Scherfestigkeitsmittelwerten in stark- und schwach belasteten Bereichen, Messtiefe: 0 cm bis 4 cm (Oberfläche), Messung II, September 2012

Platz	P(T) zweiseitig	Nullhypothese (H₀)
Baden Dammgasse	0,001875312	H <sub>0</sub> wird abgelehnt
Baden Albrechtsgasse	0,545427885	H <sub>0</sub> wird angenommen
Pfaffstätten	0,009519807	H <sub>0</sub> wird abgelehnt
Traiskirchen Stadion	0,451711776	H <sub>0</sub> wird angenommen
Traiskirchen Trainingsplatz	0,024139131	H <sub>0</sub> wird abgelehnt
Mödling	0,311902644	H <sub>0</sub> wird angenommen

**Tabelle 13:** Zweistichproben-t-Test von Scherfestigkeitsmittelwerten in stark- und schwach belasteten Bereichen, Messtiefe: 4 cm bis 8 cm (Boden), Messung I, Juli 2012

Platz	P(T) zweiseitig	Nullhypothese (H₀)
Baden Dammgasse	0,918357177	H <sub>0</sub> wird angenommen
Baden Albrechtsgasse	0,868737561	H <sub>0</sub> wird angenommen
Pfaffstätten	0,948911248	H <sub>0</sub> wird angenommen
Traiskirchen Stadion	0,770352589	H <sub>0</sub> wird angenommen
Traiskirchen Trainingsplatz	0,066456568	H <sub>0</sub> wird angenommen
Mödling	0,147123502	H <sub>0</sub> wird angenommen

**Tabelle 14:** Zweistichproben-t-Test von Scherfestigkeitsmittelwerten in stark- und schwach belasteten Bereichen, Messtiefe: 4 cm bis 8 cm (Boden), Messung II, September 2012

Platz	P(T) zweiseitig	Nullhypothese (H₀)
Baden Dammgasse	0,015776391	H <sub>0</sub> wird abgelehnt
Baden Albrechtsgasse	0,1801172	H <sub>0</sub> wird angenommen
Pfaffstätten	0,150476264	H <sub>0</sub> wird angenommen
Traiskirchen Stadion	0,123070432	H <sub>0</sub> wird angenommen
Traiskirchen Trainingsplatz	0,074958981	H <sub>0</sub> wird angenommen
Mödling	0,005670398	H <sub>0</sub> wird abgelehnt

# 6.2 Eindringwiderstand (Bodendichte)

Die Bodendichte, gemessen mit dem Penetrologger, liefert elektronisch erfasste exakte Messwerte. Diese Messwerte lagen auf den untersuchten Fußballplätzen und in der gewählten Messperiode tendenziell hoch und überschritten den Grenzwert von 2,4 MPa (LIEBHARD et al. 1995) häufig. Der grafische Messverlauf ist im Detail den Diagrammen im Kapitel 5 zu entnehmen. Auffällig bei den Messungen im Juli und September 2012 war, dass in der Messung II (September 2012) die Messtiefen der Messung I (Juli 2012) oftmals nicht erreicht werden konnten.

Die Auswertung der Messwerte zeigt, dass sich die Mittelwerte pro Sportplatz vorwiegend im Bereich "schwer durchwurzelbar" (LIEBHARD et al. 1995) befinden und zwar zu beiden Messzeitpunkten. Zwei Messwerte bei der Messung I (Traiskirchen Trainingsplatz und Mödling) und drei Messwerte der Messung II (Baden Albrechtsgasse; Pfaffstätten und Traiskirchen Trainigsplatz) befinden sich sogar im Bereich "starke Verdichtungsschäden" (LIEBHARD et al. 1995). Zusätzlich zu den Mittelwerten pro Fußballplatz sind in den Tabellen 16 und 17 noch der Höchstwert und der niedrigste Wert der Messung angegeben. Diese Information soll das Bild über den hohen Wert der Bodenverdichtung noch ergänzen. Die Standardabweichung als Maß der Streuung um den Mittelwert (MÜLLER, 1980) zeigt keine Auffälligkeiten (Tabellen 15 bis 17).

**Tabelle 15:** Pflanzenphysiologisch wirksame Wertebereiche nach LIEBHARD et al. (1995) und eigene Umrechnung von bar auf MPa

Bezeichnung	Bar		MF	⊃a
	von	Bis	von	bis
Locker		3		0,3
Günstig	4	11	0,4	1,1
noch meist durchwurzelbar	12	18	1,2	1,8
schwer durchwurzelbar 1)	19	24	1,9	2,4
starke Verdichtungsschäden	25		2,5	

Für am Standort angebaute Pflanzen: Zuckerrübe, Mais und Weizen

**Tabelle 16:** Bodenverdichtung: Zusammenfassung der Messwerte des Eindringwiderstandes aller Parzellen, Messung I, Juli 2012

	Hoch	Tief	$MW^{1)}$	s <sup>2)</sup>
	MPa	MPa	MPa	MPa
Baden Dammgasse	3,82	0,47	2,12	0,54
Baden Albrechtsgasse	5,13	0,46	2,32	1,57
Pfaffstätten	5,12	0,47	2,40	0,88
Traiskirchen Stadion	5,10	0,12	2,23	0,87
Traiskirchen Trainingsplatz	5,24	0,47	2,91	1,23
Mödling	5,01	0,36	2,45	0,94

<sup>1)</sup> Mittelwert 2) Standardabweichung

**Tabelle 17:** Bodenverdichtung: Zusammenfassung der Messwerte des Eindringwiderstandes aller Parzellen, Messung II, September 2012

	Hoch	Tief	MW <sup>1)</sup>	s <sup>2)</sup>
	MPa	MPa	MPa	MPa
Baden Dammgasse	5,07	0,41	2,23	1,32
Baden Albrechtsgasse	5,81	0,49	2,93	1,46
Pfaffstätten	6,79	0,56	3,00	1,16
Traiskirchen Stadion	4,91	0,48	2,23	1,36
Traiskirchen Trainingsplatz	5,22	0,45	2,86	1,10
Mödling	4,81	0,46	2,41	0,70

<sup>)</sup> Mittelwert <sup>2)</sup> Standardabweichung

Wie schon erwähnt, unterliegen alle untersuchten Fußballplätze einer dauerhaften Beanspruchung und sind somit nicht vergleichbar mit Fußballstadien im Profifußball, wo Pflegemaßnahmen nach jedem Ligaspiel erfolgen und der Trainingsbetrieb auf anderen Plätzen stattfindet. Bodenverbessernde Pflegemaßnahmen, wie z.B. Aerifizieren, sind auf den untersuchten Fußballplätzen nur in der Sommerpause möglich. Die dauerhafte Beanspruchung führt zu Bodenverdichtungen. Dies zeigten Untersuchungen im Versuchsgarten der Universität für Bodenkultur in Essling, Wien (SPREITZER, VENNEWALD, 2013), wo durch wöchentliche Bewalzung und durch die natürliche Entwicklung der Grasnarbe mit ihrem Wurzelsystem die Bodendichte innerhalb von 4 Monaten um 0,5 MPa zunahm.

# Hat die Bodendichte Einfluss auf den Deckungsgrad und den Beikräuterprozentsatz auf den Fußballplätzen?

Der Deckungsgrad als vegetationskundliche Untersuchung (NONN 1988) ist eine optische Beurteilung der Grasnarbe. Die Kriterien zur Bewertung sind in der DIN 18035-4(2012) definiert und fordern, dass 70% der Schätzwerte mindestens eine 90 prozentige projektive Bodendeckung aufweisen müssen. Diesen Wert erfüllten nur die Fußballplätze in Traiskirchen (Trainingsplatz) in der Messung I und Pfaffstätten und Traiskirchen (Stadion) in der Messung II (Tabelle 18).

Die hohen Werte der Bodendichte können auf den Deckungsgrad einen Einfluss haben, müssen es aber nicht. Zum einen handelt es sich hierbei um Momentaufnahmen und zum andern müssten noch weitere Untersuchungen erfolgen, um einen schlüssigen Nachweis für einen Zusammenhang zu erbringen.

Bei der optischen Beurteilung des Beikräuteranteiles konnte *Trifolium repens* und *Plantago major* identifiziert werden. Diese können durch Verbreitung und Zuflug von in der Nachbarschaft liegenden Grünflächen auf das Fußballfeld gelangt sein. Auch hier gilt, dass mit den vorhandenen Messungen und die Beschränkung auf zwei Messperioden kein eindeutiger Nachweis für einen Zusammenhang mit der Bodendichte erbracht werden kann.

**Tabelle 18:** DIN 18035-4, 2012: Anforderungen an den Deckungsgrad nach DIN 18035-4(2012): Sportplatze – Teil 4: Rasenflächen

DIN 18035-4(2012)		
Anforderungsprofil erfüllt:	ΜI	MII
Baden Stadion	nein	nein
Baden Albrechtsgasse	nein	nein
Pfaffstätten	nein	ja
Traiskirchen Stadion	nein	ja
Traiskirchen Trainingsplatz	ja	nein
Mödling	nein	nein

# • Ergibt eine hohe Bodendichte hohe Werte der Scherfestigkeit?

Alle Scherfestigkeitswerte, sowohl an der Oberfläche als auch im Boden, lagen weit über dem in der DIN 18035-4(2012) definierten Wert von 12 kN/m2 (Diagramme 39 und 40). Ebenfalls wurden sehr hohe Werte bei der Bodendichte gemessen (siehe Kapitel 5). Mittels Korrelationsanalyse wurde geprüft, ob Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der beiden Messreihen feststellbar sind.

### Messung I und II Bodendichte und Oberflächenscherfestigkeit:

In der Messung I ist eine positive Korrelation, also ein gleicher Verlauf zwischen beiden Messmethoden, in Baden Dammgasse, Pfaffstätten und Traiskirchen Trainingssplatz vorhanden. Negativ korrelieren, also ungleicher Verlauf zwischen beiden Messmethoden, Baden Albrechtsgasse und Traiskirchen Stadion. In Mödling kann keine Korrelation festgestellt werden (Tabelle 19).

In der Messung II korrelieren nur Pfaffstätten und Traiskirchen Trainingsplatz positiv. Auf allen anderen Fußballplätzen ergeben sich negative Korrelationskoeffizienten (Tabelle 20).

Die Frage, ob hohe Bodenverdichtungen auch hohe Werte der Scherfestigkeit zur Folge haben, kann aus den vorhandenen Messergebnissen der Bodenverdichtung und Oberflächenscherfestigkeit nicht bestätigt werden, d.h. es ist kein eindeutiger Trend bei den Korrelationskoeffizienten erkennbar.

### Messung I und II Bodendichte und Bodenscherfestigkeit:

In der Messung I korrelieren Baden Dammgasse, Traiskirchen Stadion, Traiskirchen Trainingsplatz und Mödling positiv. Eine negative Korrelation ergibt sich in Baden Albrechtsgasse und Pfaffstätten (Tabelle 21).

In der Messung II ergeben sich positive Korrelationen in Pfaffstätten, Traiskirchen Stadion und Traiskirchen Trainingsplatz. Auf allen anderen Fußballplätzen werden negative Korrelationskoeffizienten ermittelt (Tabelle 22).

Obwohl das Ergebnis zwischen Bodendichte und Bodenscherfestigkeit im Vergleich zur Bodendichte und Oberflächenscherfestigkeit geringfügig positiver ausgefallen ist, kann auch hier nur bedingt ein Zusammenhang abgeleitet werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ansatzweise ein gleichverlaufender Trend bei den Messwerten erkennbar ist. Die Messergebnisse aus den Monaten Juli und September 2012 sind jedoch nicht ausreichend, um einen eindeutigen Zusammenhang nachzuweisen.

**Tabelle 19:** Korrelationskoeffizient zwischen Eindringwiderstand und Oberflächenscherfestigkeit, Messung I, Juli 2012

Mittelwerte	Baden Dammg.	Baden Albrechtsg.	Pfaff- stätten	Traiskirchen Stadion	Traiskirchen Trainingspl.	Mödling
Messung I						
Korrelations- koeffizient	0,1886	-0,6087	0,3266	-0,3733	0,4125	0,00068

**Tabelle 20:** Korrelationskoeffizient zwischen Eindringwiderstand und Oberflächenscherfestigkeit, Messung II, September 2012

Mittelwerte	Baden	Baden	Pfaff-	Traiskirchen	Traiskirchen	Mödling
	Dammg.	Albrechtsg.	stätten	Stadion	Trainingspl.	
Messung II						
Korrelations-						
koeffizient	-0,2236	-0,4027	0,4738	-0,1178	0,8252	-0,3881

**Tabelle 21:** Korrelationskoeffizient zwischen Eindringwiderstand und Bodenscherfestigkeit, Messung I, Juli 2012

Mittelwerte	Baden Dammg.	Baden Albrechtsg.	Pfaff- stätten	Traiskirchen Stadion	Traiskirchen Trainingspl.	Mödling
Messung I						
Korrelations-						
koeffizient	0,6068	-0,4523	-0,2358	0,1357	0,5365	0,0658

**Tabelle 22:** Korrelationskoeffizient zwischen Eindringwiderstand und Bodenscherfestigkeit, Messung II, September 2012

Mittelwerte	Baden Dammg.	Baden Albrechtsg.	Pfaff- stätten	Traiskirchen Stadion	Traiskirchen Trainingspl.	Mödling
Messung II						
Korrelations- koeffizient	-0,4166	-0,1317	0,0598	0,2433	0,5747	-0,7360

## 6.3 Wasserdurchlässigkeit

# • In wieweit hängt die Wasserdurchlässigkeit mit der Bodendichte zusammen?

Erwartet wurde, dass Wasserdurchlässigkeit und Bodendichte negativ korrelieren, d.h. nimmt die Bodendichte zu, sinkt die Wasserdurchlässigkeit und umgekehrt. Gemessen wurde mit der Prallplatte, einem Verfahren zur groben Abschätzung der Wasserdurchlässigkeit bei grobkörnigen Böden (PREGL 1999). Für eine genauere Analyse von Abhängigkeiten zwischen der Wasserdurchlässigkeit und der Bodendichte sollte der Doppelringinfiltrometer verwendet werden.

Trotzdem werden die Messergebnisse mittels Korrelation analysiert und bewertet. Eine negative Korrelation gibt es in der Messung I nur in Baden Albrechtsgasse und Traiskirchen Stadion und in der Messung II in Pfaffstätten, Traiskirchen Stadion und Mödling (Tabellen 23 und 24). Ein Zusammenhang ist nur auf dem Fußballplatz in Traiskirchen Stadion in beiden Messungen nachzuweisen. Ein allgemeingültiger Zusammenhang zwischen Bodendichte und Wasserdurchlässigkeit kann mit den erfolgten Messungen nicht hergestellt werden.

**Tabelle 23:** Korrelationskoeffizient zwischen Wasserdurchlässigkeit und Bodendichte, Messung I, Juli 2012

Mittelwerte	Baden Dammg.	Baden Albrechtsg.	Pfaff- stätten	Traiskirchen Stadion	Traiskirchen Trainingspl.	Mödling
Messung II						
Korrelations- koeffizient	0,4995	-0,5743	0,8034	-0,4107	0,0803	0,0303

**Tabelle 24:** Korrelationskoeffizient zwischen Wasserdurchlässigkeit und Bodendichte, Messung II, September 2012

Mittelwerte	Baden Dammg.	Baden Albrechtsg.	Pfaff- stätten	Traiskirchen Stadion	Traiskirchen Trainingspl.	Mödling
Messung II						
Korrelations- koeffizient	0,2917	0,0298	-0,2567	-0,3002	0,0886	-0,6366

# 7. Empfehlungen und Vorschläge für die Praxis

Die intensive Bespielung der Sportplätze muss als gegeben hingenommen werden. Trotzdem sollten die Verantwortlichen jährlich einen Nutzungsplan erstellen, aus dem dann die durchschnittlichen wöchentlichen Belastungsstunden ermittelt werden können. Diese Information kann helfen, bei weiteren geplanten Nutzungen oder schon vorhandener Überbelastung des Platzes nach Alternativen zu suchen.

In Zusammenarbeit mit dem zuständigen Fußballverband und mit Unternehmen, die für Ausbesserungsarbeiten und Sanierungen beauftragt sind, soll ein Pflegebuch erstellt werden, das folgende Punkte beinhalten könnte:

- Datum und Schnitthöhe beim Mähen.
- Datum und Dauer der Bewässerung.
- Datum, Menge und Art der Düngung
- Datum von Nachsaaten mit der Dokumentation der Saatgutmischungen, wobei dies durch Poa pratensis, Lolium perenne und Festuca rubra (horstbildend oder ausläuferbildend) erfolgen sollte.
- Befragung der Sportler über deren Eindruck vom Zustand des Platzes und eventuellen Mängeln, die mit Datum zu dokumentieren sind.
- Erfassung und Dokumentation des Deckungsgrades in definierten Parzellen.

Andere regelmäßige, bzw. jährliche Aktionen wären z.B.:

- Begehung des Platzes und mechanische Entfernung von Beikräutern.
- Jährliche Aerifizierung der Rasensportfläche, beispielsweise in der Sommerpause.
- Messungen der Scherfestigkeit und der Bodendichte in definierten Parzellen

Generell sollte die Vereinsführung über die zuständigen Fußballverbände versuchen, die verantwortlichen Platzwarte regelmäßig zu schulen, um spätere teurere Sanierungsmaßnahmen zu reduzieren.

# 8. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Scherfestigkeit, der Eindringwiderstand, die Wasserdurchlässigkeit und der Deckungsgrad in zwei Messserien im Juli und September 2012 auf sechs Naturrasen-Fußballplätzen untersucht. Diese Sportplätze befinden sich an der südlichen Stadtgrenze von Wien und sind somit auch in einer vergleichbaren Klimaregion.

Für die Bewertung und einen Vergleich der Ergebnisse ist von Bedeutung, dass alle sechs Fußballplätze zu Gebiets- und Landesligavereinen gehören und eine Vielzahl von Nutzungen stattfindet: Ligaspiele, Training und eventuell noch andere Aktivitäten der Kampfmannschaften bis zu den Schülern. Alle Fußballplätze haben eine bodennahe Bauweise. Besonders hervorzuheben ist, dass Fußballplätze im Profi-Bereich keinesfalls mit den untersuchten Spielstätten verglichen werden können, da deren Belastung wesentlich geringer ist und auch andere Möglichkeiten des "Green keepings" zur Verfügung stehen.

Die Messungen erfolgten im Juli und September 2012 und umfassten somit keine vollständige Vegetationsperiode. Diese Tatsache muss bei der Interpretation und dem Vergleich der Messergebnisse und auch bei der Beantwortung der Fragestellung berücksichtigt werden.

Die untersuchten Naturrasen-Fußballplätze wurden in sieben Parzellen für die Messungen der Scherfestigkeit, des Eindringwiderstandes und der Wasserdurchlässigkeit eingemessen. Für die Ermittlung des Deckungsgrades sind noch zwei weitere Messparzellen hinzugefügt worden. Die Messparzellen befanden sich auf beiden Seiten des Spielfeldes und waren auf allen Fußballplätzen gleich angeordnet.

Ziel der Untersuchungen war es, die Scherfestigkeitswerte mit dem Normwert der DIN 18035-4(2012) zu vergleichen. Untersucht wurde ebenfalls, ob es bei der Scherfestigkeit Unterschiede zwischen den verschiedenen Belastungszonen des Spielfeldes gab, ob die Messergebnisse Hinweise zur Bodendichte und deren Einfluss auf den Deckungsgrad gaben und der Nachweisbarkeit der Zusammenhänge zwischen Bodendichte und Wasserdurchlässigkeit.

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

# Scherfestigkeit

Alle gemessenen Scherfestigkeitswerte lagen über dem in der DIN 18035-4(2012) definierten Höchstwert von 12 kN/m<sup>2</sup>. Der Höchstwert lag bei der Oberflächenscherfestigkeit um das 4,5 Fache und bei der Bodenscherfestigkeit um das 4,9 Fache über dem Normwert. Beide Werte wurden in der Messung I im Juli 2012 gemessen. Nach der Sommerpause überstiegen die Messwerte bei der Oberflächenscherfestigkeit den Normwert um das 2,2 Fache und bei der Bodenscherfestigkeit um das 1,6 Fache (Messung II). Ein Unterschied zwischen stark und schwach belasteten Zonen auf dem Spielfeld konnte nicht nachgewiesen werden. Grund dafür sind die durchgeführten Pflegemaßnahmen in den belasteten Zonen.

# Bodendichte (Eindringwiderstand)

Die gemessenen Werte der Bodendichte waren auf allen sechs Fußballplätzen sehr hoch und überschritten den Grenzwert von 2,4 MPa häufig (LIEBHARD et al. 1995). Die hohen Werte sind höchstwahrscheinlich auf die intensive Nutzung der Fußballplätze zurückzuführen. Diese Interpretation wird durch Untersuchungen im Versuchsgarten der Universität für Bodenkultur in Essling, Wien, gestützt, wo durch wöchentliche Bewalzung die Bodendichte innerhalb von vier Monaten um 0,5 MPa zunahm (SPREITZER, VENNEWALD, 2013). Ebenfalls auffällig war, dass die Eindringtiefe des Penetrologgers in der Messung II unter der der Messung I blieb.

Ein Zusammenhang zwischen den Werten der Bodendichte und dem Deckungsgrad konnte nicht nachgewiesen werden, obwohl nur auf drei von zwölf Fußballplätzen die Anforderungen der DIN 18035-4(2012), 70% der Schätzwerte sollen mindestens einen Deckungsgrad von 90 % aufweisen, erfüllt war. Dies gilt ebenfalls für den visuell erfassten Beikräuterprozentsatz. Mittels Korrelationsanalyse wurde geprüft, ob eine hohe Bodendichte hohe Werte der Scherfestigkeit ergeben. Die ermittelten Korrelationskoefizienten geben dafür keinen gesicherten Hinweis. Zum Nachweis von Zusammenhängen erscheint es notwendig, die Messzeitpunkte über eine komplette Vegetationsperiode zu verteilen und die Messmethoden neu zu definieren.

## Wasserdurchlässigkeit

Die Wasserdurchlässigkeit wurde mit der Prallplatte gemessen und nach PREGL (1999) ausgewertet. Es handelt sich hierbei um ein sehr einfaches und leicht durchzuführendes Verfahren. Bei der Verwendung dieser Messmethode empfiehlt die RVS 11.062 (1997) nur Versickerungszeiten bis 30 Sekunden auszuwerten. Sind die Versickerungszeiten höher, muss ein anderes Verfahren angewandt werden.

Die Ergebnisse lagen alle unter dem Grenzwert, jedoch teilweise sehr nahe an den 30 Sekunden. Die gemessenen Versickerungszeiten wurden in das Pregl-Diagramm auf der x-Achse händisch eingetragen, der Durchlässigkeitsbeiwert war dann grafisch an der y-Achse abzulesen (siehe Anhang 14.2). Alle Messwerte waren nach PREGL (1999) in dem Bereich "mittel durchlässig".

Die Messwerte der Wasserdurchlässigkeit und der Bodendichte wurden mittels Korrelationsanalyse untersucht und bewertet. Erwartet wurden negative Korrelationskoeffizienten, d.h. hohe Werte bei der Wasserdurchlässigkeit sind gepaart mit niedrigen Werten der Bodendichte und umgekehrt. Diese erfüllte sich nur in einen Traiskirchen Stadion. dort halten beide Messwerte negativen Korrelationskoeffizienten. In Baden Dammgasse waren beide Koeffizienten positiv, wie auch am Trainingsplatz in Traiskirchen. Ebenso war kein einheitlicher Trend zwischen den Fußballplätzen innerhalb beider Messungen zu erkennen. Auch hier gilt, dass Zusammenhänge u.U. nur mit weitergehenden Analysen bezüglich Messmethoden und Messterminen, die eine ganze Vegetationsperiode umfassen, zu erkennen sind.

#### 9. Quellenverzeichnis

**BISCHOFF, G. (2009):** Sonderschau Rasen – Scherfestigkeit von Rasenflächen. http://www.rasengesellschaft.de/content/rasenthema/2009/07\_2009\_Scherfestigkeit.pdf (9.8.2013)

DFL, DEUTSCHE FUßBALL LIGA GMBH – ARBEITSKREIS SPORTRASEN (2008): Anforderungen an ein Rasenspielfeld im Lizenzfußball -

Wettbewerbstechnisches Qualitätskonzept, Stand 23. September 2008 http://www.bundesliga.com/media/native/dfl/dfl-

statuten\_und\_regeln/anforderungen\_an\_ein\_rasenspielfeld\_im\_lizenzfussball-wettbewerbstechnisches qualitaetskonzept.pdf (20.09.2013)

DIN 18035-4 (2012): Sportplätze - Teil 4: Rasenflächen

DIN 18035-4 (Entwurf, 2007): Sportplätze - Teil 4: Rasenflächen

#### Encyclopédie.snyke.com:

http://encyclopedie-de.snyke.com/articles/scherfestigkeit.html (16.9.2013)

#### **EIJKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT:**

http://www.eijkelkamp.com/files/media/Gebruiksaanwijzingen/DU/m1-0615sad-penetrologger.pdf (15.7.2013)

**FLORINETH, F. (2012):** Pflanzen statt Beton, Sichern und Gestalten mit Pflanzen, Berlin-Hannover: Patzer Verlag.

**FLORINETH, F., KLOIDT, F., LECHNER, C. (2012/2013):** Studienblätter zur Vorlesung Vegetationstechnik Studienjahr 2012/2013, Universität für Bodenkultur Wien, Department für Bautechnik und Naturgefahren, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau.

FLORINETH, F. (2013): Vorlesungsunterlagen Sportstättenbau

**HOLZINGER, B. (2011):** Scherfestigkeitsuntersuchungen auf Naturrasen-Sportplätzen, Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

**LIEBHARD**, **P.**, **EITZINGER**, **J.**, **KLAGHOFER**, **E.** (1995): Einfluß der Primärbodenbearbeitung auf Aggregatsstabilität und Eindringwiderstand im oberösterreichischen Zentralraum (Teil 5), Sonderdruck aus DIE BODENKULTUR, 46. Band, Heft 1).

**MÜLLER-BECK**, **K. G. (1977):** Sportplätze aus der Sicht des Bodenaufbaues und des Pflanzenbestandes, Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor der Landwirtschaft der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.

**MÜLLER, P.H., Hrsg. (1980):** Wahrscheinlichkeitsrechnung und Mathematische Statistik, Lexikon der Stochastik, 3., berichtigte Auflage, Akademie-Verlag, Berlin.

NONN, H. (1988): BODENPHYSIKALISCHE, BODENCHEMISCHE UND VEGETATIONSKUNDLICHE EIGENSCHAFTEN IN "BODENNAHMEN BAUWEISEN", Inaugural- Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor der Landwirtschaft der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.

ÖFB, ÖSTERREICHISCHER FUßBALL BUND (2013): http://www.oefb.at/oefborganisation-pid569 (30.11.2013).

ÖISS, Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau (2005): Richtlinie für die Pflege und Erhaltung von Naturrasenflächen.

**ÖNORM B 2605 (2000):** Sportanlagen im Freien - Spielfelder und Leichtathletikanlagen: Planungsrichtlinien und Ausführungshinweise

ÖNORM B 2606-1 (2009): Sportplatzbeläge: Teil 1- Naturrasen

**PRÄMAßING, W. (2008):** Veränderung bodenphysikalischer Eigenschaften durch Aerifiziermaßnahmen auf belastbaren Rasenflächen, Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor der Agrarwissenschaften an der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.

**PREGL, O. (1999):** Handbuch der Geotechnik, Wasser im Untergrund - Frost und Wärme im Untergrund, Band 9, Auflage 1999, Eigenverlag des Institutes für Geotechnik an der Universität für Bodenkultur, Wien.

RVS 11.062, Blatt 15 (1997): Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS), herausgegeben vom Forschungsverein für Straße und Verkehr.

**SCHMIDT, U. (1979):** Untersuchungen zur Bestimmung der Oberflächenscherfestigkeit von Rasensportplätzen unter besonderer Berücksichtigung der Rasendecke, Tragschichtgemische, Gerüstbau- und Zuschlagstoffe. Dissertation, Universität Hannover.

**SCHWENK, J., SCHIECKE, D., SCHUSTER, H., PFEIFER, E. (2010):** Microsoft Office Excel 2010 – Das Handbuch, O'Reilly Verlag, Köln.

**SPREITZER, V., VENNEWALD, Y. (2013):** Entwicklung von Sportrasenflächen mit einer Weißkleezugabe, Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

**STAHEL**, **W.A.** (2008): Statistische Datenanalyse – Eine Einführung für Naturwissenschaftler, 5., überarbeitete Auflage, Wiesbaden: Vieweg.

Statista - Das Statistik Portal:

http://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/126/standardabweichung (14.11.2013)

**Die Weinland-Thermenregion (2013):** www.weinland-thermenregion.at (17.12.2013)

#### WIKIPEDIA Zweistichproben-t-Test

http://de.wikipedia.org/wiki/Zweistichproben-t-Test (14.11.2013)

10. Abbildungsverzeichnis

**Abbildung 1:** Grafische Draufsicht eines Unterbauplanums in satteldachartiger

Form, 4.12.2013

**Abbildung 2:** Rohr-Schlitz-Drainage: Korngrößen für das Verfüllen der Künetten

mit Kies/ Sand; Flächendrainage mit Rohrdrainung: Verfüllmaterial der Künetten mit Kies/ Sand (Quelle: ÖNORM B 2606-1: 2009)

**Abbildung 3:** Rohr-Schlitz-Drainage: Korngrößenbereich für das Verfüllen der

Drainschlitze mit Kies/ Sand (Quelle: ÖNORM B 2606-1: 2009)

**Abbildung 4:** Oben: Fischgrätförmige Anordnung der Drainagerohre bei der

Flächendrainage mit Rohnrdrainung; Unten: Anordnung der Drainschlitze und Drainrohre bei der Rohr- Schlitz- Drainung

(Quelle: Florineth, 2013)

Abbildung 5: Korngrößenbereich für die Drainschicht aus frostbeständigem

Material (Quelle: ÖNORM B 2606-1: 2009)

**Abbildung 6:** Poa pratensis (Quelle:

http://www.desert-tropicals.com/Plants/Poaceae/Poa pratensis.

html, 4.9.2013)

**Abbildung 7:** Lolium perenne (Quelle:

http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/875785, 4.9.2013)

**Abbildung 8:** Festuca arundinacea (Quelle:

http://www.agrigate.ch/de/pflanzenbau/660/1174/1184/1198/,

4.9.2013)

**Abbildung 9:** Festuca rubra (Quelle: http://chestofbooks.com/flora-

plants/weeds/Fodder-Pasture-Plants/Red-Fescue-Festuca-Rubra-

L.html#.UsurGLArmUk, 30.12.2013)

**Abbildung 10:** Regenmesser

(Quelle: http://www.peacockgardensupports.de/nl/webshop/viewca

tegory/70/regenmesser, 15.12.2013)

**Abbildung 11:** Je tiefer das Wasser, umso tiefer die Wurzel (FLORINETH, 2012)

**Abbildung 12:** Korngrößenbereich des Besandungsmaterial: Gewaschene

Quarzsande mit der dargestellten Korngrößenverteilung (Quelle:

ÖNORM B 2606-1: 2009)

Abbildung 13: Verortung der sechs Fußballplätze im Bezirk Baden und Mödling

(NÖ) auf der Landkarte (Quelle: Google Earth und eigene

Bearbeitung, 6.5.2012)

**Abbildung 14:** Luftbild Baden Dammgasse (Quelle:google.maps,15.4.1012)

**Abbildung 15**: Bild vom Spielfeldrand Baden Dammgasse, Juli 2012

**Abbildung 16:** Luftbild, Fußballplatz Baden Albrechtsgasse

(Quelle:google.maps,15.4.1012)

**Abbildung 17:** Fußballplatz Baden Albrechtsgasse, Juli 2012

**Abbildung 18:** Luftbild Fußballplatz Pfaffstätten (Quelle:google.maps, 15.4.1012)

Abbildung 19: Bild vom Spielfeldrand Pfaffstätten , Juli 2012

**Abbildung 20:** Luftbild Fußballplatz Traiskirchen Stadion

(Quelle:google.maps, 15.4.1012)

**Abbildung 21**: Bild vom Spielfeldrand Traiskirchen Stadion, Juli 2012

**Abbildung 22:** Luftbild Fußballplatz Traiskirchen Trainingsplatz

(Quelle:google.maps,15.4.1012)

**Abbildung 23:** Bild vom Spielfeldrand Traiskirchen Trainingsplatz, Juli 2012

**Abbildung 24:** Luftbild Fußballplatz Mödling (Quelle:google.maps,15.4.1012)

**Abbildung 25**: Bild vom Spielfeldrand Mödling, Juli 2012

**Abbildung 26:** Lage und Nummerierung der Messparzellen auf den

Fußballplätzen, Messparzelle 1-7 Untersuchungen der

Scherfestigkeit, Eindringwiderstand, Versickerungsfähigkeit und

Deckungsgrad, Messparzelle 8-9 Untersuchung des

Deckungsgrades, 6.5.2012

**Abbildung 27:** Verortung der Messpunkte in den Messparzellen, 6.5.2012

**Abbildung 28:** Flügelsonde, Juli 2012

**Abbildung 29:** Einzelteile des Penetrologgers, 15.7.2013

**Abbildung 30:** Eijkelkamp PenetroViewer 6.03: Grafische Wiedergabe der

Messwerte, Juli 2012

**Abbildung 31:** Eijkelkamp PenetroViewer 6.03: Numerische Anzeige der

Messwerte, Juli 2012

**Abbildung 32:** 2 Liter Wassergefäß und eine Prallplatte, Juli 2012

**Abbildung 33:** Zusammenhang zwischen der Versickerungszeit des

ausgeschütteten Wassers und den aus der Absenkzeit eines Feld-Durchlässigkeitsversuches ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerten, PREGL, 1999, eigene Grafik erstellt mit MS EXCEL 2010<sup>®</sup>, Juli

2013

**Abbildung 34:** Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes, eigene Grafik erstellt in

MS EXCEL 2010<sup>®</sup>, Juli 2013

**Abbildung 35:** Frequenzrahmen, Juli 2012

**Abbildung 36:** Bodenbohrer, Juli 2012

**Abbildung 37:** Bodenprofil (0 cm – 40 cm) Baden Dammgasse, Parzelle 4,

September 2012

Abbildung 38: Bodenprofil (0 cm - 40 cm) Baden Albrechtsgasse, Parzelle 2,

September 2012

**Abbildung 39:** Bodenprofil (0 cm - 40 cm) Pfaffstätten, Parzelle 2, September

2012

Abbildung 40: Bodenprofil (0 cm - 40 cm) Traiskirchen Stadion, Parzelle 2,

September 2012

**Abbildung 41:** Bodenprofil (0 cm - 39 cm) Traiskirchen Trainingsplatz, Parzelle

6, September 2012

**Abbildung 42:** Bodenprofil (0 cm – 47 cm) Mödling, Parzelle 4, September 2012

#### 11. Diagrammverzeichnis

**Diagramm 1:** Oberflächenscherfestigkeitswerte( 0 cm − 4 cm), Vergleich der

Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6

Messungen pro Parzelle im Stadion Baden, Dammgasse.

Gemessen am: 26.07.2012 und 29.09.2012

**Diagramm 2:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm − 8 cm), Vergleich der Messung

I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle im Stadion Baden, Dammgasse.

Gemessen am: 26.07.2012 und 29.09.2012

**Diagramm 3:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, im Stadion

Baden, Dammgasse. Gemessen am: 26.07.2012

**Diagramm 4:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, im Stadion

Baden, Dammgasse. Gemessen am: 29.09.2012

**Diagramm 5:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig

(PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle im Stadion Baden, Dammgasse. Gemessen am: 26.07.2012 und 29.09.2012

**Diagramm 6:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen im Stadion

Baden, Dammgasse. Vergleich der Messung I und II Gemessen

am: 26.07.2012 und 29.09.2012

**Diagramm 7:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm – 4 cm), Vergleich der

Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Baden, Albrechtsgasse. Gemessen

am: 27.07.2012 und 30.09.2012

**Diagramm 8:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm – 8 cm), Vergleich der Messung

I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6

Messungen pro Parzelle in Baden, Albrechtsgasse. Gemessen

am: 27.07.2012 und 30.09.2012

**Diagramm 9:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Baden,

Albrechtsgasse. Gemessen am: 27.07.2012

**Diagramm 10:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Baden,

Albrechtsgasse. Gemessen am: 30.09.2012

**Diagramm 11:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig

(PREGL,1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS

11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der

Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle in Baden, Albrechtsgasse. Gemessen am: 27.07.2012 und 30.09.2012

Diagramm 12: Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Baden, Albrechtsgasse. Vergleich der Messung I und II Gemessen am:

27.07.2012 und 30.09.2012

Diagramm 13: Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm − 4 cm), Vergleich der

Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6

Messungen pro Parzelle in Pfaffstätten. Gemessen am:

30.07.2012 und 25.09.2012

**Diagramm 14:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm − 8 cm), Vergleich der Messung

I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Pfaffstätten. Gemessen am:

30.07.2012 und 25.09.2012

**Diagramm 15:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Pfaffstätten.

Gemessen am: 30.07.2012

**Diagramm 16:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Pfaffstätten.

Gemessen am: 25.09.2012

Diagramm 17: Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig

(PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle in Pfaffstätten.

Gemessen am: 30.07.2012 und 25.09.2012

**Diagramm 18:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Pfaffstätten.

Vergleich der Messung I und II Gemessen am: 30.07.2012 und

25.09.2012

**Diagramm 19:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm − 4 cm), Vergleich der

Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle im Stadion Traiskirchen. Gemessen am:

16.07.2012 und 26.09.2012

**Diagramm 20:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm – 8 cm), Vergleich der Messung

I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6

Messungen pro Parzelle im Stadion Traiskirchen. Gemessen am:

16.07.2012 und 26.09.2012

**Diagramm 21:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, im Stadion

Traiskirchen. Gemessen am: 16.07.2012

**Diagramm 22:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, im Stadion

Traiskirchen, Gemessen am: 26.09.2012

**Diagramm 23:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig

(PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle im Stadion Traiskirchen. Gemessen am: 16.07.2012 und 26.09.2012

**Diagramm 24:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Traiskirchen,

Stadion. Vergleich der Messung I und II Gemessen am:

16.07.2012 und 26.09.2012

**Diagramm 25:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm − 4 cm), Vergleich der

Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6

Messungen pro Parzelle in Traiskirchen, Trainingsplatz.

Gemessen am: 16.07.2012 und 28.09.2012

**Diagramm 26:** Bodenscherfestigkeitswerte (4 cm - 8 cm), Vergleich der Messung

I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Traiskirchen, Trainingsplatz.

Gemessen am: 16.07.2012 und 28.09.2012

**Diagramm 27:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Traiskirchen

Trainingsplatz. Gemessen am: 16.07.2012

**Diagramm 28:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Traiskirchen,

Trainingsplatz. Gemessen am: 28.09.2012

**Diagramm 29:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig

(PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle in Traiskirchen,

Trainingsplatz. Gemessen am: 16.07.2012 und 28.09.2012

**Diagramm 30:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Traiskirchen

Trainingsplatz. Vergleich der Messung I und II Gemessen am:

16.07.2012 und 28.09.2012

**Diagramm 31:** Oberflächenscherfestigkeitswerte (0 cm − 4 cm), Vergleich der

Messung I und II, gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6 Messungen pro Parzelle in Mödling. Gemessen am: 24.07.2012

und 27.09.2012

**Diagramm 32:** Bodenscherfestigkeitswerte(4 cm – 8 cm), Vergleich der Messung

I und II. gemessen mit der Flügelsonde, gemittelt aus 6

Messungen pro Parzelle in Mödling. Gemessen am: 24.07.2012

und 27.09.2012

**Diagramm 33:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung I,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Mödling.

Gemessen am: 24.07.2012

**Diagramm 34:** Eindringwiderstand als Maß für die Bodendichte, Messung II,

gemessen mit dem Penetrologger in 7 Parzellen, in Mödling.

Gemessen am: 27.09.2012

**Diagramm 35:** Versickerungszeit in Sekunden im Bereich: mittel durchlässig

(PREGL, 1999) unter Berücksichtigung des Grenzwertes nach RVS 11.062, Vergleich der Messung I und II, gemessen mit der Prallplatte, gemittelt aus 4 Messungen pro Parzelle in Mödling.

Gemessen am: 24.07.2012 und 27.09.2012

**Diagramm 36:** Deckungsgrad, ermittelt mit dem Frequenzrahmen in Mödling.

Vergleich der Messung I und II Gemessen am: 24.07.2012 und

27.09.2012

**Diagramm 37:** Darstellung der Oberflächenscherfestigkeit (0 cm – 4 cm) nach

Fußballplätzen und Messparzellen, Messung I, Juli 2012

**Diagramm 38:** Darstellung der Oberflächenscherfestigkeit (0 cm – 4 cm) nach

Fußballplätzen und Messparzellen, Messung II, September 2012

**Diagramm 39:** Darstellung der Bodenscherfestigkeit (4 cm − 8 cm) nach

Fußballplätzen und Messparzellen, Messung I, Juli 2012

**Diagramm 40:** Darstellung der Bodenscherfestigkeit (4 cm – 8 cm) nach

Fußballplätzen und Messparzellen, Messung II, September 2012

#### 12. Tabellenverzeichnis

- **Tabelle 1:** Messverfahren und Messinstrumente, 6.5.2012
- Tabelle 2:
   Klassifizierung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach PREGL, 1999
- **Tabelle 3:** Zusammenfassung der Messergebnisse im Stadion Baden, Dammgasse, Juli/ September 2012
- **Tabelle 4:** Zusammenfassung der Messergebnisse in Baden, Albrechtsgasse, Juli/ September 2012
- **Tabelle 5:** Zusammenfassung der Messergebnisse in Pfäffstätten, Juli/ September 2012
- **Tabelle 6:** Zusammenfassung der Messergebnisse im Stadion Traiskirchen, Juli/ September 2012
- **Tabelle 7:** Zusammenfassung der Messergebnisse in Traiskirchen Trainingsplatz, Juli/ September 2012
- Tabelle 8:
   Zusammenfassung der Messergebnisse in Mödling, Juli/ September 2012
- **Tabelle 9:** Standardabweichung: Oberflächenscherfestigkeit (0cm 4cm) Messung I und II, aus 7 Messpunkten pro Parzelle und 6 Sportplätzen
- **Tabelle 10:** Standardabweichung: Bodenscherfestigkeit (4cm 8cm) Messung I und II, aus 7 Messpunkten pro Parzelle und 6 Sportplätzen
- **Tabelle 11:** Zweistichproben-t-Test von Scherfestigkeitsmittelwerten in stark- und schwach belasteten Bereichen, Messtiefe: 0 cm bis 4 cm (Oberfläche), Messung I, Juli 2012
- **Tabelle 12:** Zweistichproben-t-Test von Scherfestigkeitsmittelwerten in stark- und schwach belasteten Bereichen, Messtiefe: 0 cm bis 4 cm (Oberfläche), Messung II, September 2012
- **Tabelle 13:** Zweistichproben-t-Test von Scherfestigkeitsmittelwerten in stark- und schwach belasteten Bereichen, Messtiefe: 4 cm bis 8 cm (Boden), Messung I, Juli 2012
- **Tabelle 14:** Zweistichproben-t-Test von Scherfestigkeitsmittelwerten in stark- und schwach belasteten Bereichen, Messtiefe: 4 cm bis 8 cm (Boden), Messung II, September 2012
- **Tabelle 15:** Pflanzenphysiologisch wirksame Wertebereiche nach LIEBHARD et al. 1995 und eigene Umrechnung von bar auf MPa
- **Tabelle 16:** Bodenverdichtung: Zusammenfassung der Messwerte des Eindringwiderstandes aller Parzellen, Messung I, Juli 2012
- **Tabelle 17:** Bodenverdichtung: Zusammenfassung der Messwerte des Eindringwiderstandes aller Parzellen, Messung II, September 2012

- **Tabelle 18:** DIN 18035-4, 2012: Anforderungen an den Deckungsgrad nach DIN 18035-4(2012): Sportplatze Teil 4: Rasenflächen
- **Tabelle 19:** Korrelationskoeffizient zwischen Eindringwiderstand, und Oberflächenscherfestigkeit, Messung I, Juli 2012
- **Tabelle 20:** Korrelationskoeffizient zwischen Eindringwiderstand, und Oberflächenscherfestigkeit, Messung II, September 2012
- **Tabelle 21:** Korrelationskoeffizient zwischen Eindringwiderstand, und Bodenscherfestigkeit, Messung I, Juli 2012
- **Tabelle 22:** Korrelationskoeffizient zwischen Eindringwiderstand, und Bodenscherfestigkeit, Messung II. September 2012
- **Tabelle 23:** Korrelationskoeffizient zwischen Wasserdurchlässigkeit und Bodenverdichtung, Messung I, Juli 2012
- **Tabelle 24:** Korrelationskoeffizient zwischen Wasserdurchlässigkeit und Bodenverdichtung, Messung II, September 2012

### 13. Abkürzungsverzeichnis

Abb. Abbildung

AGES Österreichische Agentur für Gesundheit und

Ernährungssicherheit

AKNÖ AKNÖ Frauen Landesliga

BAC Badener Athletiksport Club

cm Zentimeter

Diagr. Diagramm

DFL Deutsche Fußball Liga

d.h. das heißt

DIN Deutsches Institut für Normung

E<sub>V1</sub> Verformungsmodul; erster Wert mittels statischer Lastplatte

FCM Fußball Club Möllersdorf Traiskirchen

et al. und andere

FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung

Landschaftsbau e.V.

H<sub>0</sub> Nullhypothese

kN/m<sup>2</sup> Kilo- Newton pro Quadratmeter

M I Messung I

M II Messung II

m/s Meter pro Sekunde

MP Messpunkt

MPa Mega- Pascal

MW Mittelwert

N/mm<sup>2</sup> Newton pro Quadratmillimeter

N/m<sup>2</sup> Newton pro Quadratmeter

NÖFV Niederösterreichischer Fußballverband

OG Obergrenze

ÖFB Österreichischer Fußball Bund

ÖNORM vom Austrian Standards Institute veröffentliche nationale

Norm

P(T) Maß der Plausibilität der Nullhypothese

s Standardabweichung der Stichprobe

SC Sport Club

Sek. Sekunden

 $t/m^2$  Tonne pro Quadratmeter (multipliziert mit 10 =  $kN/m^2$ )

usw. und so weiter

vgl. vergleiche

z.B. zum Beispiel

 $\alpha$  Alpha

 $\Delta$  Delta

° Grad

°C Grad Celsius

% Prozent

registriertes Warenzeichen

# 14. Anhang

### 14.1 Messprotokolle

### Klima zu den Messzeitpunkten

Datum	Wetter	Temperatur Luft (°C)	Wasser- temperatur (°C) Prallplatte	Untersuchungsort	Messung
					ΜI
					MII

### Fragebogen

Platz	
Baujahr	
Abmessungen	
Aufbau der Rasentragschicht	
Drainage	
Informationen zum Rasen	
Informationen zur Nachsaat	
Informationen zur Pflege	

# Messprotokoll Penetrologger

Messmittel	Penetrologger
Sportplatz	
Datum / Messung	
Parzelle	
Messeinheit	MPa

Tiefe cm	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5
0					
-1					
-X					

### Messprotokoll Flügelsonde

Messmittel	Flügelsonde
Sportplatz	
Datum / Messung	
Parzelle	
Messeinheit	kN/m <sup>2</sup>

Parzellen	1	2	3	4	5	6	7
MP 1							
MP 2							
MP 3							
MP 4							
MP 5							
MP 6							
Mittelwert							

# **Messprotokoli Praliplatte**

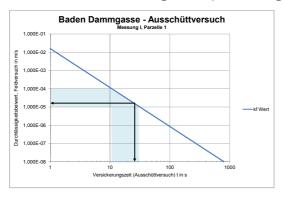
Parzellen	1	2	3	4	5	6	7
Versickerungszeit	Sek.						
MP 1							
MP 2							
MP 3							
MP 4							
Mittelwert							

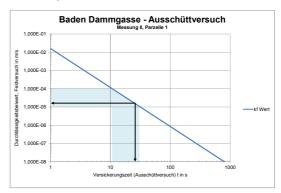
# Messprotokoll Deckungsgrad (Frequenzrahmen)

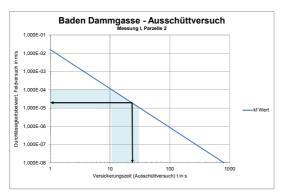
Parzellen	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Deckungsgrad	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Messung I									
Messung II									
∆□ MII und MI									

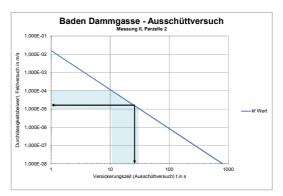
#### 14.2 Diagramme zur Wasserdurchlässigkeit nach PREGL (1999)

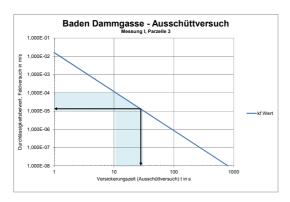
### 14.2.1 Baden Dammgasse (Messung I und II)

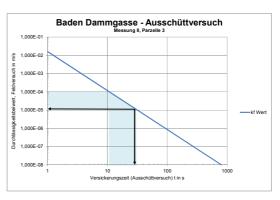


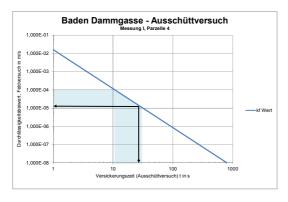




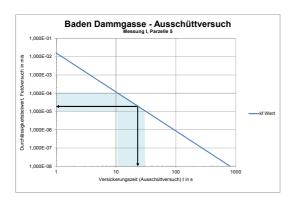




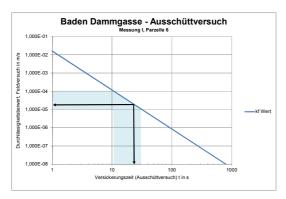


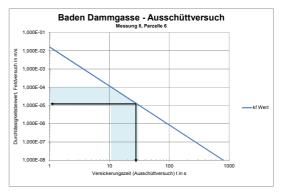


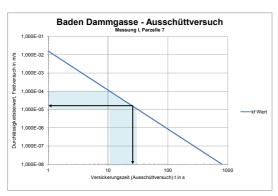


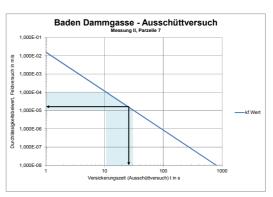




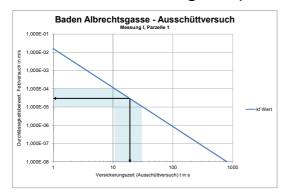


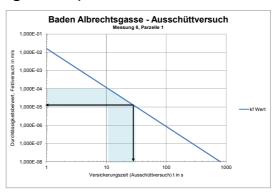


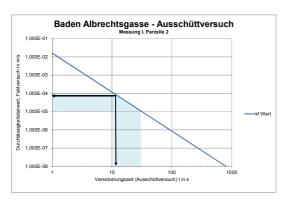


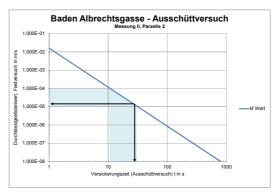


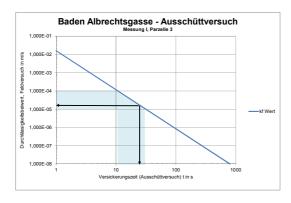
#### 14.2.2 Baden Albrechtsgasse (Messung I und II)



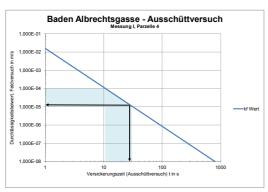


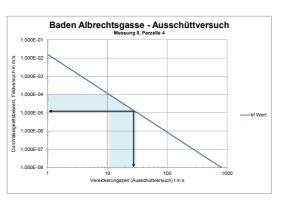


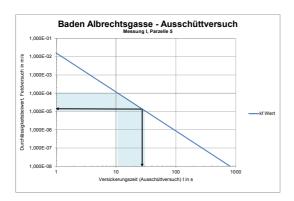


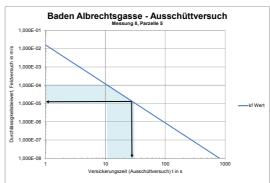


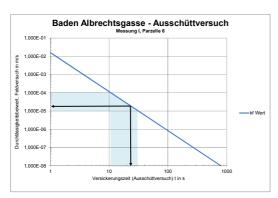


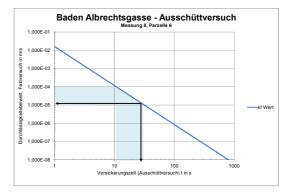








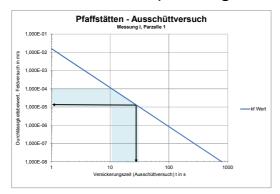


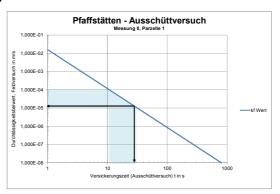


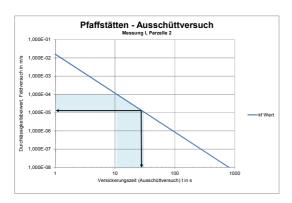


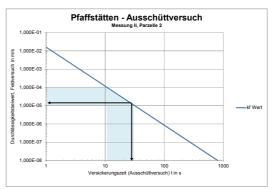


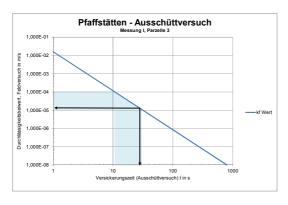
#### 14.2.3 Pfaffstättem (Messung I und II)



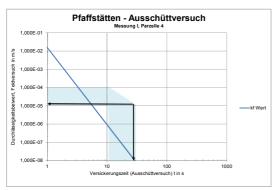


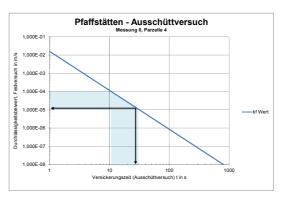


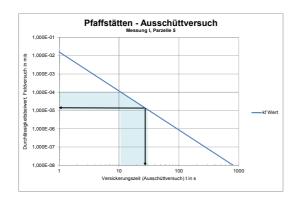


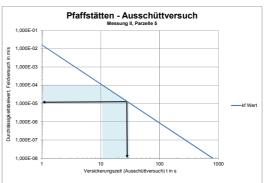






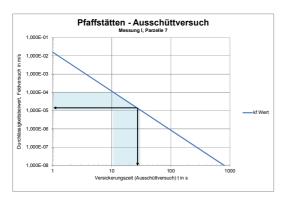


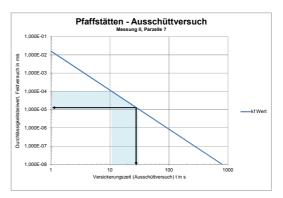








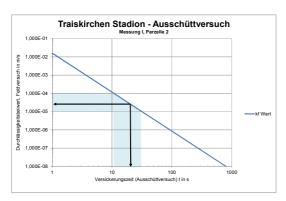


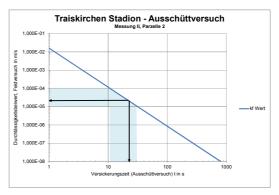


#### 14.2.4 Traiskirchen Stadion (Messung I und II)

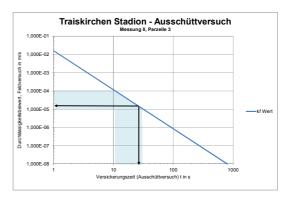


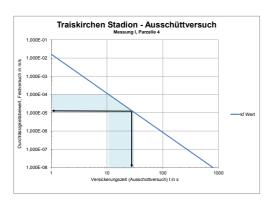


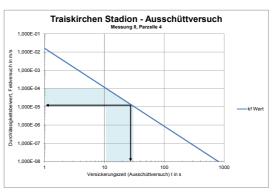




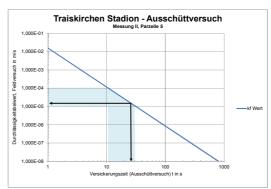


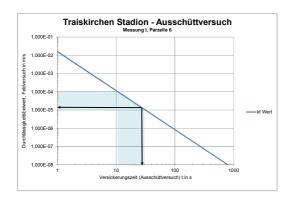


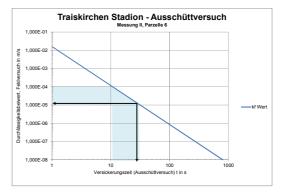


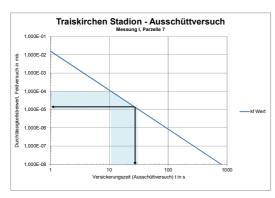


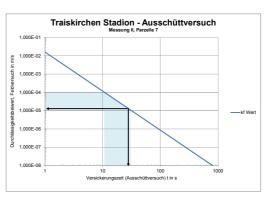






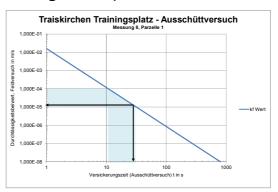


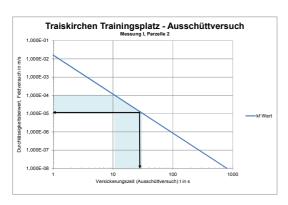




#### 14.2.5 Traiskirchen Trainingsplatz (Messung I und II)



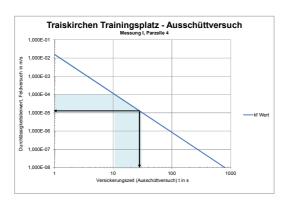




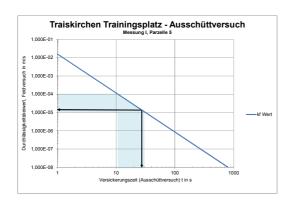




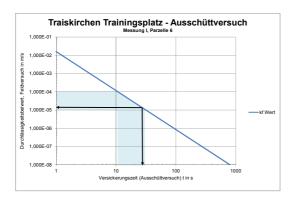




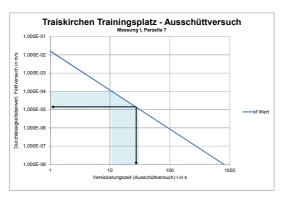


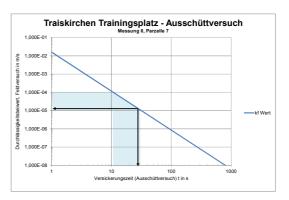




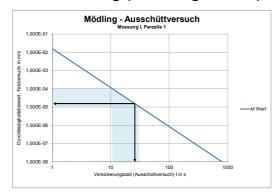


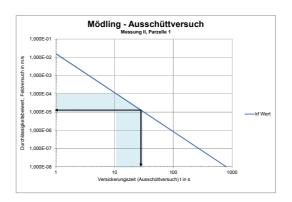


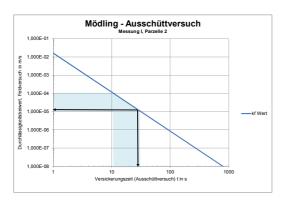


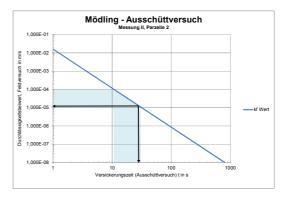


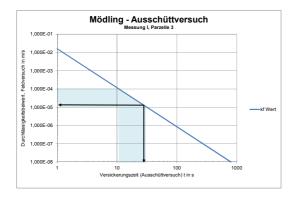
#### 14.2.6 Mödling (Messung I und II)

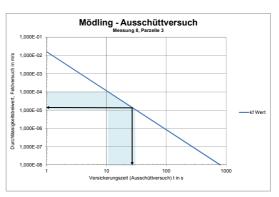


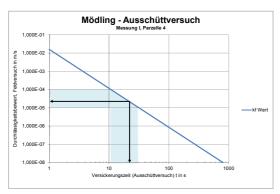


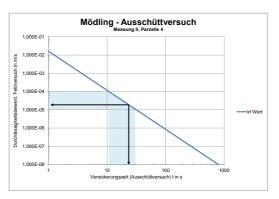


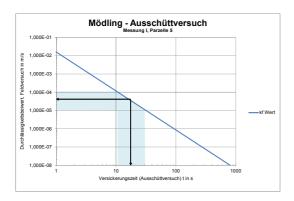


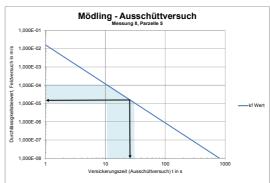


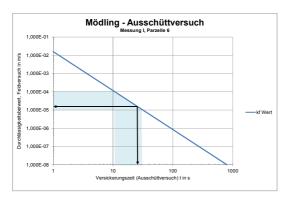


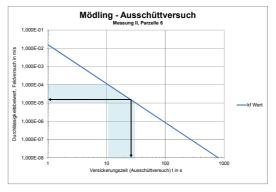


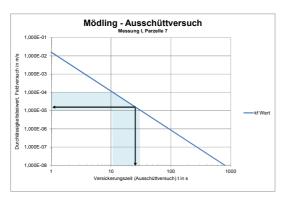


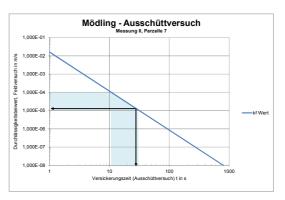












# 15. Anhang CD

- 15.1 Klima zu den Messzeitpunkten
- 15.2 Eindringwiderstand (Bodendichte)
- 15.3 Scherfestigkeit
- 15.4 Wasserdurchlässigkeit
- 15.5 Deckungsgrad
- 15.6 Statistische Auswertungen